

Modulkatalog Master of Science

128 Physik

PO-Version 2016

FRIEDRICH-SCHILLER-
UNIVERSITÄT
JENA

Inhaltsverzeichnis

BA-Phi 1.1	Einführung in die Philosophie	6
BA-Phi 1.2	Logik und Argumentationslehre	8
BW 10.1	Basismodul Operations Management	10
BW 11.1	Basismodul Grundlagen des Marketing-Management	12
BW 12.2	Basismodul Investition, Finanzierung und Kapitalmarkt	14
BW 15.1	Basismodul Buchführung	16
BW 15.2	Basismodul Rechnungslegung und Controlling	18
BW 16.1	Basismodul Management	20
BW 20.1	Basismodul Mikroökonomik	22
BW 21.1	Basismodul Makroökonomik	23
BW 34.1	Basismodul Einführung in die Betriebswirtschaftslehre	25
FMI-IN0015	Diskrete Strukturen in der Bildverarbeitung	26
FMI-IN0036	Mustererkennung	28
FMI-IN0046	Rechnersehen I	30
FMI-IN0075	Objektorientierte Programmierung	32
FMI-MA0207	Höhere Analysis 1	34
FMI-MA0243	Funktionentheorie 1	36
FMI-MA0406	Klassische Differentialgeometrie - 9 LP	37
FMI-MA0445	Mathematische Methoden der klassischen Mechanik - 6 LP	39
FMI-MA0446	Klassische Differentialgeometrie - 6 LP	40
FMI-MA1212	Höhere Analysis 2	42
MC2.1.8	Theoretische Chemie I	44
MC3.1.8	Theoretische Chemie II	46
PAFBX411	Computational Physics II	48
PAFBX511	Einführung in die Astronomie	50
PAFBX521	Relativistische Physik	52
PAFLA017	Milchstraßensystem	54
PAFLX811	Kontinuumsmechanik	56
PAFMA001	Physik der Sterne	58
PAFMA002	Astronomische Beobachtungstechnik	60
PAFMA003	Himmelsmechanik	62

PAFMA004	Astronomisches Praktikum	63
PAFMA005	Physik der Planetensysteme	64
PAFMA006	Terra-Astronomie	66
PAFMA007	Neutronensterne	68
PAFMA008	Laborastrophysik	69
PAFMA010	Einführung in die Radioastronomie	71
PAFMA011	Das Sonnensystem	73
PAFMA012	Astronomische Spektroskopie	75
PAFMA014	Kosmologie	77
PAFMA015	Historische Astronomie	79
PAFMA016	Extragalaktik	80
PAFMA098	Aktuelle Forschung in der Astronomie	82
PAFMA099	Aktuelle Forschung in der Astrophysik	83
PAFMF001	Theoretische Festkörperphysik	84
PAFMF002	Theorie der Elektronenstruktur	86
PAFMF003	Solid State Optics	88
PAFMF006	Supraleitung	89
PAFMF007	Vakuum- und Dünnschichtphysik	91
PAFMF009	Optoelektronik	93
PAFMF010	Ionenstrahlphysik	94
PAFMF011	Graphene: Electronic and optical properties	95
PAFMF015	Nukleare Festkörperphysik	97
PAFMF016	Nanomaterialien und Nanotechnologie	98
PAFMF017	Halbleiterphysik	99
PAFMF018	Quanteninformationstheorie	100
PAFMF019	Einführung in die Materialwissenschaft für Physiker	102
PAFMF020	Oberflächenphysik	103
PAFMF021	Zweidimensionale Materialien	104
PAFMF098	Vertiefung Festkörperphysik I	105
PAFMF099	Vertiefung Festkörperphysik II	106
PAFMO005	Optical Metrology and Sensing	107
PAFMO006	Introduction to Optical Modeling	108
PAFMO100	Beschleunigerbasierte moderne Physik	110
PAFMO101	Active Photonic Devices	111
PAFMO102	Analytical Instrumentations	112
PAFMO103	Applied Laser Technology I	114
PAFMO104	Applied Laser Technology II	116
PAFMO106	Atomic Physics at High Field Strengths	117
PAFMO107	Attosecond Laser Physics	119
PAFMO120	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation	120

PAFM0121	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation	122
PAFM0122	Biophotonics	124
PAFM0129	Computational Imaging	126
PAFM0130	Computational Photonics	128
PAFM0131	Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter	129
PAFM0132	Design and Correction of Optical Systems	131
PAFM0140	Diffraction Optics	132
PAFM0150	Erneuerbare Energien	133
PAFM0151	Experimental Nonlinear Optics	135
PAFM0160	Fiber Optics	137
PAFM0165	Grundlagen der Laserphysik	138
PAFM0170	High-Intensity/Relativistic Optics	140
PAFM0171	Geschichte der Optik	141
PAFM0180	Image Processing	142
PAFM0181	Image Processing in Microscopy	143
PAFM0182	Imaging and Aberration Theory	145
PAFM0183	Introduction to Nanooptics	146
PAFM0184	Integrated Quantum Photonics	148
PAFM0185	Innovation Methods in Physics	150
PAFM0200	Laser Driven Radiation Sources	152
PAFM0201	Laser Engineering	153
PAFM0203	Lens Design I	155
PAFM0204	Lens Design II	156
PAFM0205	Light Microscopy	157
PAFM0206	Light Source Modeling	158
PAFM0220	Micro/Nanotechnology	160
PAFM0221	Microscopy	161
PAFM0222	Moderne Methoden der Spektroskopie	162
PAFM0230	Nano Engineering	163
PAFM0231	Nonlinear Dynamics in Optical Systems	165
PAFM0242	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids	166
PAFM0250	Particles in Strong Electromagnetic Fields	167
PAFM0251	Physical Optics Design	169
PAFM0252	Physical Optics Modeling	171
PAFM0253	Physics of Free-Electron Laser	173
PAFM0254	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation	174
PAFM0255	Plasma Physics	175
PAFM0256	Photovoltaik	177
PAFM0257	Physical Optics	178
PAFM0260	Quantum Optics	180

PAFMO261	Quantum Computing	182
PAFMO262	Quantum Communicaton	184
PAFMO263	Quantum Imaging and Sensing	186
PAFMO265	Semiconductor Nanomaterials	187
PAFMO266	Strong-Field Laser Physics	189
PAFMO270	Theory of Nonlinear Optics	190
PAFMO271	Thin Film Optics	191
PAFMO272	Terahertz Technology	193
PAFMO280	Ultrafast Optics	195
PAFMO290	XUV and X-Ray Optics	197
PAFMO901	Topics of Current Research I	198
PAFMO902	Topics of Current Research II	199
PAFMO903	Topics of Current Research III	200
PAFMO904	Topics of Current Research IV	201
PAFMP001	Fortgeschrittene Quantentheorie	202
PAFMP002	Physikalisches Experimentieren	203
PAFMP003	Oberseminar Gravitations- und Quantentheorie	204
PAFMP004	Oberseminar Festkörperphysik/Materialwissenschaft	205
PAFMP005	Oberseminar Astronomie/Astrophysik	207
PAFMP006	Oberseminar Optik	209
PAFMP090	Einführung in wissenschaftliches Arbeiten	210
PAFMP091	Projektplanung zur Masterarbeit	211
PAFMT001	Allgemeine Relativitätstheorie	212
PAFMT002	Teilchen und Felder	214
PAFMT003	Quantenfeldtheorie	216
PAFMT010	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	218
PAFMT011	Einführung in Stringtheorie und AdS/CFT	219
PAFMT012	Das Standardmodell der Teilchenphysik	220
PAFMT013	Eichtheorien	222
PAFMT014	Quantenfeldtheorien auf dem Gitter	223
PAFMT015	Quantenphysik mit dem Rechner	225
PAFMT016	Symmetrien in der Physik	227
PAFMT017	Theoretische Atomphysik	229
PAFMT018	Physik des Quantenvakuums in starken Feldern	231
PAFMT019	Supersymmetrie	232
PAFMT020	Physik der Skalen - Die Renormierungsgruppe	234
PAFMT099	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantenfeldtheorie I	235
PAFMT200	Numerische Relativitätstheorie	236
PAFMT201	Gravitationswellen	238
PAFMT202	Computational Physics III	240

PAFMT203	Magnetohydrodynamik	242
PAFMT204	Relativistische Astrophysik	244
PAFMT205	Solitonen	246
PAFMT206	Computational Physics IV	248
PAFMT299	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie II	249
PAFMT300	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie III	250
PAFMT301	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie IV	252
PAFWW006	Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen	253
PAFWW008	Biomaterialien und Medizintechnik	254
PAFWW027	Phasenfeldtheorie	256
PAFMP099	Masterarbeit Physik	258
	Abkürzungen	259

Hinweis : Hinweis: Prüfungen, den Prüfungen zugeordnete Lehrveranstaltungen sowie Prüfungstermine können in Friedolin unter dem Menüpunkt "Modulkataloge" eingesehen werden. Nach Login wählen Sie dazu bitte Abschluss, Studiengang und Modul. Unmittelbar eingearbeitete Änderungen werden dort zeitnah dargestellt.

Modul BA-Phi 1.1 Einführung in die Philosophie	
Modulcode	BA-Phi 1.1
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Philosophie
Modultitel (englisch)	Introduction to Philosophy
Modul-Verantwortliche/r	BA Philosophie: Studiengangsverantwortlicher des BA Philosophie LA Philosophie/Ethik: Studiengangsverantwortlicher des LA Philosophie/Ethik
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	770 B.A. Gräzistik Ergänzungsfach: Das Modul wird im Rahmen der kapazitären Möglichkeiten geöffnet. Die Teilnehmerzahl der Tutorien ist beschränkt. 180 B.A. Kaukasiologie Ergänzungsfach: Das Modul wird im Rahmen der kapazitären Möglichkeiten geöffnet. Die Teilnehmerzahl der Tutorien ist beschränkt.
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	127 B.A. Philosophie Kernfach: Voraussetzung für BA-Phi 2.1-6.1 (empfohlen) 127 B.A. Philosophie Ergänzungsfach: Voraussetzung für BA-Phi 2.1-4.2 (empfohlen) 127 LG Philosophie: Voraussetzung für alle anderen Module (empfohlen) 169 LR Ethik: Voraussetzung für alle anderen Module (empfohlen) 770 B.A. Gräzistik Ergänzungsfach: keine 180 B.A. Kaukasiologie Ergänzungsfach: BA-Phi 3.1 (empfohlen)
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	770 B.A. Gräzistik Ergänzungsfach: Wahlpflichtmodul 127 B.A. Philosophie Kernfach: Pflichtmodul 127 B.A. Philosophie Ergänzungsfach: Pflichtmodul 180 B.A. Kaukasiologie Ergänzungsfach: Wahlpflichtmodul 127 LG Philosophie: Pflichtmodul 169 LR Ethik: Wahlpflichtmodul Für Studierende anderer Fächer: Zusatzmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (2 SWS), Tutorium und Selbststudium
Leistungspunkte (ECTS credits)	10 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	300 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	270 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	Als Basis des weiteren Studiums dient die Vorlesung einer ersten allgemeinen Orientierung im Fach Philosophie. Vermittelt werden Einblicke in die verschiedenen Disziplinen und Epochen, in wesentliche Fragestellungen und Probleme, in wichtige Grundbegriffe und deren Variationen sowie in Methoden und Hilfsmittel der Philosophie. Zusätzlich zur Vorlesung werden begleitende Tutorien angeboten. Neben dem Umgang mit den Techniken wissenschaftlichen Arbeitens (Bibliographieren, Anfertigung von Protokollen und Hausarbeiten) geht es hier vor allem darum, den Vorlesungsstoff zu vertiefen und die Auseinandersetzung mit philosophischen Texten an konkreten Beispielen einzuüben. Im Rahmen des Tutoriums wird auch fachspezifische Informationskompetenz in Kooperation mit dem Fachreferat Philosophie der ThULB (Bibliothekskunde, Informationsrecherche, -bewertung und -nutzung) vermittelt. (Genauere Erläuterungen finden sich im Veranstaltungskommentar.)
Lern- und Qualifikationsziele	Orientierung im Fach Philosophie; Erwerb basaler Kenntnisse der Philosophie und Fertigkeiten im Umgang mit philosophischen Texten.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Regelmäßige, aktive Teilnahme an einem Tutorium; zusätzlich können vom Tutor Referat, Protokoll, Essay o.ä. verlangt werden (wird zu Beginn des Tutoriums bekannt gegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur zur Vorlesung (90 Min., bewertet mit "bestanden"/"nicht bestanden")
Zusätzliche Informationen zum Modul	Das Modul sollte in der Regel im 1. FS belegt werden.
Empfohlene Literatur	s. Veranstaltungskommentar

Modul BA-Phi 1.2 Logik und Argumentationslehre	
Modulcode	BA-Phi 1.2
Modultitel (deutsch)	Logik und Argumentationslehre
Modultitel (englisch)	Formal and Informal Logic
Modul-Verantwortliche/r	BA Philosophie: Studiengangsverantwortlicher des BA Philosophie LA Philosophie/Ethik: Studiengangsverantwortlicher des LA Philosophie/Ethik
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	--
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	770 B.A. Gräzistik Ergänzungsfach: Wahlpflichtmodul 127 B.A. Philosophie Kernfach: Pflichtmodul 127 B.A. Philosophie Ergänzungsfach: Wahlpflichtmodul 127 LG Philosophie: Pflichtmodul 169 LR Ethik: Wahlpflichtmodul Für Studierende anderer Fächer: Zusatzmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (jährlich)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS), ggf. mit Tutorium, Selbststudium
Leistungspunkte (ECTS credits)	10 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	300 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	240 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Lehrstoff ist die elementare Junktoren- und Quantorenlogik bis zur Einführung des Begriffs der logischen Folgerung. Das Vorgehen ist weniger durch formale Ableitungen bestimmt als vielmehr durch die Einübung des Gebrauchs von Junktoren und Quantoren im Rahmen einer logischen Argumentationslehre, die auf sprachanalytischer Grundlage entwickelt wird. Der Lernerfolg wird durch die Ausgabe von Übungsblättern und die Korrektur der abgegebenen Lösungen regelmäßig überprüft. (Genauere Erläuterungen finden sich im Veranstaltungskommentar.)
Lern- und Qualifikationsziele	Einübung in formales Schließen und Argumentieren; Überblick über die Möglichkeiten logischer Sprachanalyse (im Vergleich mit rhetorischer und poetischer Sprachanalyse); Kenntnisse zum Verhältnis von traditioneller Logik (Aristoteles, Kant) und moderner Logik (Frege).
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Regelmäßige, aktive Teilnahme und Bearbeitung von Übungsaufgaben.

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur zur Vorlesung (90 Min., benotet).
Zusätzliche Informationen zum Modul	127 LG Philosophie: (ergänzend): Das Modul wird in die Berechnung der Endnote aufgenommen.
Empfohlene Literatur	

Modul BW 10.1 Basismodul Operations Management	
Modulcode	BW 10.1
Modultitel (deutsch)	Basismodul Operations Management
Modultitel (englisch)	Basic Module Operations Management
Modul-Verantwortliche/r	<i>Professor Dr. Nils Boysen</i>
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul 984 B.A. Wirtschaft und Sprachen, 030 B.A. Interkulturelle Wirtschaftskommunikation, 079 B.Sc. Informatik, 679 B.Sc. Angewandte Informatik, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht (Erweiterung), 184 B.A. Wirtschaftswissenschaften, 132 B.Sc. Psychologie, 320 B.Sc. Ernährungswissenschaften, 079 M.Sc. Informatik, 128 M.Sc. Physik, 105 B.Sc. Mathematik, 105 M.Sc. Mathematik, 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Operations Management in Sachgüter- und Dienstleistungsprozessen; Einführung in die Produkt- und Programmgestaltung; Einführung in die Beschaffung und Materialwirtschaft; Grundlagen in Logistik und Supply Chain Management
Lern- und Qualifikationsziele	Verständnis für grundlegende Ansätze zur produktionswirtschaftlichen und logistischen Gestaltung von Unternehmen; Kenntnis der elementaren Analyse- und Lösungsinstrumente des Operations Management
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	60-minütige Klausur (100 %)
Zusätzliche Informationen zum Modul	

Empfohlene Literatur	Domschke, Wolfgang und Scholl, Armin: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre, Berlin (in der aktuellen Auflage)
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul BW 11.1 Basismodul Grundlagen des Marketing-Management	
Modulcode	BW 11.1
Modultitel (deutsch)	Basismodul Grundlagen des Marketing-Management
Modultitel (englisch)	Basic Module Principles of Marketing Management
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Nicolas Zacharias
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Empfohlen: Grundlegende Vorkenntnisse in Mathematik, z.B. erworben in BW12.1 Basismodul Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	984 B.A. Wirtschaft und Sprachen, 030 B.A. Interkulturelle Wirtschaftskommunikation, 079 B.Sc. Informatik, 679 B.Sc. Angewandte Informatik, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht (Erweiterung), 184 B.A. Wirtschaftswissenschaften, 132 B.Sc. Psychologie, 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik, 320 B.Sc. Ernährungswissenschaften, 105 M.Sc. Mathematik, 105 B.Sc. Mathematik, 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul; 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (BIS, BWL, IMS, Regelprofil) / Wahlpflichtmodul (VWL, WiPäd1, WiPäd 2)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS), Tutorium (freiwillig im Rahmen des Selbststudiums)
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Allgemeine Grundlagen des Marketing; Strategische Perspektive des Marketing (Grundlagen des strategischen Marketing, Prozess der Strategieentwicklung); Instrumentelle Perspektive des Marketing (Produktpolitik, Preispolitik, Kommunikationspolitik, Vertriebspolitik); Institutionelle Perspektive des Marketing (Dienstleistungsmarketing, Handelsmarketing)
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die allgemeinen Grundlagen und Perspektiven des Marketings. Sie verstehen die Grundlagen des strategischen Marketings und kennen die vier zentralen Instrumente des Marketing-Mix sowie deren Anwendung. Darüber hinaus verstehen die Studierenden im Rahmen der institutionellen Perspektive die Besonderheiten des Marketings unter speziellen Rahmenbedingungen und können Anwendungsmöglichkeiten der behandelten Themen in der Praxis aufzeigen.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	60-minütige Klausur (100%) im Prüfungszeitraum
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Wird in der Veranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul BW 12.2 Basismodul Investition, Finanzierung und Kapitalmarkt	
Modulcode	BW 12.2
Modultitel (deutsch)	Basismodul Investition, Finanzierung und Kapitalmarkt
Modultitel (englisch)	Basic Module Investments, Finance and Capital Markets
Modul-Verantwortliche/r	Professor Dr. Benjamin R. Auer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (BIS, BWL, IMS, Regelprofil, VWL) / Wahlpflichtmodul (BAN, WiPäd1, WiPäd 2) 984 B.A. Wirtschaft und Sprachen, 030 B.A. Interkulturelle Wirtschaftskommunikation, 079 B.Sc. Informatik, 679 B.Sc. Angewandte Informatik, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht (Erweiterung), 184 B.A. Wirtschaftswissenschaften, 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik, 105 M.Sc. Mathematik, 105 B.Sc. Mathematik, 079 M.Sc. Informatik, 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS)
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Das Modul vermittelt institutionelle Grundlagen und analytische Methoden im Bereich der Finanziellen Sphäre des Unternehmens. Im ersten Teil (Investition und Finanzierung) werden Verfahren der Investitionsrechnung, der simultanen Investitions- und Finanzplanung sowie Finanzierungsformen behandelt. Im zweiten Teil (Unternehmenssteuerung und Kapitalmarkt) liegt der Fokus auf der Bewertung und Steuerung von Unternehmen im Kapitalmarktkontext. Hier werden Grundlagen der Portfolio Selection und des Shareholder Value-Prinzips sowie Agency-Beziehungen zwischen dem Unternehmen und seinen Financiers behandelt.
Lern- und Qualifikationsziele	Das Modul soll die Studierenden zunächst befähigen, Investitions- und Finanzierungsprobleme im Unternehmen theoriegestützt strukturieren und praktisch lösen zu können. Sie sollen weiterhin in die Lage versetzt werden, die Wahrnehmung des Unternehmens durch anonyme Financiers zu beurteilen und diese für zielkonforme Entscheidungen im Kapitalmarktkontext nutzbar zu machen.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	90-minütige Klausur (100 %)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul BW 15.1 Basismodul Buchführung	
Modulcode	BW 15.1
Modultitel (deutsch)	Basismodul Buchführung
Modultitel (englisch)	Basic Module Accounting
Modul-Verantwortliche/r	Professor Dr. Bernd Hübner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	BW15.2 Basismodul Rechnungslegung und Controlling , BW15.3 Vertiefungsmodul Rechnungslegung,, BW18.1 Vertiefungsmodul und Controlling, B.Sc. Ernährungswissenschaften: BW 15.2, im Studiengang LA Gym Wirtschaftslehre/Recht: BW15.2, BW14.1
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflicht (BIS, BWL, IMS, Regelprofil, VWL, WiPäd1, WiPäd 2) / Wahlpflicht (BAN), 984 B.A. Wirtschaft und Sprachen: Pflichtmodul 030 B.A. Interkulturelle Wirtschaftskommunikation, 079 B.Sc. Informatik, 679 B.Sc. Angewandte Informatik, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht (Erweiterung), 184 B.A. Wirtschaftswissenschaften, 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik, 320 B.Sc. Ernährungswissenschaften, 179 M.Sc. Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure und Naturwissenschaftler, 105 M.Sc. Mathematik, 105 B.Sc. Mathematik, 079 M.Sc. Informatik, 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS)
Leistungspunkte (ECTS credits)	3 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	90 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	30 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Das Modul beschäftigt sich mit der Abbildung des Eigenkapital- und Einkommensaspekts von Unternehmensgeschehen mit Hilfe der doppelten Buchführung. Neben der Vermittlung der bloßen Technik der Buchführung setzt sich die Veranstaltung mit dem Aufbau, der Funktionsweise und den grundlegenden Problemen des Rechnungswesens auseinander. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie sich die weltweit verbreiteten Finanzberichte - in Gestalt von Bilanz, Einkommensrechnung, Eigenkapitalveränderungsrechnung und Kapitalflussrechnung - aus der Buchführung herleiten lassen. Die Veranstaltung bildet die Basis für weiterführende Veranstaltungen zum internen und externen Rechnungswesen.

Lern- und Qualifikationsziele	Am Ende des Moduls verfügen Studierende über grundlegendes Wissen zum betrieblichen Rechnungswesen. Sie können betriebliche Güter- und Finanzbewegungen im Rechnungswesen abbilden und kennen die Techniken zur Erstellung der Finanzberichte „Bilanz“, „Einkommensrechnung“, „Eigenkapitalveränderungsrechnung“ und „Kapitalflussrechnung“.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	45 Minuten Klausur (100 %)
Empfohlene Literatur	Horngren, Ch. T./Harrison, W. T.: Accounting (aktuelle Auflage). Möller, H. P./Hüfner, B.: Buchführung und Finanzberichte (aktuelle Auflage).

Modul BW 15.2 Basismodul Rechnungslegung und Controlling	
Modulcode	BW 15.2
Modultitel (deutsch)	Basismodul Rechnungslegung und Controlling
Modultitel (englisch)	Basic Module Financial and Managerial Accounting
Modul-Verantwortliche/r	<i>Professor Dr. Bernd Hüfner / Professor Dr. Christian Lukas</i>
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	B.Sc. Ernährungswissenschaften: BW15.1
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	BW15.1 Basismodul Buchführung
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	BW14.2 Vertiefungsmodul Steuern/Wirtschaftsprüfung, BW15.3 Vertiefungsmodul Rechnungslegung, BW18.1 Vertiefungsmodul Controlling, BW15.4 Seminar Rechnungslegung und BW18.2 Seminar Controlling
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (BIS, BWL, IMS, Regelprofil, VWL, WiPäd1, WiPäd 2) / Wahlpflicht (BAN) 984 B.A. Wirtschaft und Sprachen, 030 B.A. Interkulturelle Wirtschaftskommunikation, 079 B.Sc. Informatik, 679 B.Sc. Angewandte Informatik, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht (Erweiterung), 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik, 320 B.Sc. Ernährungswissenschaften, 105 M.Sc. Mathematik, 105 B.Sc. Mathematik, 079 M.Sc. Informatik, 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Das Modul vermittelt die Grundlagen des internen und externen Rechnungswesens. Besonderer Wert wird auf die Zusammenhänge zwischen diesen beiden Teilbereichen des Rechnungswesens gelegt. Hinsichtlich des internen Rechnungswesens geht es um die Auseinandersetzung mit der Kosten- und Erlösrechnung als Standardbaustein betriebswirtschaftlicher Ausbildung. Neben den Basiselementen von Kosten- und Erlösrechnungen werden die klassischen Kosten- und Erlösverrechnungssysteme – die Arten-, Stellen- und Trägerrechnung – behandelt. Im externen Rechnungswesens werden grundlegende Kenntnisse über die Rechnungslegung nach deutschem Handelsrecht vermittelt. Eingegangen wird zunächst auf die Grundsätze ordnungsmäßiger Buchführung, dann auf grundlegende Regeln zur Bilanzierung und Einkommensermittlung nach deutschem Handelsrecht.

Lern- und Qualifikationsziele	Am Ende des Moduls verfügen Studierende über ein breites Basiswissen im Bereich des internen und externen Rechnungswesens. Sie können Aussagen zur Ausgestaltung des internen Rechnungswesens im Dienste der Unternehmensführung und zur Erstellung des externen Rechnungswesens treffen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	60 Minuten Klausur (100 %)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Die Angabe der empfohlenen Literatur erfolgt im Vorlesungsskript.

Modul BW 16.1 Basismodul Management	
Modulcode	BW 16.1
Modultitel (deutsch)	Basismodul Management
Modultitel (englisch)	Basic Module Management
Modul-Verantwortliche/r	Professor Dr. Mike Geppert
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (BIS, BWL, Regelprofil) / Wahlpflichtmodul (BAN, IMS, VWL, WiPäd1, WiPäd 2) 984 B.A. Wirtschaft und Sprachen, 030 B.A. Interkulturelle Wirtschaftskommunikation, 679 B.Sc. Angewandte Informatik, 079 B.Sc. Informatik, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht, 011 LAG JM Wirtschaftslehre/Recht (Erweiterung), 184 B.A. Wirtschaftswissenschaften, 132 B.Sc. Psychologie, 320 B.Sc. Ernährungswissenschaften, 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik, 105 M.Sc. Mathematik, 105 B.Sc. Mathematik, 079 M.Sc. Informatik, 128 M.Sc. Physik, 729 M.A: International Organisations and Crisis Management: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	In diesem Modul werden die Grundkenntnisse des Strategischen Managements vermittelt.
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden setzen sich in diesem Modul einführend mit dem Themengebiet Unternehmensführung auseinander, um sich mit Anforderungen an Unternehmer und Manager vertraut zu machen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (100 %)

Empfohlene Literatur	Müller, H.E.: Unternehmensführung: Strategien, Konzepte, Praxisbeispiele, aktuelle Auflage. Steinmann, H. /Schreyögg, G., Management. Grundlagen der Unternehmensführung, aktuelle Auflage Weitere empfohlene Literaturquellen werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul BW 20.1 Basismodul Mikroökonomik	
Modulcode	BW 20.1
Modultitel (deutsch)	Basismodul Mikroökonomik
Modultitel (englisch)	Basic Module Microeconomics
Modul-Verantwortliche/r	Professor Dr. Uwe Cantner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	BW20.2 Vertiefungsmodul Innovationsökonomik; BW20.3 Seminar Mikroökonomik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (BIS, BWL, Regelprofil, VWL, WiPäd1, WiPäd 2) / Wahlpflichtmodul (BAN, IMS) 984 B.A. Wirtschaft und Sprachen, 147 LAG JM Sozialkunde (Erweiterung), 147 LAG JM Sozialkunde, 147 LRS JM Sozialkunde (Erweiterung), 147 LAG JM Sozialkunde, 105 M.Sc. Mathematik, 105 B.Sc. Mathematik, 079 M.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Das Modul Mikroökonomik führt in die Analyse einzelwirtschaftlicher ökonomischer Entscheidungen und ihre Koordination auf Märkten ein. Hierzu werden Kenntnisse der grundlegenden Analysemethoden vermittelt und auf die Gebiete Produktions- und Haushaltstheorie sowie Markt- und Wettbewerbstheorie angewandt. Abgerundet wird die Veranstaltung durch eine einführende Behandlung der Wohlfahrtstheorie.
Lern- und Qualifikationsziele	Das Modul vermittelt die grundlegenden Konzepte und methodische Vorgehensweisen in der Mikroökonomik, auf denen alle volkswirtschaftlichen und viele betriebswirtschaftliche Module aufbauen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	90-minütige Klausur (100 %)
Zusätzliche Informationen zum Modul	

Modul BW 21.1 Basismodul Makroökonomik	
Modulcode	BW 21.1
Modultitel (deutsch)	Basismodul Makroökonomik
Modultitel (englisch)	Basic Module Macroeconomics
Modul-Verantwortliche/r	Professor Dr. Roland Winkler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Erwartete Vorkenntnisse: BW12.1 Basismodul Mathematik für Wirtschaftswissenschaftler; BW23.1 Basismodul Einführung in die Volkswirtschaftslehre
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	BW20.2 Vertiefungsmodul Innovationsökonomik; BW20.3 Seminar Mikroökonomik; BW21.2 Vertiefungsmodul Konjunktur und Wachstum; BW21.3 Seminar Makroökonomik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Pflichtmodul (Regelprofil, VWL, WiPäd1, WiPäd 2) / Wahlpflichtmodul (BAN, BIS, BWL, IMS) 984 B.A. Wirtschaft und Sprachen, 147 LAG JM Sozialkunde (Erweiterung), 147 LAG JM Sozialkunde, 147 LRS JM Sozialkunde (Erweiterung), 147 LAG JM Sozialkunde, 105 M.Sc. Mathematik, 105 B.Sc. Mathematik, 079 M.Sc. Informatik, 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Das Basismodul Makroökonomik gibt eine umfassende Einführung in die Analyse gesamtwirtschaftlicher Zusammenhänge. Hierzu werden makroökonomische Daten analysiert, makroökonomische Modelle hergeleitet und wirtschaftspolitische Maßnahmen in diesen Modellen analysiert. Außerdem werden aktuelle makroökonomische Entwicklungen und wirtschaftspolitische Entwicklungen thematisiert.
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen wichtige makroökonomische Daten und grundlegende makroökonomische Modelle. Sie sind befähigt, aktuelle wirtschaftspolitische Diskussionen qualifiziert zu verfolgen und sich an ihnen zu beteiligen. Sie sind in der Lage, Wirtschaftspolitik zu analysieren, zu bewerten und Empfehlungen zu geben.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	90-minütige Klausur (100 %)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul BW 34.1 Basismodul Einführung in die Betriebswirtschaftslehre	
Modulcode	BW 34.1
Modultitel (deutsch)	Basismodul Einführung in die Betriebswirtschaftslehre
Modultitel (englisch)	Basic Module Introduction to Business Economics
Modul-Verantwortliche/r	Professor Dr. Christian Lukas
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	im Studiengang LA Gym Wirtschaftslehre/Recht: Pflichtmodul in den Studiengängen Wirtschaftswissenschaften (B.A.), Wirtschaft- und Sozialgeschichte (B.A.), Interkulturelle Wirtschaftskommunikation (B.A.): Wahlpflichtmodul B.Sc. Ernährungswissenschaften: Wahlpflichtmodul 050 B.Sc. Geographie: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung und Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Die Veranstaltung bietet einen Überblick über das Fachgebiet Betriebswirtschaftslehre. Es werden grundlegende Begrifflichkeiten vermittelt und zentrale betriebliche Funktionsbereiche vorgestellt. Im Sinne einer entscheidungsorientierten Sicht wird ein besonderer Schwerpunkt auf die Identifizierung und Beschreibung elementarer Planungs- und Entscheidungsprobleme gelegt.
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse der Betriebswirtschaftslehre und entwickeln ein Verständnis für betriebswirtschaftliche Entscheidungsprobleme. Darüber hinaus sollen sie befähigt werden, typische betriebliche Entscheidungsprobleme selbstständig zu analysieren und zu lösen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	60-minütige Klausur (100%)

Modul FMI-IN0015 Diskrete Strukturen in der Bildverarbeitung	
Modulcode	FMI-IN0015
Modultitel (deutsch)	Diskrete Strukturen in der Bildverarbeitung
Modultitel (englisch)	Discrete structures in image processing
Modul-Verantwortliche/r	Herbert Süße
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	- FMI-IN0046 (Rechnersehen I) - Kenntnisse in Diskreter Mathematik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	- 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (INT; Konto C: Mathematik/ Informatik) - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (ASQ) - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung
Leistungspunkte (ECTS credits)	3 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	90 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Anomalien im rechteckigen Pixelgitter, Parkettierungen, Gitterpunktmodell, Gitterzellenmodell, Nachbarschaft im Zellenmodell, Nachbarschaftsgraphen, Knotensatz, orientierte Graphen, Maschensatz, Eulersche Charakteristik, Randmaschen von Objekten, planare Graphen, Graphen auf Torus, reguläre Gitter, Konturfolge in verschiedenen Gittern (z.B. marching cubes), Picksche Formel, Merkmals-berechnungen von Objekten im Gitter, Diskretisierungsstrategien im Gitter, Einführung in die diskrete Geometrie
Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Probleme, die bei der Bildverarbeitung im diskreten Gitter entstehen. Sie können entscheiden, ob ein Modell der Bildverarbeitung direkt im Gitter entworfen werden sollte, oder ob man sich der analogen Mathematik bedient und anschließend diskretisiert. Weiterhin kennen die Studierenden Grundbegriffe der diskreten Geometrie. Sie wissen, was eine diskrete Gerade, ein diskreter Kreis usw. darstellt.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung zur Vorlesung
Empfohlene Literatur	Marchand-Maillet S.; Sharaiha Y.M.: Binary Digital Image Processing - A Discrete Approach. Academic Press 2000. Klette R.; Rosenfeld A.: Digital Geometry. Morgan Kaufmann Publishers 2004. Rosen K.H.: Handbook of Discrete and Combinatorial Mathematics. CRC Press 2000.

Modul FMI-IN0036 Mustererkennung	
Modulcode	FMI-IN0036
Modultitel (deutsch)	Mustererkennung
Modultitel (englisch)	Pattern Recognition
Modul-Verantwortliche/r	Paul Bodesheim, Joachim Denzler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Bachelor-Studiengänge: FMI-IN0025 Grundlagen informatischer Problemlösung oder FMI-IN1009 Strukturiertes Programmieren FMI-IN0001 Algorithmen und Datenstrukturen FMI-IN0005 Automaten und Berechenbarkeit oder FMI-IN0006 Berechenbarkeit und Komplexität Master-Studiengänge: Kenntnisse im Umfang o.g. Module
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	- 079 LA Regelschule Informatik: Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme) - 079 LA Gymnasium Informatik: Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme) - 079 LA RS (Erweiterung) Informatik (PO-V. 2020): Wahlpflichtmodul (Intelligente Systeme) - 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (INT; Konto C: Mathematik/ Informatik) - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (INT) - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (ASQ; NF Informatik) - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module) - 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI) - 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul - 221 B.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik) - 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik; Bioinformatisch relevante Informatik) - 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (INT)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	3 SWS Vorlesung 1 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	<p>Einführung in die Methoden der Mustererkennung zur maschinellen Modellierung und Simulation komplexer Informationsverarbeitungsprozesse, wie sie insbesondere bei der Wahrnehmung und Auswertung visueller, akustischer oder taktiler Sinneseindrücke durch den Menschen auftreten.</p> <p>Diskretisierung/Filterung/Normierung; Merkmalauswahl und Merkmalstransformation; statistische, diskriminative und nichtparametrische Klassifikatoren; unüberwachtes Lernen; Zeitreihen</p>
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Umfassendes Verständnis von Musteranalysetechniken und deren fachübergreifendem Einsatz und Nutzen</p> <p>Einblick in einschlägige Anwendungsgebiete der Mustererkennung</p> <p>Vertiefte Kenntnisse des Gebietes „Numerische Klassifikatoren“</p> <p>Fähigkeit Modelle und Systeme der Mustererkennung zu entwickeln</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	<p>Bearbeitung der Übungsaufgaben</p> <p>Mindestens 50% der erzielbaren Punkte erreicht</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Klausur (120min) oder mündliche Prüfung (30min) zur Vorlesung</p>
Empfohlene Literatur	<p>Niemann, Heinrich: Pattern Analysis and Understanding, Springer 1990.</p> <p>Duda, Richard; Hart, Peter; Stork, Dave: Pattern Classification, Wiley 2001.</p> <p>Bishop, Christopher: Pattern Recognition and Machine Learning, Springer 2006.</p>

Modul FMI-IN0046 Rechnersehen I	
Modulcode	FMI-IN0046
Modultitel (deutsch)	Rechnersehen I
Modultitel (englisch)	Computer Vision I
Modul-Verantwortliche/r	Joachim Denzler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	<ul style="list-style-type: none"> - 079 B.A. Informatik: Wahlpflichtmodul - 079 B.Sc. Informatik: Wahlpflichtmodul (INT; Konto C: Mathematik/ Informatik) - 079 M.Sc. Informatik (PO-V. 2016): Wahlpflichtmodul (INT) - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (ASQ; NF Informatik) - 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (NF Informatik) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module) - 184 B.Sc. Wirtschaftswissenschaften: Wahlpflichtmodul (IMS: Vertiefungsmodule d. FMI) - 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul - 221 B.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik) - 221 M.Sc. Bioinformatik: Wahlpflichtmodul (Informatik; Bioinformatisch relevante Informatik) - 679 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (INT)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung/Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Bilddatenstrukturen, Mathematische Beschreibung und Schätzung von Störprozessen, Theorie linearer Systeme, Bildvorverarbeitung und -verbesserung im Ortsbereich, Fourieranalyse, Bildvorverarbeitung und -verbesserung im Frequenzbereich, Nicht-lineare Filter, Farbbildverarbeitung, Multiskalenanalyse, einfache Bildmerkmale und deren Extraktion, Segmentierung (Linien, Regionen, Textur), Grundlagen der Bewegungsberechnung, Grundlagen der 2-D Objekterkennung

Lern- und Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen grundlegende mathematische Methoden und Techniken der digitalen Bildverarbeitung um Verfahren zur Bildverbesserung, Extraktion von 2D Information aus Bildern sowie deren Interpretation zu realisieren. Die Studierenden sind ebenfalls in der Lage kommerzielle Tools (MATLAB) zu nutzen, um einfache Systeme zur Verarbeitung und Interpretation von Bildinformation zu implementieren. Studierende erhalten damit Einblick, wie intelligente Systeme von Kameras aufgenommene Daten verarbeiten und interpretieren können. Im Bereich der Master-Studiengänge werden im Rahmen der Übungsseries Einblicke in die theoretischen Grundlagen der vorgestellten Verfahren anhand spezieller Übungsaufgaben gegeben.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	60 % der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (60 Min.) oder mündliche Prüfung Abgestufte (Prüfungs-)Anforderungen berücksichtigen das von Bachelor- und Masterstudierenden jeweils erwartbare Leistungsniveau.
Empfohlene Literatur	Gonzalez, Woods: Digital Image Processing. Prentice Hall. 2002. Tönnies: Grundlagen der Bildverarbeitung. Pearson. 2005.

Modul FMI-IN0075 Objektorientierte Programmierung	
Modulcode	FMI-IN0075
Modultitel (deutsch)	Objektorientierte Programmierung
Modultitel (englisch)	Object-oriented Programming
Modul-Verantwortliche/r	Wolfram Amme
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	FMI-IN0025 Grundlagen informatischer Problemlösung
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	<ul style="list-style-type: none"> - 079 LA Regelschule Informatik: Pflichtmodul - 079 LA Gymnasium Informatik: Pflichtmodul - 079 LA RS (Erweiterung) Informatik: Pflichtmodul - 079 LA Gym (Erweiterung) Informatik (PO-V. 2020): Pflichtmodul - 079 B.Sc. Informatik: Pflichtmodul (Konto A) - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik) - 105 M.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (NF Informatik) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module) - 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul - 276 B.Sc. Wirtschaftsmathematik: Wahlpflichtmodul (Informatik) - 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2020): Wahlpflichtmodul (Informatik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	150 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>Zentrales Thema der Vorlesung/Übung ist die Behandlung objektorientierter Programmierkonzepte (wie Klassen, Objekte, Felder, Methoden, Vererbung, Schnittstellen, generische Programmierung, etc.). Neben der allgemeinen Betrachtung wird zudem die Realisierung der Konzepte in modernen, gegenwärtig verwendeten, objektorientierten Programmiersprachen vorgestellt.</p> <p>Weitere Teile der Vorlesung behandeln vertieft objektorientierte Modellierungstechniken sowie Aspekte des nebenläufigen objektorientierten Programmmentwurfs.</p> <p>In der Übung sollen die in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse gefestigt werden.</p>

Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none">• Grundkenntnisse objektorientierter Programmierkonzepte und deren Anwendbarkeit• Beherrschen einer objektorientierten Programmiersprache• Fähigkeit zur objektorientierten Modellierung• Grundverständnis für nebenläufige Programmausführungen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	50% der erreichbaren Punkte aus den Übungsaufgaben
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung
Zusätzliche Informationen zum Modul	Lehramt Informatik Gymnasium: Das Modul wird in die Berechnung der Endnote aufgenommen
Empfohlene Literatur	Niemeyer, Peck: Learning Java. O'Reilly Verlag. 2005. Middendorf, Singer, Heid: Java: Programmierhandbuch und Referenz für die Java-2-Plattform. dpunkt.verlag. 2002

Modul FMI-MA0207 Höhere Analysis 1	
Modulcode	FMI-MA0207
Modultitel (deutsch)	Höhere Analysis 1
Modultitel (englisch)	Higher Analysis I
Modul-Verantwortliche/r	David Hasler, Dorothee Haroske, Daniel Lenz, Tobias Oertel-Jäger
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	B.Sc. Mathematik: FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1 M.Sc. Wirtschaftsmathematik: keine B.Sc. Physik : keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Kenntnisse in Maß- und Integrationstheorie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Analysis) - 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module) - 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul - 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	9 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	270 h - Präsenzstunden 90 h - Selbststudium 180 h (einschl. Prüfungsvorbereitungen)
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Normierte Räume • Funktionale und Operatoren • Der Satz von Hahn-Banach • Die Hauptsätze für Operatoren auf Banachräumen • Operatoren in Hilberträumen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden gewinnen aufbauend auf Grundkenntnissen der Analysis und der Linearen Algebra Einsicht und Intuition in die funktionalanalytische Denkweise. Die Grundprinzipien der Funktionalanalysis werden sicher beherrscht. • Es wird Basiswissen für weiterführende Studien in der Analysis, der Numerischen Mathematik und des wiss. Rechnens, der Optimierung und der Stochastik erworben.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung oder Klausur
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Dirk Werner: Funktionalanalysis. 5. erw. Aufl., Springer, Berlin 2005.• Dirk Werner: Einführung in die höhere Analysis. Springer, Berlin 2006.• Hans Triebel: Higher Analysis. Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1992.• Friedrich Hirzebruch, Winfried Scharlau: Einführung in die Funktionsanalysis. Bibliogr. Inst., Mannheim 1971.• Jürgen Appell, Martin Väth: Elemente der Funktionalanalysis. Vieweg, Wiesbaden 2005.

Modul FMI-MA0243 Funktionentheorie 1	
Modulcode	FMI-MA0243
Modultitel (deutsch)	Funktionentheorie 1
Modultitel (englisch)	Complex Analysis 1
Modul-Verantwortliche/r	Jonas Sauer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	B.Sc. Mathematik: FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2 Lehramt Mathematik Gymnasium: FMI-MA3009 Analysis 1, FMI-MA3010 Analysis 2 und FMI-MA3011 Analysis 3
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	FMI-MA7001 Analysis 1 und FMI-MA7002 Analysis 2
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	- 105 LA Gymnasium Mathematik: Wahlpflichtmodul (Analysis) - 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Analysis) - 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	3 SWS Vorlesung 1 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Holomorphe Funktionen • Komplexe Kurvenintegrale, Cauchy-Integralsatz und -formel • Laurentreihen und Singularitäten, Residuensatz • Konforme Abbildungen
Lern- und Qualifikationsziele	Erweiterung und Vertiefung der Kenntnisse und Fähigkeiten in der Analysis
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Die Art der Prüfung wird zu Beginn der Veranstaltung festgelegt.
Zusätzliche Informationen zum Modul	MLG: Das Modul könnte in die Berechnung der Endnote aufgenommen werden.
Empfohlene Literatur	R. Remmert: Funktionentheorie I,II E. Freitag / R. Busam: Funktionentheorie H. Fischer / H. Kaul: Mathematik für Physiker 1

Modul FMI-MA0406 Klassische Differentialgeometrie - 9 LP	
Modulcode	FMI-MA0406
Modultitel (deutsch)	Klassische Differentialgeometrie - 9 LP
Modultitel (englisch)	Classical Differential Geometry - 9 CP
Modul-Verantwortliche/r	Vladimir Matveev
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	BSc Mathematik: FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1 BSc Physik: keine MSc Wima: keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	FMI-MA0302 Algebra/Geometrie 2 B.Sc. Physik : FMI-MA7001 Analysis 1 und FMI-MA7002 Analysis 2, FMI-MA7011 Lineare Algebra und Analytische Geometrie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Geometrie) - 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Freier Wahlpflichtbereich) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module) - 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul - 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	9 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	270 h 90 h 180 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kurven in der Ebene und im dreidimensionalen Raum • Lokale Theorie von Flächen in \mathbb{R}^3 • Theorema Egregium von Gauss • Geodätische, Satz von Hopf-Rinow • Minimalflächen • Globale Theorie von Flächen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen von Methoden der Differentialgeometrie und deren Anwendungen • Nachweis der Fähigkeit zu wissenschaftlicher Arbeit
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	ggfs. Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung

Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten• Wolfganag Kühnel: Differentialgeometrie: Kurven – Flächen – Mannigfaltigkeiten. Vieweg, Braunschweig 1999.

Modul FMI-MA0445 Mathematische Methoden der klassischen Mechanik - 6 LP	
Modulcode	FMI-MA0445
Modultitel (deutsch)	Mathematische Methoden der klassischen Mechanik - 6 LP
Modultitel (englisch)	Mathematical methods of classical mechanics - 6 CP
Modul-Verantwortliche/r	Vladimir Matveev
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	FMI-MA0302 Algebra/Geometrie 2
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Erweiterung: Angewandte Mathematik+Stochastik; Vertiefung: Geometrie) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	3 SWS Vorlesung 1 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h - Präsenzstunden 60 h - Selbststudium 120 h (einschl. Prüfungsvorbereitungen)
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der klassischen Hamiltonschen Mechanik • Differentialformen • Symplektische Geometrie und integrable Systeme • Anwendungen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefendes Erlernen von modernen Methoden der Physik und Mathematik • Erwerb von Kenntnissen auf dem Gebiet der Differentialgeometrie, dynamische Systeme • Nachweis der Fähigkeit zu wissenschaftlicher Arbeit
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	aktive Mitarbeit in den Übungen
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten • Vladimir Arnold: Mathematische Methoden der klassischen Mechanik. Dt. Verl. d. Wiss., Berlin 1988.

Modul FMI-MA0446 Klassische Differentialgeometrie - 6 LP	
Modulcode	FMI-MA0446
Modultitel (deutsch)	Klassische Differentialgeometrie - 6 LP
Modultitel (englisch)	Classical differential geometry
Modul-Verantwortliche/r	Vladimir Matveev
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	BSc Mathematik: FMI-MA0201 Analysis 1 und FMI-MA0202 Analysis 2, FMI-MA0301 Algebra/Geometrie 1 BSc Physik: FMI-MA7001 Analysis 1 und FMI-MA7002 Analysis 2, FMI-MA7011 Algebra/Geometrie 1 MSc Wima: keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	FMI-MA0302 Algebra/Geometrie 2
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	- 105 B.Sc. Mathematik: Wahlpflichtmodul (Erweiterung: Reine Mathematik; Vertiefung: Geometrie) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module) - 200 M.Sc. Computational and Data Science: Wahlpflichtmodul - 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	3 SWS Vorlesung 1 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Kurven in der Ebene und im dreidimensionalen Raum • Lokale Theorie von a Flächen in \mathbb{R}^3 • Theorema Egregium von Gauss • Geodätische, Satz von Hopf-Rinow • Minimalflächen • Globale Theorie von Flächen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen von Methoden der Differentialgeometrie und deren Anwendungen • Nachweis der Fähigkeit zu wissenschaftlicher Arbeit
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	aktive Mitarbeit in den Übungen
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung

Empfohlene Literatur

- Lehrbücher nach Empfehlung der Dozenten
- Wolfganag Kühnel: Differentialgeometrie: Kurven – Flächen – Mannigfaltigkeiten. Vieweg, Braunschweig 1999.

Modul FMI-MA1212 Höhere Analysis 2	
Modulcode	FMI-MA1212
Modultitel (deutsch)	Höhere Analysis 2
Modultitel (englisch)	Higher Analysis 2
Modul-Verantwortliche/r	Daniel Lenz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Kenntnisse der Maß- und Integrationstheorie Modul FMI-MA0207 Höhere Analysis 1
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	- 105 M.Sc. Mathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Reine Mathematik; Vertiefung Analysis) - 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Nicht-physikalische Module) - 276 M.Sc. Wirtschaftsmathematik (PO-V. 2010): Wahlpflichtmodul (Sonstige Mathematik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	9 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	270 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	180 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Theorie von Riesz, Schauder und Fredholm • Spektraltheorie kompakter Operatoren • Integralgleichungen • Spektraltheorie selbstadjungierter Operatoren oder Distributionen und Elemente der harmonischen Analysis
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden erwerben umfassende und fortgeschrittene Kenntnisse der Methoden und Konzepte der Funktionalanalysis. • Sie erkennen die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und den universellen Charakter einer zunächst abstrakten Theorie. • Sie bereiten sich auf das vertiefende Studium in Spezialisierungsrichtungen der Analysis und verwandten Gebieten vor.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung

Empfohlene Literatur

Dirk Werner: Funktionalanalysis. 6. korrig. Aufl., Springer, Berlin 2007.
Hans Triebel: Higher Analysis. Barth, Leipzig 1992.
Jürgen Appell, Martin Väth: Elemente der Funktionalanalysis. Vieweg, Wiesbaden 2005.
Walter Rudin: Functional Analysis. Mc Craw-Hill, New York 1991.
Kosaku Yosida: Functional Analysis. Springer, Berlin 1995

Modul MC2.1.8 Theoretische Chemie I	
Modulcode	MC2.1.8
Modultitel (deutsch)	Theoretische Chemie I
Modultitel (englisch)	Theoretical Chemistry I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Stefanie Gräfe; Dr. Dirk Bender
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Voraussetzung für Modul MC 3.1.8 (Vertiefungsfach Theoretische Chemie II)
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul (Vertiefungsfach)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung, 1 SWS Übung, 4 SWS Praktikum
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	105 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>In Vorlesung und Übung werden den Studenten „Ab initio“- Methoden, das Konzept der Mehrelektronenwellenfunktionen, das Lösen der Energieeigenwertgleichung, die Hartree-Fock-Näherung und Basissätze vermittelt.</p> <p>Das Praktikum beinhaltet eine Einführung in das Betriebssystem Linux und vermittelt grundlegende Programmierkenntnisse. Im zweiten Teil des Praktikums liegt der Fokus auf der Umsetzung der theoretischen Konzepte in verschiedenen Quantenchemiepaketen. Vorkenntnisse zum Betriebssystem (Linux) und zur Programmierung sind nicht erforderlich.</p>
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Kennenlernen der Grundlagen der „Ab initio“-Methoden. Durchführen von quantenchemischen Rechnungen mit Anwendungen zur molekularen Struktur, zur chemischen Bindung, zu Molekülorbitalen, zur Koordinationschemie, zur Kinetik, zur Thermodynamik</p> <p>Im Praktikum: Kennenlernen der Grundlagen der strukturierten Programmierung mit FORTRAN sowie elementare Befehle und Konzepte des Betriebssystems Linux.. Durchführen von grundlegenden und fortgeschrittenen quantenchemischen Rechnungen mit Anwendungen zur molekularen Struktur, zur chemischen Bindung, zu Molekülorbitalen, zur Koordinationschemie, zur Kinetik, zur Thermodynamik und zur Spektroskopie. Interpretation der Ergebnisse. Kalibrierung der Methoden.</p>

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Erfolgreich absolviertes Praktikum und Vortrag sind Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche oder schriftliche Prüfung zum vermittelten Stoff aus Vorlesung, Seminar und Praktikum (50%), Vortrag (25%), Praktikum mit schriftlichen Praktikumsprotokollen (25%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Eine nicht bestandene Prüfung kann zweimal wiederholt werden. Auf Antrag kann die zweite Wiederholung in Form einer mündlichen Prüfung erfolgen. Ein nicht bestandener Vortrag kann einmal wiederholt werden.
Empfohlene Literatur	--
Unterrichtssprache	--

Modul MC3.1.8 Theoretische Chemie II	
Modulcode	MC3.1.8
Modultitel (deutsch)	Theoretische Chemie II
Modultitel (englisch)	Theoretical Chemistry II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Stefanie Gräfe; Dr. Dirk Bender
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Bestandene mündl./schriftl. Prüfung MC 2.1.8 (Vertiefungsfach Theoretische Chemie I)
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	--
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Voraussetzung für die Anfertigung der Masterarbeit, wenn als Vertiefungsfach gewählt
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul (Vertiefungsfach)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung, 1 SWS Übung, 10 SWS Praktikum
Leistungspunkte (ECTS credits)	12 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	360 h
- Präsenzstunden	225 h
- Selbststudium	135 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Aufbauend auf Modul MC 2.1.8 werden vertiefende und weiterführende Kenntnisse der fortgeschrittenen Methoden der Theoretischen Chemie vermittelt. Dies umfasst neben Elektronenkorrelationsmethoden auch eine Einführung in Grundlagen und Anwendungen der zeitabhängigen Schrödingergleichung. Begleitend hierzu und aufbauend auf Modul MC 2.1.8 erfolgt im Praktikum die Umsetzung der theoretischen Konzepte. Ergänzend werden im 2. Teil des Praktikums numerische Methoden zur Lösung der zeitabhängigen Schrödingergleichung eingesetzt. Das Praktikum bereitet auf die Masterarbeit vor und wird zum Teil in den Arbeitsgruppen des Instituts absolviert.
Lern- und Qualifikationsziele	Kennenlernen der den fortgeschrittenen hoch korrelierten „Ab initio“-Methoden und der DFT zu Grunde liegenden Konzepte. Kennenlernen der zeitabhängigen Schrödingergleichung und der den Molecular Dynamics-Simulationen zu Grunde liegenden Konzepte. Kennenlernen numerischer Methoden, Konzepte und Algorithmen Im Praktikum: Durchführen von quantenchemischen Rechnungen mit Anwendungen an hoch korrelierten Problemen. Formulierung molekularer quantendynamischer Prozesse. Modellieren zeitabhängiger Experimente einschließlich optischer Spektroskopie.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Erfolgreich absolviertes Praktikum und Vortrag sind Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur zum vermittelten Stoff aus Vorlesung, Seminar und Praktikum (33,4%), Vortrag (33,3%), Praktikum mit schriftlichen Praktikumsprotokollen (33,3%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Eine nicht bestandene Prüfung kann zweimal wiederholt werden. Auf Antrag kann die zweite Wiederholung in Form einer mündlichen Prüfung erfolgen.
Empfohlene Literatur	--
Unterrichtssprache	--

Modul PAFBX411 Computational Physics II	
Modulcode	PAFBX411
Modultitel (deutsch)	Computational Physics II
Modultitel (englisch)	Computational Physics II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Computational Physics I PAFBU311 Theoretische Mechanik PAFBT211 Elektrodynamik PAFBT311
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (im freien Bereich) 079 B.Sc. Angewandte Informatik: Wahlpflichtmodul (Anwendungsfach Physik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 1 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	Einführung in Unix und höhere Programmiersprachen (z.B.: C/C++, Fortran) Numerische Lösung partieller Differentialgleichungen Monte-Carlo Verfahren Molekulardynamische Verfahren Minimierungsprobleme
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der grundlegenden Algorithmen und praktischen Fähigkeiten zur numerischen Lösung komplexer physikalischer Probleme und Visualisierung großer Datenmengen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Art der Prüfung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben.

Zusätzliche Informationen zum Modul	Medienunterstützte, interaktive Vorlesung unter Ausnutzung von Kontroll- und Demonstrationssoftware und LCD-Projektor, praktische Übungen am PC, begleitendes Skript
Empfohlene Literatur	Lehrbücher zu Computational Physics und Numerischer Mathematik von Hermann, DeVries, Press/Vetterling/Teukolsky/Flannery, Schwarz
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX511 Einführung in die Astronomie	
Modulcode	PAFBX511
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Astronomie
Modultitel (englisch)	Introduction to Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkurs Experimentalphysik I PAFBE111 Grundkurs Experimentalphysik II PAFBE211
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (physikalischer Bereich) 128 LA Regelschule Physik: Wahlpflichtmodul 128 LA Gymnasium Physik: Wahlpflichtmodul 128 Drittfach Astronomie: Pflichtmodul 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Vertiefung Astronomie/Astrophysik)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Was ist Astronomie? "Kosmographische" Beschreibung des Weltalls Theoretische und beobachtende Methoden der Astronomie Sphärische Astronomie, Astrometrie Himmelsmechanik, Keplersche Gesetze Sonnensystem Sonne und Sterne Milchstraßensystem Galaxien Kosmologie
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung spezieller Inhalte, Phänomene und Konzepte der Astronomie Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Astronomie

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Note dieses Moduls geht in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	Karttunen, Kröger, Oja, Poutanen, Donner, Fundamental Astronomy (Springer), Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer), Voigt, Abriss der Astronomie (BI Wissenschaftsverlag)
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFBX521 Relativistische Physik	
Modulcode	PAFBX521
Modultitel (deutsch)	Relativistische Physik
Modultitel (englisch)	Relativistic Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Theoretische Mechanik PAFBT211 Elektrodynamik PAFBT311 Quantentheorie PAFBT411
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 128 LA Regelschule Physik: Wahlpflichtmodul 128 LA Gymnasium Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Spezielle Relativitätstheorie (Relativitätsprinzip; Konstanz der Lichtgeschwindigkeit; Relativität der Gleichzeitigkeit; Raumzeit; Lichtkegel; Eigenzeit; Lorentz-Transformationen; Vierervektoren; Relativistische Mechanik, Elektrodynamik, Hydrodynamik) Allgemeine Relativitätstheorie (Grundideen; Riemannsche Geometrie; Physikalische Gesetze im Riemannschen Raum; Einsteinsche Feldgleichungen; Newtonscher Grenzfall; Schwarzschild-Lösung; Klassische Effekte der ART; Kugelsymmetrische Sternmodelle; Schwarze Löcher)
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Grundlagen und Methoden der speziell- und allgemein-relativistischen Physik Entwicklung der Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von einfachen Aufgaben aus diesen Gebieten Vorbereitung für die weiterführenden Module
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zur Semesterbeginn bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (ggfs. mündliche Prüfung)
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLA017 Milchstraßensystem	
Modulcode	PAFLA017
Modultitel (deutsch)	Milchstraßensystem
Modultitel (englisch)	Milky Way Galaxy
Modul-Verantwortliche/r	apl. Prof. Dr. K. Schreyer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Einführung in die Astronomie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul LAG/LAR Astronomie Wahlpflichtmodul MSc Physik Vertiefung Astronomie/Astrophysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	33 LAG/LAR Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul (Spezialisierung in „Astronomie/Astrophysik“)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Aufbau und Kinematik des Sternsystems, Grundgleichung der Stellarstatistik, Umgebung der Sonne, Galaktische Rotation, Oortsche Konstanten, Konzepte der Spiralstruktur, Interstellare Materie, Sternhaufen und Populationen, Satellitensysteme, Entstehung und Zukunft der Milchstraße
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Die Studierenden erwerben Kenntnisse über grundlegende Elemente der Milchstraße sowie der großräumigen Kinematik der Sterne und der interstellaren Materie. Außerdem lernen sie Modelle zur Entstehung, Beschreibung und Entwicklung der Spiralstruktur der Milchstraße kennen. • Die Studierenden können eigenständig Übungsaufgaben auf diesem Gebiet bearbeiten.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	Scheffler H., Elsässer, H.: Bau und Physik der Galaxis; Karttunen, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., Donner, K.J.: Astronomie – Eine Einführung; Unsöld, A., Baschek, B.: Der neue Kosmos.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFLX811 Kontinuumsmechanik	
Modulcode	PAFLX811
Modultitel (deutsch)	Kontinuumsmechanik
Modultitel (englisch)	Kontinuumsmechanik
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module zur Elektrodynamik PAFBT311 oder PAFGT411
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 Lehramt Physik: Wahlpflichtmodul 128 MSc. Physik Vertiefung Gravitations- und Quantentheorie: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 1 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Mechanik deformierbarer Körper (Bahnkurven, Stromlinien, Wirbel, Potentialströmungen, Tensor der Deformationsgeschwindigkeit) • Bilanzgleichungen • Materialgleichungen (Spannungs-Dehnungs-Diagramm, Hooksches Gesetz, Zustandsgleichungen, Reibungsgesetz) • Lineare Elastizitätstheorie (Torsion, Biegung, Wellen, Schwingungen) • Hydrodynamik (Strömungen, Kraft auf umströmte Gegenstände, Zirkulations- und Wirbelsätze, Ähnlichkeitsgesetze, Turbulenz, Grenzschichten)
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Kontinuumsmechanik • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche Prüfung (100%)

Zusätzliche Informationen zum Modul	Lehramt: Die Note dieses Moduls geht in die Fachendnote Physik ein.
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFMA001 Physik der Sterne	
Modulcode	PAFMA001
Modultitel (deutsch)	Physik der Sterne
Modultitel (englisch)	Stellar Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“ und Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Entstehung und Entwicklung von Sternen als Funktion der Masse durch das Hertzsprung-Russell Diagramm, Sternatmosphären, Spektroskopie, Photometrie, Kernfusion als Energiequelle
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Stellarphysik • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben und Problemen der Stellarphysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsbewertung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Scheffler, Elsässer, Physik der Sterne und der Sonne (BI), sehr ausführlich, sehr gut • Carroll, Ostlie, Introduction to Modern Astrophysics (Addison-Wesley), englisch, sehr gute Einführung • Stahler, Palla, The formation of stars (Wiley-VCH, 2004), englisch, sehr ausführlich, sehr gut, sehr aktuell • Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer), ausführlich, aktuell und gut geeignet
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA002 Astronomische Beobachtungstechnik	
Modulcode	PAFMA002
Modultitel (deutsch)	Astronomische Beobachtungstechnik
Modultitel (englisch)	Astronomical Observing Techniques
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Einführung in die Astronomie und Physik der Sterne oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“ und Physik Lehramt
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Strahlungstheorie, Leuchtkraft • CCD-Detektoren, Datenreduktion • Aufbau und Funktion optischer und Infrarot-Teleskope • Grundlagen der Infrarot-Astronomie • Speckle-Technik, Adaptive Optik, Interferometrie • Radioastronomie: Teleskope und Wissenschaft • Ultraviolett-, Röntgen- und Gamma-Astronomie
Lern- und Qualifikationsziele	Methoden der beobachtenden Astronomie in allen Wellenlängen; Beobachtungstechnik und Datenauswertung. Kenntnis der Teleskoptechnik in allen Wellenlängen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsbewertung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Karttunen, Kröger, Oja, Poutanen, Donner, Astronomie – eine Einführung (Springer) • Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer) • Weigert, Wendker, Wisotzki, Astronomie und Astrophysik: ein Grundkurs (Wiley VCH)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA003 Himmelsmechanik	
Modulcode	PAFMA003
Modultitel (deutsch)	Himmelsmechanik
Modultitel (englisch)	Celestial Mechanics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul LAG/LAR Astronomie sowie für die Studiengänge M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Zwei-Körper Problem • eingeschränktes Drei-Körper-Problem; • gestörte Bewegungen; • Dynamik der Planetensysteme: resonante, säkulare und periodische Störungen; • Chaos und Stabilität; • moderne Erweiterungen: relativistische Himmelsmechanik, • nichtgravitative Himmelsmechanik, Astrodynamik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen von grundlegenden Begriffen, Problemen und Methoden der klassischen und modernen Himmelsmechanik und deren Anwendungen auf verschiedene astronomische Probleme • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen von vergleichsweise einfachen Aufgaben aus diesen Gebieten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsbewertung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Murray, Dermott: Solar System Dynamics (Cambridge Univ. Press) • Danby: Fundamentals of Celestial Mechanics (Willmann-Bell)
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch

Modul PAFMA004 Astronomisches Praktikum	
Modulcode	PAFMA004
Modultitel (deutsch)	Astronomisches Praktikum
Modultitel (englisch)	Astronomical Practicum
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Einführung in die Astronomie und Physik der Sterne oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“, Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	1 SWS Vorlesung 3 SWS Praktikum
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Spektroskopie und Photometrie am Teleskop • interstellarer Staub, • Sternentstehung • Infrarot-Astronomie • Neutronenstern-Kinematik
Lern- und Qualifikationsziele	Funktionsweise und Beobachtung von Sternen, Staublaborversuche, Datenauswertung, Fehlerrechnung
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Erarbeitung der Protokolle (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Protokollnote (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Voigt, Abriss der Astronomie (BI Wissenschaftsverlag) • Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer) • Scheffler, Elsässer, Physik der Sterne und der Sonne (BI) • Carroll, Ostlie, Intro to Modern Astrophysics (Addison-Wesley)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA005 Physik der Planetensysteme	
Modulcode	PAFMA005
Modultitel (deutsch)	Physik der Planetensysteme
Modultitel (englisch)	Physics of Planetary Systems
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul im Lehramtsstudium Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“ und Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Teil 1 „Entdeckung und Eigenschaften“ (Prof. Dr. Artie Hatzes): Detektionsmethoden von Exoplaneten (Radialgeschwindigkeit, Astrometrie, Transit, Direktaufnahme, Mikrolensing, Interferometrie); beobachtete Eigenschaften und Diversität von Planetensystemen; • Teil 2 „Entstehung und Entwicklung“ (Prof. Dr. Alexander Krivov): Theorie der Planetenentstehung (Akkretionsscheibe, Staub-Gas-Wechselwirkung, Agglomeration vom Staub zu Planetesimalen, Wachstum der Planetesimale zu Embryonen, Entstehung der Riesen- und terrestrischen Planeten, Migration, Trümmerscheiben), Entwicklung von Planetensystemen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen von Eigenschaften, Entstehung und Entwicklung des Sonnensystems und extrasolarer Planetensysteme • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen von vergleichsweise einfachen Aufgaben aus diesen Gebieten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder ggfs. mündliche Prüfung

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Safronov, Evolution of the protoplanetary cloud and formation of the Earth and the planets• Armitage: Astrophysics of Planet Formation (Cambridge University Press)• "Protostars and Planets III-VI" (Univ. Arizona Press)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMA006 Terra-Astronomie	
Modulcode	PAFMA006
Modultitel (deutsch)	Terra-Astronomie
Modultitel (englisch)	Terra Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für die Studiengänge Lehramt Drittfach Astronomie, M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“, Lehramt Physik, auch für M.Sc. Geophysik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung ggfs. 2 SWS Seminar
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Sonnenaktivität und –wind • kosmische Strahlung und ihre Quellen • Supernovae und ihre Überreste • Neutronensterne • Gamma-Ray-Bursts • Radionukleide auf der Erde • Auswirkung kosmischer Ereignisse auf Erde und Biosphäre, • historische Beobachtungen zur Rekonstruktion der Sonnenaktivität
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Terra-Astronomie • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesen Gebieten • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Vortragen in einem der Teilgebiete • Beiträge von Natur- und Geisteswissenschaften
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder ggfs. bewertete Übung oder mündliche Prüfung oder Seminarvortrag

Zusätzliche Informationen zum Modul	Modul wird alle 3-4 Semester angeboten
Empfohlene Literatur	Lehrbücher zur Sonnenphysik (z.B. Vaquero & Vasquez) und Supernovae (z.B. Stephenon & Green)
Unterrichtssprache	deutsch oder englisch (nach Teilnehmerwünschen)

Modul PAFMA007 Neutronensterne	
Modulcode	PAFMA007
Modultitel (deutsch)	Neutronensterne
Modultitel (englisch)	Neutron Stars
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Einführung in die Astronomie und Physik der Sterne oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für die Studiengänge Lehramt Drittfach Astronomie, Wahlpflichtmodul M. Sc. Physik Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“, Wahlpflichtmodul Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung von Sternen als Funktion der Masse, • Nach Hauptreihen-Entwicklung, • Endstadien: weiße Zwerge, • Neutronensterne, schwarze Löcher, Supernovae, • Hochenergie-Astrophysik: Röntgen- und Gamma-Strahlung
Lern- und Qualifikationsziele	Entwicklung von Sternen verschiedener Massen, Endstadien, Methoden der Hochenergie-Astrophysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder ggfs. bewertete Übung oder mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Unsöld, Baschek, Der neue Kosmos (Springer) • Scheffler, Elsässer, Physik der Sterne und der Sonne (BI) • Longair, High Energy Astrophysics vol. 1 & 2 (Cambridge) • Lorimer, Kramer, Handbook of Pulsar Astronomy (Cambridge) • Haensel, Potekhin, Yakovlev, Neutron stars (Springer)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA008 Laborastrophysik	
Modulcode	PAFMA008
Modultitel (deutsch)	Laborastrophysik
Modultitel (englisch)	Laboratory Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“ und Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Mineralogie und Evolution kosmischer Staubpartikel; • Emission, Absorption und Streuung elektromagnetischer Strahlung durch Partikel (Mie-Theorie); • Festkörper-Spektroskopie bei kurzen und langen Wellenlängen sowie tiefen Temperaturen; • Erzeugung und Analytik von Nanopartikeln und anderen Analogmaterialien im Labor; • Quantenmechanische Effekte in Nanoteilchen; • Photolumineszenz; • Erzeugung von Molekül- und Clusterstrahlen; • Absorptionsspektroskopie von Molekülen und Clustern in der Gasphase
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über interstellare und zirkumstellare Medien, • Konzeption von astrophysikalischen Laborexperimenten, • Molekül- und Festkörperspektroskopie, • optische Eigenschaften von Clustern, Nanoteilchen und Festkörperpartikeln
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder benotete Übung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Krügel, The Physics of Dust (IOP)• Henning (Hrsg.), Astromineralogy (Springer)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA010 Einführung in die Radioastronomie	
Modulcode	PAFMA010
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Radioastronomie
Modultitel (englisch)	Introduction to Radio Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. K. Schreyer / Dr. M. Hoeft
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“, Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Radioastronomie, • Überblick über Konzepte, Methoden und Techniken moderner Radioteleskope und -beobachtungen, • Exemplarische Vorstellung aktueller Themen der Forschung mit diesen Teleskopen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung grundlegende Begriffe, Phänomene und Konzepte der Radioastronomie (Submm bis Meterwellenlängen), • Fähigkeiten, eigene Beobachtungen mit einem Radioteleskop vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Besichtigung des SRT Jena und (bei Interesse) eine Exkursion zur Station des Low Frequency Arrays (LOFAR) in Tautenburg

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Rohlfs: „Tools of Radio Astronomy“ (Springer)• Burke, Graham-Smith: „An introduction to radio astronomy“ (Cambridge Univ. Press)• Thompson: „Interferometry and synthesis in radio astronomy“ (Wiley)• Wilson: „Tools of radio astronomy: problems and solutions“ (Springer)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA011 Das Sonnensystem	
Modulcode	PAFMA011
Modultitel (deutsch)	Das Sonnensystem
Modultitel (englisch)	The Solar System
Modul-Verantwortliche/r	Dr. habil. T. Löhne
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik „Vertiefung Astronomie/Astrophysik“ und Lehramt Physik Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	2 SWS Vorlesung 2 SWS Übung
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick und historischer Abriss; • Erdähnliche Planeten; • Kleinkörper: Asteroiden und Kometen; • Sonnenwind und Magnetfelder; • Interplanetares Medium und Meteoroiden; • Oberflächenmodifikationen; • Altersbestimmung; • Gas- und Eisriesen; • Monde und Ringe; • Elementverteilung; • Entwicklung; • Habitabilität und Vergleich mit extrasolaren Systemen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnis der Struktur und Entwicklung des Sonnensystems und seiner Bestandteile; • Verständnis der wesentlichen physikalischen Prozesse, Zusammenhänge, Modelle und Messmethoden; • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen einfacher Aufgaben aus diesen Gebieten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang der Bearbeitung wird zu Beginn des Moduls bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Weissman u.a. (Hrsg.): Encyclopedia of the Solar System (Academic Press)• Encrenaz u.a.: The Solar System (Springer)• Gürtler, Dorschner: Das Sonnensystem (Barth)• de Pater, Lissauer: Planetary Sciences (Cambridge U. Press)• Jones: Discovering the Solar System (Wiley)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA012 Astronomische Spektroskopie	
Modulcode	PAFMA012
Modultitel (deutsch)	Astronomische Spektroskopie
Modultitel (englisch)	Astronomical Spectroscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Hatzes
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für die Studiengänge M. Sc. Physik Vertiefung Astronomie/Astrophysik, Lehramt Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	4 h/Tag Vorlesung 3h/Tag Übung 3h/ Nacht Beobachtung mit 2m Teleskop
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 140 h 50 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Funktion von Teleskopen und Spektrographen • CCD-Detektoren • Beobachtungen mit einem Echelle-Spektrograph und 2m-Teleskop • Echelle Datenreduzierung mit IRAF • Zeitreihenanalyse • Spektrale Klassifikation der Sterne • Häufigkeitsanalysen von Sternspektren • Radialgeschwindigkeitsmessungen • Proposals schreiben
Lern- und Qualifikationsziele	Der Kurs ist ein fortgeschrittener Beobachtungskurs für Masterstudierende und Absolventen, die in der Beobachtungsastronomie arbeiten. Im Mittelpunkt des Kurses steht die Verwendung des 2m-Teleskops und der hochauflösende Spektrograph der Thüringer Landessternwarte Tautenburg. Die Studierenden lernen, wie man spektrale Beobachtungen plant und vorbereitet, die spektralen Beobachtungen mit dem Datenreduktionspaket IRAF reduziert, die Daten analysiert und wissenschaftliche Ergebnisse liefert. Am Ende des Kurses werden die Studierenden in der Lage sein, Beobachtungen an jeder größeren astronomischen Einrichtung auf der ganzen Welt durchzuführen.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	<ul style="list-style-type: none">• Kurs auf grundlegenden astronomischen Beobachtungen• Fortgeschrittene Kurse in der Astronomie• Grundverständnis der stellaren Physik und Atmosphären
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%) Setzt sich zusammen aus Beobachtungsaufgaben und mündlicher Prüfung
Zusätzliche Informationen zum Modul	Der Kurs richtet sich an fortgeschrittene Astronomie-Studenten, die eine Vertiefung in der Astronomie planen. Wird angeboten als Blockveranstaltung über 2 Wochen im April oder September
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• D. Gray "The Observation and Analysis of Stellar Photospheres"• Barnes, Jeanette: A Beginner's Guide to Using IRAF• Massey: A Users Guide to Reducing Echelle Spectra with IRAF (IRAF material can be downloaded from the internet)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMA014 Kosmologie	
Modulcode	PAFMA014
Modultitel (deutsch)	Kosmologie
Modultitel (englisch)	Cosmology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Holger Cartarius
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	14 Erweiterungsfach Lehramt Gymnasium Astronomie: Wahlpflichtmodul 14 Erweiterungsfach Lehramt Regelschule Astronomie: Wahlpflichtmodul 128 M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“ und „Gravitations- und Quantentheorie“: Wahlpflichtmodul 128 B.Sc.Physik (freier Bereich): Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 3 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 75 h 105 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Robertson-Walker-Kosmen; • Friedmansche Weltmodelle; • Kosmologisch relevante astronomische Beobachtungen; • Modelle mit kosmologischer Konstante; • Horizonte; • Inflation; • Thermische Geschichte des frühen Universums; • Strukturbildung.
Lern- und Qualifikationsziele	Der Studierende kennt die Probleme, Methoden und Aussagen der modernen theoretischen und beobachtenden Kosmologie. Er ist in der Lage, aktuelle Fachliteratur verständnisvoll zu lesen und zu den angegebenen Schwerpunkten selbständig Übungsaufgaben zu lösen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Schneider, Extragalaktische Astronomie (Springer);• Harrison: Cosmology (Cambridge University Press);• Goenner: Einführung in die Kosmologie (Spektrum Akademischer Verlag).
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA015 Historische Astronomie	
Modulcode	PAFMA015
Modultitel (deutsch)	Historische Astronomie
Modultitel (englisch)	History of Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“ Wahlpflichtmodul LAG/LAR Astronomie
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	180 h 60 h 120 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Bedeutung der Astronomie als treibende Kraft für die Entwicklung der Physik Praktische (rechnende wie beobachtende) Astronomie von der Steinzeit bis heute • Lernen auf historischen Erkenntniswegen: Replikation von historischen Versuchen, Beobachtungen, Rechnungen, Fehleranalysen sowie Quellenstudium • Möglicherweise Programmierarbeiten
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse der Geschichte der Astronomie • Experimentelle und rechnerische Übungen, Schulung in verschiedenen Denkstilen und Fertigkeiten • Arbeiten mit historischen Daten
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Übungsaufgaben (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben
Zusätzliche Informationen zum Modul	ggf. archäoastronomische Exkursion möglich
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • James Evans: The History and Practise of Ancient Astronomy, 1998 • D. Kelley; E. Milone: Exploring Ancient Skies: A Survey of Ancient and Cultural Astronomy, 2011 • K. Simonyi: Kulturgeschichte der Physik, 2001
Unterrichtssprache	Deutsch, auf Nachfrage Englisch

Modul PAFMA016 Extragalaktik	
Modulcode	PAFMA016
Modultitel (deutsch)	Extragalaktik
Modultitel (englisch)	Extragalactic Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Hatzes
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Einführung in die Astronomie und Physik der Sterne oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/ Astrophysik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Milchstraßensystem: Bestandteile des Sternsystems, Kinematik der Sterne; • Galaxien: Normale und aktive Galaxien, supermassereiche Schwarze Löcher, Galaxienhaufen; • Beobachtende Kosmologie: Entfernungsbestimmung, Supernovae, Gamma-Ray Bursts, Hintergrundstrahlung, Weltmodelle, Dunkle Materie.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der beobachtenden Extragalaktik; • Verständnis extragalaktischer und kosmologischer Phänomene.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	Kann ggfs. als Blockveranstaltung angeboten werden.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Schneider, Extragalaktische Astronomie (Springer), sehr ausführlich, sehr aktuell; • Unsoeld & Baschek, Der neue Kosmos (Springer), sehr ausführlich zu Stellarphysik.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMA098 Aktuelle Forschung in der Astronomie	
Modulcode	PAFMA098
Modultitel (deutsch)	Aktuelle Forschung in der Astronomie
Modultitel (englisch)	Current Research in Astronomy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende, vertiefende Themen aus dem Bereich der Astronomie; • Themen aus aktuellen Bereichen der Forschung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung in ein spezielles Gebiet der Astronomie; • Selbständige Bearbeitung von Übungsaufgaben; • Fähigkeit zur eigenständigen Literaturrecherche.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMA099 Aktuelle Forschung in der Astrophysik	
Modulcode	PAFMA099
Modultitel (deutsch)	Aktuelle Forschung in der Astrophysik
Modultitel (englisch)	Current Research in Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Astronomie/Astrophysik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende, vertiefende Themen aus dem Bereich der Astrophysik; • Themen aus aktuellen Bereichen der Forschung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung in ein spezielles Gebiet der Astrophysik; • Selbständige Bearbeitung von Übungsaufgaben; • Fähigkeit zur eigenständigen Literaturrecherche.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF001 Theoretische Festkörperphysik	
Modulcode	PAFMF001
Modultitel (deutsch)	Theoretische Festkörperphysik
Modultitel (englisch)	Theoretical Solid State Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Botti
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übungen: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Crystal structures and elastic properties of solids; • Electronic properties of crystals; • Approximate methods for electronic band structure; • Semiconductors and defect physics; • P-n junctions; • Microscopic description of charge transport; • Properties of alloys; • Nanostructures and interfaces; • Optical and dielectric properties of solids; • Magnetism and superconductivity.
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers advanced topics of solid state physics, with a specific focus on the theoretical understanding of the properties of electrons in crystals. An effort is made to remain as rigorous as possible in the theoretical and mathematical treatment, while keeping the presentation at an accessible level through the presentation of interesting applications to experiments and advanced technology. After completion of the course the students will master the relation between electronic structure of crystalline solids and their dielectric, optical, transport, magnetic properties.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• N.W. Ashcroft and N.D. Mermin "Solid State Physics";• G. Grosso and G. Pastori Parravicini "Solid State Physics";• C. Kittel "Introduction to Solid State Physics".
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF002 Theorie der Elektronenstruktur	
Modulcode	PAFMF002
Modultitel (deutsch)	Theorie der Elektronenstruktur
Modultitel (englisch)	Electronic Structure Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Botti
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 3 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	130 h
- Selbststudium	110 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Introduction to the many-body problem; Wavefunction-based approaches for electronic structure; Density functional theory; Electronic excitations: beyond density functional theory.
Lern- und Qualifikationsziele	Electronic structure theory is a successful and ever-growing field, shared by theoretical physics and theoretical chemistry, that takes advantage from the increasing availability of high-performance computers. Starting only from the knowledge of the types of atoms that constitute a material (molecule, solid, nanostructure,...) we will learn how to determine without further experimental input, i.e. using only the laws of quantum physics, its structural and electronic properties. The lecture will initiate the students to the state-of-the-art theoretical and computational approaches used for electronic structure calculations. In the practical classes the students will learn through tutorials to use different software for electronic structure simulations. During the last month they will realize a small independent scientific project.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	128 M.Sc. Physik: Spezialisierung „Festkörperphysik/ Materialwissenschaft“
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF003 Solid State Optics	
Modulcode	PAFMF003
Modultitel (deutsch)	Solid State Optics
Modultitel (englisch)	Solid State Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Schmidt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/ Materialwissenschaft“ und „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Electronic, dielectric, and optical properties of solids; • Mueller matrix polarimetry; • Electrooptics and magneto-optics; • Photodetectors and optical systems; • Quantum optics and quantum technologies.
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers basic and advanced topics of solid state optics, with a special focus on the relation between electronic and optical properties. An effort is made to treat electro- and magneto-optical effects and quantum optical effects as rigorous as possible through the Mueller matrix approach and through quantum mechanical approaches, respectively.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulprüfung schriftlich Sommersemester (50%) Modulprüfung schriftlich Wintersemester (50%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF006 Supraleitung	
Modulcode	PAFMF006
Modultitel (deutsch)	Supraleitung
Modultitel (englisch)	Superconductivity
Modul-Verantwortliche/r	apl. Prof. Dr. F. Schmidl
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Experimentalphysik I und II, Festkörper oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für den Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ Wahlpflichtmodul in den Studiengängen M.Sc. Materialwissenschaften und M.Sc. Geowissenschaften. Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Effekte der Supraleitung; • Kenngrößen von Supraleitern; • Josephson-Effekte; • Supraleitende Materialien (Klassen, Struktur, Eigenschaften); • Herstellung (Einkristalle, Massivmaterial, Schichten, Drähte, Bänder); • Modifikation der Materialien (Dotierung, Pinning); • Anwendungen der Supraleitung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe und Konzepte der Supraleitung, supraleitender Materialien und deren Anwendung; • Schaffung anwendungsbereiter Grundkenntnisse; • Befähigung zur selbständigen Weitervertiefung des Faches. • Erlernen wissenschaftlichen Diskutierens
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	aktive Beteiligung an Diskussionen im Seminar und Erstellung einer Hausarbeit
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Hausarbeit und Präsentation (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• W. Buckel, R. Kleiner, Supraleitung, Wiley-VCH, 2012;• P. Seidel (Ed.), Applied Superconductivity, Wiley-VCH, 2015.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF007 Vakuum- und Dünnschichtphysik	
Modulcode	PAFMF007
Modultitel (deutsch)	Vakuum- und Dünnschichtphysik
Modultitel (englisch)	Physics of Vacuum and Thin Films
Modul-Verantwortliche/r	apl. Prof. Dr. F. Schmidl
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Experimentalphysik I und II, Festkörper, Thermodynamik und Statistik oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/ Materialwissenschaft“ Wahlpflichtmodul B.Sc. Physik (freier Bereich)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Vakuumphysik und deren Anwendung in Beschichtungsanlagen; • Vakuumtechnik; • Übersicht der Dünnschichtabscheidungsverfahren; • Physik der Schichtbildungsprozesse und des Schicht-wachstums; • Struktur-Eigenschaftsbeziehungen; • Mechanische und elektrische Eigenschaften; • Dünnschichttechnologien; • Schichtanalytik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe und Konzepte der Vakuum- und Dünnschichtphysik; • Schaffung anwendungsbereiter Grundkenntnisse.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%).

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMF009 Optoelektronik	
Modulcode	PAFMF009
Modultitel (deutsch)	Optoelektronik
Modultitel (englisch)	Optoelectronics
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Dr. F. Schmidl
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ und „Optik“ Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Semiconductors • Optoelectronic devices • Photodiodes • Light emitting diodes • Semiconductor optical amplifier
Lern- und Qualifikationsziele	In this course the student will learn the fundamentals of semiconductor optical devices such as photodiodes, solar cells, LEDs, laser diodes and semiconductor optical amplifiers.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF010 Ionenstrahlphysik	
Modulcode	PAFMF010
Modultitel (deutsch)	Ionenstrahlphysik
Modultitel (englisch)	Ion Beam Modification of Materials
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/ Materialwissenschaft“: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Energieverlust der eingeschossenen Ionen durch nukleare und elektronische Wechselwirkung; Wirkung der übertragenen Energie im Festkörper (z.B. in Halbleitern und Keramiken); Nachweis und Modellierung der Schädenbildung und Amorphisierung; Anwendungsbeispiele.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte zur Ion-Festkörper-Wechselwirkung; • Anwendungen von Ionenstrahlen zur Modifikation von Materialien.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF011 Graphene: Electronic and optical properties	
Modulcode	PAFMF011
Modultitel (deutsch)	Graphene: Electronic and optical properties
Modultitel (englisch)	Graphene: Electronic and optical properties
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. G. Soavi
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	1) Band structure of graphene and the Dirac Hamiltonian 1.1 Crystals in 2D 1.2 Tight binding of single layer graphene 1.3 Graphene field effect devices 1.4 Dirac equation 2) Dirac fermions and relativistic physics 2.1 Anomalous Quantum Hall Effect 2.2 Klein Tunneling 2.3 Effective mass and massless fermions 3) Optical properties 3.1 Phonons and Raman characterization 3.2 Absorption and visibility
Lern- und Qualifikationsziele	We will first derive and study the basic electronic properties of graphene, including the linear electronic band dispersion (Dirac cone) and the ambipolar field effect. Subsequently we will discuss the pioneering experiments (years 2004-2010) that demonstrated the analogy between electrons in graphene and relativistic particles. Finally, we will examine the most relevant linear optical properties (Raman and absorption) of single layer graphene, and how to use them for optical characterization.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben oder Vortrag (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	-
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF015 Nukleare Festkörperphysik	
Modulcode	PAFMF015
Modultitel (deutsch)	Nukleare Festkörperphysik
Modultitel (englisch)	Nuclear Solid State Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Mößbauereffekt; • Positronenvernichtung; • Magnetische Kernresonanz; • Myonen-Spin-Rotation; • Ionenstrahlanalytik
Lern- und Qualifikationsziele	Vertiefte Kenntnisse im Gebiet der Festkörperphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Schatz / Weidinger: „Nukleare Festkörperphysik“.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF016 Nanomaterialien und Nanotechnologie	
Modulcode	PAFMF016
Modultitel (deutsch)	Nanomaterialien und Nanotechnologie
Modultitel (englisch)	Nanomaterials and Nanotechnology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Theorie der Dimensionseffekte, • Elektronenquantisierung, • Einzelelektronen-Transistor, • Synthese von Nanomaterialien, • Charakterisierung von Nanomaterialien, • Materialsysteme: Kohlenstoffnanoröhren, Graphen, magnetische Nanomaterialien, Bionanomaterialien, • Anwendung und Technologie der Nanomaterialien.
Lern- und Qualifikationsziele	Vertiefte Kenntnisse im Gebiet der Festkörperphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	<ul style="list-style-type: none"> • Springer Handbook of Nanotechnology (Editor: B. Bushan), • Basics of Nanotechnology (Wiley, H.G. Rubahn), • Nanophysics and Nanotechnology (Wiley, E.L. Wolf), • Mesoscopic Electronics in Solid State Nanostructures (Wiley, T. Heinzel).
Empfohlene Literatur	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF017 Halbleiterphysik	
Modulcode	PAFMF017
Modultitel (deutsch)	Halbleiterphysik
Modultitel (englisch)	Physics of Semiconductors
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Festkörper oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“ Wahlpflichtmodul im Studiengang B.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Charakteristische Eigenschaften von Halbleitern • Elektronische Eigenschaften • Halbleiter-Statistik • Transport in Halbleitern • pn-Übergang, Bipolare Bauelemente • Unipolare Bauelemente • Herstellung von Halbleitern, Bauelementetechnologie • organische Halbleiter
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Begriffe, Phänomene und Konzepte der Halbleiterphysik • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesen Gebieten.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF018 Quanteninformationstheorie	
Modulcode	PAFMF018
Modultitel (deutsch)	Quanteninformationstheorie
Modultitel (englisch)	Quantum Information Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Quantenmechanik, Lineare Algebra
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 128 B.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 628 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>Vorlesungen Drs. Eilenberger, Steinlechner</p> <ul style="list-style-type: none"> • Basic introduction to quantum optics; • Quantum light sources; • Encoding, • transmission and detection of information with quantum light; • Quantum communication and cryptography; • Quantum communication networks; • Outlook on Quantum metrology and Quantum imaging; <p>Vorlesungen Dr. Sondenheimer</p> <ul style="list-style-type: none"> • Open quantum systems, Density matrix formalism, Generalized measurements, Quantum channels • Superdense coding, quantum teleportation • Entanglement theory • Bell inequalities, CHSH inequalities • Quantum circuits, universal gates • Quantum error correction

Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course will give a basic introduction into the usage of quantum states of light for the exchange of information. It will introduce contemporary methods for the generation of quantum light and schemes that leverage these states for the exchange of information, ranging from fundamental concepts and experiments to state of the art implementations for secure communication networks. The course will also give an outlook to aspects of Quantum metrology and imaging. After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of quantum information exchange and some aspects related to the practical implementation thereof. They will be able to apply their knowledge in the assessment and setup of experiments and devices for applications of quantum information processing.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung grundlegender Kenntnisse zur Übertragung und • Verarbeitung von Information mit Hilfe von Quantensystemen als Informationsträger • Informationstheoretische Beherrschung der Verschränktheit von Quantensystemen
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	<p>128 M.Sc. Physics: Specialization in „Solid state physics / Material science“ or „Gravitation and Quantum Theory“</p> <p>If requested by the participants and agreed on with the responsible teacher, this module can be offered on-site and/or online (hybrid).</p>
Empfohlene Literatur	Literatur wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF019 Einführung in die Materialwissenschaft für Physiker	
Modulcode	PAFMF019
Modultitel (deutsch)	Einführung in die Materialwissenschaft für Physiker
Modultitel (englisch)	Introduction to Material Science for Physicists
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. K. D. Jandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Darstellung materialwissenschaftlicher Grundlagen. • Atomare Struktur und Bindungsarten, • Struktur von Metallen und Keramik und Polymeren, • Störungen im Aufbau von Festkörpern, • Diffusion, • mechanische Eigenschaften von Materialien, • Deformations- und Verstärkungsmechanismen, Versagen
Lern- und Qualifikationsziele	Nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls beherrscht der/die Studierende wichtige grundlegende Begriffe, Phänomene und Verfahren in der Materialwissenschaft bzw. kann diese nennen. Darüber hinaus entwickelt er/sie Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen von Problemen und Aufgaben aus dem Gebiet der Materialwissenschaft
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • William D. Callister Jr, Fundamentals of Materials Science and Engineering – An integrated approach, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York 2009 • Alternativ: Werkstoffe 1 & 2. M. F. Ashby, D. R. H. Jones, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2006
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF020 Oberflächenphysik	
Modulcode	PAFMF020
Modultitel (deutsch)	Oberflächenphysik
Modultitel (englisch)	Surface Science
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Roman Forker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung Festkörperphysik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung wohldefinierter Oberflächen • Geometrische Struktur von Oberflächen • Adsorption, Desorption, Diffusion • Beugungsmethoden • Elektronische Struktur von Oberflächen • Elektronenmikroskopie • Rastersondenmethoden • Elektronenspektroskopie • Optische Spektroskopie
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Kenntnisse der Experimentalphysik, insbesondere der Oberflächenphysik der Festkörper • Erweiterte Kenntnisse der vielfältigen Untersuchungsmethoden zur Oberflächenanalytik und ihrer Anwendungen • Entwicklung der Fähigkeiten zur selbständigen Einarbeitung in anspruchsvolle, methodenübergreifende Themen der aktuellen Forschung auf dem Gebiet Oberflächenphysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung/Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Fauster/Hammer/Heinz/Schneider: Oberflächenphysik, Oldenbourg Verlag, 2013
Unterrichtssprache	Englisch, Deutsch auf Anfrage

Modul PAFMF021 Zweidimensionale Materialien	
Modulcode	PAFMF021
Modultitel (deutsch)	Zweidimensionale Materialien
Modultitel (englisch)	2D materials
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Giancarlo Soavi
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Required elective module M.Sc Physics focus Solid-state physics Required elective module M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Graphene: electrical and optical properties. Applications in electronic and optoelectronic. • Semiconducting 2D materials: Coulomb screening and the concept of excitons. Optical spectroscopy of excitons. Optoelectronic applications. • Heterostructures: electron and exciton interactions in layered heterostructures
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Mastering the basics and methods of two-dimensional materials • Ability to work independently on problems in the field of two-dimensional materials
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	M. I. Katsnelsons, Graphene Carbon in Two Dimensions C. F. Klingshirn, Semiconductor Optics Additional references (journal articles) will be provided during the course
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMF098 Vertiefung Festkörperphysik I	
Modulcode	PAFMF098
Modultitel (deutsch)	Vertiefung Festkörperphysik I
Modultitel (englisch)	Advanced Solid State Physics I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung/Seminar: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Lern- und Qualifikationsziele	Vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft Aktuell: <ul style="list-style-type: none"> • Erzeugung und Analytik von Nanopartikeln im Labor; • Erzeugung von Partikel- und Clusterstrahlen; • Kondensation und Evolution kosmischer Nanopartikel und deren spektrale Eigenschaften, Photolumineszenz; • Astrochemie im interstellaren Medium und planetaren Umgebungen • Materialklassen: Kohlenstoffnanopartikel, Fullerene, Russpartikel, Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Silikate, metallhaltige Silikate, Eispartikel, komplexe molekulare Komponenten
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben oder Vortrag (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMF099 Vertiefung Festkörperphysik II	
Modulcode	PAFMF099
Modultitel (deutsch)	Vertiefung Festkörperphysik II
Modultitel (englisch)	Advanced Solid State Physics II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Ronning
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung/Seminar: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft.
Lern- und Qualifikationsziele	Vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben oder Vortrag (Umfang wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Vortrag (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFM0005 Optical Metrology and Sensing	
Modulcode	PAFM0005
Modultitel (deutsch)	Optical Metrology and Sensing
Modultitel (englisch)	Optical Metrology and Sensing
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Isabelle Staude
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	None
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	628 M.Sc. Photonics: compulsory module 128 MSc. Physics: required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic principles • Wave optical fundamentals • Sensors • Fringe projection, triangulation • Interferometry and wave front sensing • Holography • Speckle methods and OCT • Phase retrieval • Metrology of aspheres and freeform surfaces • Confocal methods
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the main principles of optical measurements and surface metrology.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written examination (100%)
Unterrichtssprache	English

Modul PAFMO006 Introduction to Optical Modeling	
Modulcode	PAFMO006
Modultitel (deutsch)	Introduction to Optical Modeling
Modultitel (englisch)	Introduction to Optical Modeling
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. F. Wyrowski, apl. Prof. Dr. U. W. Zeitner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	None
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	628 M.Sc. Photonics: compulsory module 128 MSc. Physics: required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Concepts of ray tracing; • Modeling and design of lens systems; • Image formation; • Physical properties of lenses and lens materials in optical design; • Image aberrations and methods to avoid them; • Vectorial harmonic fields; • Plane waves; • Fourier transformation and spectrum of plane waves representation; • Concepts of field tracing; • Propagation techniques through homogeneous and isotropic media; • Numerical properties of propagation techniques.
Lern- und Qualifikationsziele	The course aims to show how linear optics is applied for modeling and design of optical elements and systems. In the first part of the lecture we focus on ray-tracing techniques and its application through image formation. Then we combine the concepts with physical optics and obtain field tracing. It enables the propagation of vectorial harmonic fields through optical systems. In practical exercises the students will get an introduction to the use of commercial optics modeling and design software.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Written examination (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• H. Gross, Handbook of Optical Systems Vol.1: Fundamentals of Technical Optics, Wiley-VCH;• L. Mandel and E. Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics;• L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0100 Beschleunigerbasierte moderne Physik	
Modulcode	PAFM0100
Modultitel (deutsch)	Beschleunigerbasierte moderne Physik
Modultitel (englisch)	Accelerator-based Modern Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Th. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundlagen der Atomphysik, Grundlagen der Elektrodynamik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ und „Festkörperphysik/Materialwissenschaften“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS, Übung: 1 SWS or Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Basic concepts of particle accelerators, application of accelerators in basic science and medicine, landmark experiments
Lern- und Qualifikationsziele	Gaining an overview of the various applications of particle accelerators, in particular for basic science, ability to solve exercise and to prepare a presentation
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe von Übungsaufgaben oder Vortrag
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • J. Eichler, • Vorlesungs on Ion-Atom Collisions (Elsevier Science); • W. R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer)
Unterrichtssprache	Englisch (Deutsch auf Anfrage)

Modul PAFM0101 Active Photonic Devices	
Modulcode	PAFM0101
Modultitel (deutsch)	Active Photonic Devices
Modultitel (englisch)	Active Photonic Devices
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Schmidt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in electrodynamics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 40 h 80 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction; • Electro-optical modulation; • Acousto-optical devices; • Magneto-optics and optical isolation; • Integrated lasers; • Non-Linear devices for light generation;
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this course is to give a comprehensive overview about active photonic devices such as switches or modulators. The course starts by a crisp introduction to the most important parameters and physical principles. The lecture will then focus onto real-world devices including the areas of electro-optics, waveguides, acousto-optics, magneto-optics and non-linear optics. During this lecture we will discuss the fundamental principles as well as devices currently employed in photonics. This lecture will provide the students a base for their Master's thesis.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • J. D. Jackson: Electrodynamics; • Yariv: Optical Electronics in Modern Communications; • Born/Wolf: Principles of Optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0102 Analytical Instrumentations	
Modulcode	PAFM0102
Modultitel (deutsch)	Analytical Instrumentations
Modultitel (englisch)	Analytical Instrumentations
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Adriana Szeghalmi, Prof. Dr. Andreas Tünnermann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Atomic and molecular structure • Basics of atomic spectroscopy techniques • Molecular spectroscopy: absorption, emission, vibrational and spectroscopy and microspectroscopy, basics of magnetic resonance spectroscopy • Hardware of spectrometers/ microscopes: light sources, detectors, optics, material point of view • Current applications and relevance in material and life sciences
Lern- und Qualifikationsziele	In this course, the student will learn about analytical methods to investigate structure and composition of matter. Basic principles of atomic and molecular structure will be refreshed towards better understanding experimental analysis techniques such as spectrophotometry, ellipsometry, fluorescence, infrared, Raman, etc. spectroscopy or microscopy. The course will focus on technological aspects of the experimental setup in analytical instrumentations. Modern applications of analytical instrumentations in material and life sciences will be discussed. After successful completion, the student will know their capabilities and limitations.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Atkins: Physical Chemistry (partial)• Lakowicz: Principles of fluorescence spectroscopy (partial)• Selected research publications and technical notes
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0103 Applied Laser Technology I	
Modulcode	PAFM0103
Modultitel (deutsch)	Applied Laser Technology I
Modultitel (englisch)	Applied Laser Technology I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Eggeling, Prof. Dr. R. Heintzmann, Prof. Dr. H. Stafast
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Overview over laser beam applications as a contactless and remote probe (macroscopic and microscopic, cw and ultrafast, dealing with spectroscopy, metrology, sensing, and multi-dimensional microscopy) • Fundamental concepts of related physical and physico-chemical effects <ul style="list-style-type: none"> • Absorption and emission of light (selection rules) • Ultrafast coherent excitation and relaxation (linear and non-linear optical processes) • Light reflection and elastic/inelastic scattering
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • The course covers the fundamentals and concepts of the selected laser applications. • Learning to develop own solutions for challenges in laser applications
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.) Seminarvortrag
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Laser Spectroscopy, W. Demtröder, Springer • Molekülphysik und Quantenchemie, H. Haken u H. C. Wolf, Springer • Lasers in Chemistry, M. Lackner edit., Wiley-VCH 2008
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0104 Applied Laser Technology II	
Modulcode	PAFM0104
Modultitel (deutsch)	Applied Laser Technology II
Modultitel (englisch)	Applied Laser Technology II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Eggeling, Prof. Dr. R. Heintzmann, Prof. Dr. H. Stafast
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> Applied Laser Technology using the laser as a tool (microscopic and macroscopic light-materials' interactions, materials' preparation and modifications.) with the exception of classical laser materials' processing (e.g. cutting, drilling, welding, soldering)
Lern- und Qualifikationsziele	In various selected topics out of the broad field of laser applications, the students should acquire knowledge of laser-material interactions (e.g. atom cooling and optical tweezer), laser induced processes in gases, liquids, and matrices (incl. laser isotope separation), materials' preparation and structuring by ablation, deposition and/or modification.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	R. Paschotta, Encyclopedia of Laser Physics and Technology, Wiley-VCH
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0106 Atomic Physics at High Field Strengths	
Modulcode	PAFM0106
Modultitel (deutsch)	Atomic Physics at High Field Strengths
Modultitel (englisch)	Atomic Physics at High Field Strengths
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Th. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse in Atomphysik und Elektrodynamik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“, "Festkörperphysik/Materialwissenschaften" Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Strong field effects on the atomic structure • Relativistic and QED effects on the structure of heavy ions • X-ray spectroscopy of high-Z ions • Application in x-ray astronomy • Penetration of charged particles through matter • Particle dynamics in of atoms and ions in strong laser fields • Relativistic ion-atom and ion-electron collisions • Fundamental interaction processes • Scattering, absorption and energy loss • Detection methods • Particle creation
Lern- und Qualifikationsziele	The Module provides insight into the basic techniques and concepts in physics related to extreme electromagnetic fields. Their relevance to nowadays applications will be discussed in addition. The Module also introduces the basic interaction processes of high-energy photon and particle beams with matter, including recent developments of high intensity radiation sources, such as free electron lasers and modern particle accelerators. Experimental methods and the related theoretical description will be reviewed in great detail.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• J. Eichler, Lectures on Ion-Atom Collisions (Elsevier Science);• W. R. Leo, Techniques for Nuclear and Particle Physics Experiments (Springer)
Unterrichtssprache	Englisch (Deutsch auf Anfrage)

Modul PAFM0107 Attosecond Laser Physics	
Modulcode	PAFM0107
Modultitel (deutsch)	Attosecond Laser Physics
Modultitel (englisch)	Attosecond Laser Physics
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. A. Pfeiffer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Strong-Field Laser Physics PAFM0266 or equivalent
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics: Required elective module (Specialization in „Optics“) 128 M.Sc. Photonics: Required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Coherent electron dynamics in atoms and molecules; • Strong field effects and ionization; • High harmonic generation and phase matching; • Techniques for attosecond pulse generation; • Transient absorption; • Attosecond quantum optics with few-level quantum models.
Lern- und Qualifikationsziele	The course gives an introduction into the young research field of attosecond physics. Electron dynamics in atoms and molecules on the attosecond time scale (which is the natural timescale for bound electrons) will be discussed, along with modern techniques for attosecond pulse generation and characterization.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	Zenghu Chang, Fundamentals of Attosecond Optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0120 Biomedical Imaging - Ionizing Radiation	
Modulcode	PAFM0120
Modultitel (deutsch)	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation
Modultitel (englisch)	Biomedical Imaging - Ionizing Radiation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. R. Reichenbach, Prof. Dr. E. Förster
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to biomedical and medical imaging systems; • Physical principles behind the design of selected imaging systems; • Technological aspects of each modality; • Spatial and temporal resolution; • Importance of each modality concerning physical, biological and clinical applications.
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course introduces the physical principles, properties and technical concepts of imaging systems as they are applied today in medicine and physics. The focus is laid on the use and application of ionizing radiation, which has always been an important aspect of the application of physics to medicine. Applications and current developments will be presented. After having actively participated the students should demonstrate a critical understanding of the theoretical basis and technologies of these imaging systems and have acquired an appreciation of instrumentation and practical issues with different imaging systems. The course is independent of the course Biomedical Imaging – Non-Ionizing Radiation offered in the 2nd semester and does not require previous participation of that course.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Oppelt, Imaging Systems for Medical Diagnostics: Fundamentals, Technical Solutions and Applications for Systems Applying Ionizing Radiation, Nuclear Magnetic Resonance and Ultrasound, Publicis, 2nd edition, 2006;• P. Suetens, Fundamentals of Medical Imaging, Cambridge University Press; 2nd edition, 2009;• W.R. Hendee, E.R. Ritenour, Medical Imaging Physics, Wiley-Liss, 4th edition, 2002.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0121 Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation	
Modulcode	PAFM0121
Modultitel (deutsch)	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation
Modultitel (englisch)	Biomedical Imaging - Non Ionizing Radiation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. R. Reichenbach, Prof. Dr. E. Förster
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to imaging systems; • Physical principles behind the design of selected biomedical imaging systems, including magnetic resonance imaging, ultrasound imaging; • Technological aspects of each modality; • Importance of each modality concerning physical, biological and clinical applications.
Lern- und Qualifikationsziele	The course introduces physical principles, properties and technical concepts of imaging systems as they are applied today in medicine and physics. The focus is laid on the use and application of non-ionizing radiation, as utilized, e.g., with magnetic resonance imaging or ultrasound imaging. Applications and current developments will be presented. After active participation the students should demonstrate a critical understanding of the theoretical basis and technologies of these imaging systems and have acquired an appreciation of instrumentation and practical issues with different imaging systems. The course is independent of the course Biomedical Imaging – Ionizing Radiation offered in the 3rd semester.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Oppelt. Imaging Systems for Medical Diagnostics: Fundamentals, Technical Solutions and Applications for Systems Applying Ionizing Radiation, Nuclear Magnetic Resonance and Ultrasound, Publicis, 2nd edition, 2006;• J.T. Bushberg et al., The Essential Physics of Medical Imaging, Lippincott Raven, 3rd edition, 2011;• R.W. Brown, Y.-C. N. Cheng, E. M. Haacke, M.R. Thompson, R. Venkatesan, Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design, Wiley, 2nd edition, 2014.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0122 Biophotonics	
Modulcode	PAFM0122
Modultitel (deutsch)	Biophotonics
Modultitel (englisch)	Biophotonics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Heintzmann, Prof. Dr. Ralf Ehrich
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	<p>The Module provides a deep introduction into the multitude of possible linear and non-linear light biological matter interaction phenomena and thus in modern techniques and applications of frequency-, spatially-, and time-resolved bio-spectroscopy. The course presents a comprehensive overview over modern spectroscopic and optical imaging techniques inclusive specific theoretical methodologies to analyze the experimental spectroscopic data to resolve problems in life sciences.</p> <p>The biological part introduces to molecular and cellular properties of living organisms. It explains the basic structures and functions of prokaryotic and eukaryotic cells as well as the most important biochemical substance classes and biochemical pathways where they are involved. Furthermore, basics in microbiology, especially in antimicrobial resistant bacteria will be provided and combined with the introduction of diagnostic principles and selected infectious diseases. Examples for molecular and serological assay and test development and basic methods for diagnostics and epidemiology will be discussed. This sets the stage for biophotonic applications by showing several examples of how biophotonics can help to shed light on biologically and clinically relevant processes.</p> <p>The Module spans aspects of the scientific disciplines chemistry, physics, biology and medicine. The Exercises will be partly calculating examples and partly in the form a seminar talks of the students presenting current research publications.</p> <p>Intended learning outcomes: The aim of this course is to present modern methods in spectroscopy, microscopy, molecular biology, microbiology and imaging dedicated to biological samples. After the course the students will be able to choose and to apply appropriate spectroscopic methods and imaging technologies to resolve special biophotonics problems.</p>
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this course is to present modern methods in spectroscopy, microscopy and imaging dedicated to biological samples. After the course the students will be able to choose and to apply appropriate spectroscopic methods and imaging technologies to resolve special biophotonic problems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Paras N. Prasad, Introduction to Biophotonics • Textbooks on laser spectroscopy, e.g. Demtröder; on quantum mechanics, e.g. Atkins and on optics, e.g. Zinth/Zinth • Jerome Mertz: Introduction to Optical Microscopy, Roberts & Company Publishers, 2010 • Selected chapters of Handbook of Biophotonics (Ed. J. Popp) WILEY
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0129 Computational Imaging	
Modulcode	PAFM0129
Modultitel (deutsch)	Computational Imaging
Modultitel (englisch)	Computational Imaging
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Heintzmann, Dr. Lars Lötgering
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics focus „Optics“: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Programming Lab: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	

Inhalte	<p>Review: Linear Algebra, Calculus, Python</p> <ul style="list-style-type: none"> • Optimization part 1: Continuous (Euler Lagrange) and Discrete (multivariate calculus) • Programming lab: genetic algorithms + Fermat principle • Optimization part 2: nonlinear optimization, regularization, Lagrange multipliers • Optimization part 3: Convex techniques, l1 minimization • Programming lab: single pixel camera • Optimization part 4: Automatic differentiation • Matrix representation of coherent optical systems Programming lab: keras toolbox, optical eigenmodes • Multiple scattering: Born / Rytov series, beam propagation method • Tomographic inversion • Programming lab: Foldy-Lax scattering theory • Phase retrieval part 1: coherent diffraction imaging (CDI) • Phase retrieval part 2: ptychography • Programming lab: hybrid input output, shrink wrap, ptychography • Phase retrieval part 3: Fourier ptychography • Image deconvolution: structured illumination microscopy, pupil engineering • Programming lab: extended depth-of-field systems • Imaging with spatially partially coherent light • Parameter estimation: Fisher information and Cramer Rao lower bound • Programming lab: Coded aperture imaging, resolution assessment, edge responses, modulation transfer function, Fourier ring correlation • Neural networks part 1: Image classification • Neural networks part 2: Image regression • Programming lab: digit recognition, counting red blood cells
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding the interplay between forward and inverse modeling in optical systems. Hands-on programming skills.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	project presentation (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0130 Computational Photonics	
Modulcode	PAFM0130
Modultitel (deutsch)	Computational Photonics
Modultitel (englisch)	Computational Photonics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to the problem – Maxwell's equations and the wave equation; • Free space propagation techniques; • Beam propagation methods applied to problems in integrated optics; • Mode expansion techniques applied to stratified media; • Mode expansion techniques applied to spherical and cylindrical objects; • Multiple multipole technique; • Boundary integral method; • Finite-Difference Time-Domain method; • Finite Element Method; • Computation of the dispersion relation (band structure) of periodic media; • Mode expansion techniques applied to gratings; • Other grating techniques; • Contemporary problems in computational photonics.
Lern- und Qualifikationsziele	The course aims at an introduction to various techniques used for computer based optical simulation. Therefore, the student should learn how to solve Maxwell's equations in homogenous and inhomogeneous media rigorously as well as on different levels of approximation. The course concentrates predominantly on teaching numerical techniques that are useful in the field of micro- and nanooptics.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	Taflove and S.C. Hagness, Computational Electrodynamics
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0131 Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter	
Modulcode	PAFM0131
Modultitel (deutsch)	Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter
Modultitel (englisch)	Fundamental Atomic and Nuclear Processes in Highly Ionized Matter
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Th. Stöhlker
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Atom- und Kernphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“, "Festkörperphysik/Materialwissenschaften" Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS, Excercise: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<p>Vorlesung 1: "X-ray spectroscopy of hot plasmas"</p> <ul style="list-style-type: none"> • basic properties of atomic systems (level structure, transition rates, etc.) • atomic charge-exchange processes in plasmas, charge state distributions • creation of plasmas: facilities for stored and trapped ions • x-ray detectors and techniques for spectroscopy and polarimetry • x-ray diagnosis of plasmas in the laboratory and nature <p>Vorlesung 2: "Nuclear matter and the formation of elements"</p> <ul style="list-style-type: none"> • Properties of nuclear matter • Stability of the atomic nucleus • Nuclear models and masses of atomic nuclei • Nuclear processes related to the creation of the elements • Nuclear radiation and radiation detectors • Experimental techniques
Lern- und Qualifikationsziele	Gaining an overview of experiments addressing astrophysical topics, in particular concerning ionized matter
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die o.g. Vorlesungen werden wechselnd angeboten.
Unterrichtssprache	Englisch (Deutsch auf Anfrage)

Modul PAFM0132 Design and Correction of Optical Systems	
Modulcode	PAFM0132
Modultitel (deutsch)	Design and Correction of Optical Systems
Modultitel (englisch)	Design and Correction of Optical Systems
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse physikalische und geometrische Optik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic technical optics; • Paraxial optics; • Imaging systems; • Aberrations; • Performance evaluation of optical systems; • Correction of optical systems; • Optical system classification; • Special system considerations.
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the fundamental principles of classical optical system design, the performance assessment and the correction of aberrations. In combination of geometrical optics and physical theory the students will learn the basics to understand optical systems, which can be important for experimental work.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0140 Diffractive Optics	
Modulcode	PAFM0140
Modultitel (deutsch)	Diffractive Optics
Modultitel (englisch)	Diffractive Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Wyrowski
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Modeling diffraction of light fields • Diffraction vs. scattering • Diffraction at gratings • Diffractive and Fresnel lens modeling and design • Modeling and design of diffractive beam splitters and diffusers • Modeling of microlens arrays • Modeling and design of cell-oriented diffractive elements • Application and modeling of Spatial Light Modulators (SLM)
Lern- und Qualifikationsziele	Diffractive optics is widely recognized as an important enabling technology in modern optics. The control of light fields by microstructured media, which is the essence of diffractive optics, opens a large number of avenues in optical research and engineering. In this lecture, the basic modeling and design principles of diffractive optics are considered. Various scenarios from different applications are investigated.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • E. Hecht and A. Zajac, Optics • M. Born and E. Wolf, Principles of Optics • J. Turunen and F. Wyrowski, Diffractive Optics for industrial and commercial applications, Akademie Verlag, 1997
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0150 Erneuerbare Energien	
Modulcode	PAFM0150
Modultitel (deutsch)	Erneuerbare Energien
Modultitel (englisch)	Renewable Energies
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physik: Wahlpflichtmodul 128 M.Sc. Photonics: Wahlpflichtmodul 128 LA Regelschule Physik: Wahlpflichtmodul 128 LA Gymnasium Physik: Wahlpflichtmodul
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Basics of energy supply in Germany; Potential of renewable energies; Principles of the energy balance of planets Thermodynamics of the atmosphere; Physics of wind energy systems; Elements of solar power generation.
Lern- und Qualifikationsziele	Teaching of knowledge on the fundamentals of renewable energies. Development of skills for the independent evaluation of different types of renewable energies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Zusätzliche Informationen zum Modul	128 M.Sc. Physik: Spezialisierung „Optik“
Empfohlene Literatur	Gasch, Twele: Windkraftanlagen; De Vos: Thermodynamics of Solar Energy Conversion.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch auf Nachfrage

Modul PAFM0151 Experimental Nonlinear Optics	
Modulcode	PAFM0151
Modultitel (deutsch)	Experimental Nonlinear Optics
Modultitel (englisch)	Experimental Nonlinear Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	-
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	-
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	-
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics: Required elective module 128 M.Sc. Photonics: Required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Propagation of light in crystals; • Properties of the non-linear susceptibility tensor; • Description of light propagation in non-linear media; • Parametric effects; • Second harmonic generation; • Phase-matching; • Propagation of ultrashort pulses; • High-harmonic generation; • Solitons
Lern- und Qualifikationsziele	This course gives an introduction to optics in non-linear media and discusses the main non-linear effects.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	-
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	128 M.Sc. Physics: Required elective module (Specialization in „Optics“)

Empfohlene Literatur	A list of Literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0160 Fiber Optics	
Modulcode	PAFM0160
Modultitel (deutsch)	Fiber Optics
Modultitel (englisch)	Fiber Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Schmidt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Properties of optical fibers; • Light propagation in optical fibers; • Technology and characterization techniques; • Special fiber types (photonic crystal fibers, hollow fibers, polarization maintaining fibers); • Fiber devices (e.g. fiber amplifiers and lasers); • Applications
Lern- und Qualifikationsziele	This course introduces properties of different types of optical fiber waveguides. Applications of optical fibers and optical sensing will be discussed.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Snyder/Love, Optical Waveguide Theory; • Okamoto, Fundamentals of Optical Waveguides.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0165 Grundlagen der Laserphysik	
Modulcode	PAFM0165
Modultitel (deutsch)	Grundlagen der Laserphysik
Modultitel (englisch)	Fundamentals of Laser Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. J. Limpert, Dr. Jan Rothhardt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse in Quantenmechanik sowie Atom- und Molekülphysik, bspw. Module PAFBT411, PAFBE311.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Laserprinzip und wesentliche Lasertypen; • Pumpkonzepte und optische Verstärkung; • stabile und instabile Resonatoren; • Einfrequenzlaser; • Ultrakurzpuls laser; • wesentliche Lasertypen und ihre Merkmale.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Phys. Grundlagen der Absorption und Emission; • Inversion/optische Verstärkung; • Konzepte zur Erzeugung kohärenten Lichts; • Laserprinzip; • Grundprinzipien der nichtlinearen Optik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Optik, Licht und Laser, D. Meschede; • Lasers, T. Siegman; • Laser, F. K. Kneubühl; • Laser – Grundlagen, Systeme, Anwendungen, J. und H.-J. Eichler, Springer; • Laser Spectroscopy, W. Demtröder.

Unterrichtssprache	Deutsch
--------------------	---------

Modul PAFM0170 High-Intensity/Relativistic Optics	
Modulcode	PAFM0170
Modultitel (deutsch)	High-Intensity/Relativistic Optics
Modultitel (englisch)	High-Intensity/Relativistic Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • High-intensity laser technology; • Laser plasma physics; • Laser accelerated particles and applications.
Lern- und Qualifikationsziele	The interaction of high intensity light fields with matter is the subject of this course. The students should learn the basic ideas of high intensity laser technology and its applications.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • W. L. Kruer, The Physics of Laser Plasma Interactions, Westview press (2003), Boulder Colorado; • P. Gibbon, Short Pulse Laser Interactions with Matter, Imperial College Press (2005), London; • F. F. Chen, Introduction to Plasma Physics and Controlled Fusion, Vol. 1: Plasma Physics, Springer (1984).
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0171 Geschichte der Optik	
Modulcode	PAFM0171
Modultitel (deutsch)	Geschichte der Optik
Modultitel (englisch)	History of Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielman, Dr. C. Forstner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 30 h 90 h
Inhalte	The seminar covers the history of optics from the antiquity to the 20th century: Starting with Greek theories of vision and ending with quantum optics. A strong focus will be given on the development of concepts and experiments that influenced today's thinking about light and optics, such as wave particle dualism or the Abbe diffraction limit. An excursion to the Jena's Optical Museum is part of the seminar.
Lern- und Qualifikationsziele	In close collaboration with the supervisor, the student will work on an independent project. The students will develop the ability to evaluate critically the arguments and analytical methods of historians. They will learn developing their own interpretations based on critical assessments of primary source evidence and independent research.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Scientific Talk (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • David C. Lindberg, Theories of Vision from al Kindi to Kepler. Chicago: University of Chicago Press, 1976. • Olivier Darrigol, A History of Optics: From Greek Antiquity to the Nineteenth Century. Oxford: Oxford University Press, 2012. • Helge Kragh, Quantum Generations: A History of Physics of the Twentieth Century. Princeton: Princeton University Press, 1999.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFM0180 Image Processing	
Modulcode	PAFM0180
Modultitel (deutsch)	Image Processing
Modultitel (englisch)	Image Processing
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Joachim Denzler
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Digital image fundamentals (Image Sensing and Acquisition, Image Sampling and Quantization) • Image Enhancement in the Spatial Domain (Basic Gray Level Transformations, Histogram Processing, Spatial Filtering) • Image Enhancement in the Frequency Domain (Introduction to the Fourier-Transform and the Frequency Domain, Frequency Domain Filtering, Homomorphic Filtering) • Image Restoration (Noise Models, Inverse Filtering, Geometric Distortion) • Color Image Processing Image Segmentation (Detection of Discontinuities, Edge Linking and Boundary Detection, Thresholding, Region-Based Segmentation) • Representation and Description Applications
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers the fundamentals of digital image processing. Based on this the students should be able to identify standard problems in image processing to develop individual solutions for given problems and to implement image processing algorithms for use in the experimental fields of modern optics.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	Gonzalez, Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 2001
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0181 Image Processing in Microscopy	
Modulcode	PAFM0181
Modultitel (deutsch)	Image Processing in Microscopy
Modultitel (englisch)	Image Processing in Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Heintzmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	All the image processing and simulations will be practiced in exercises. The student needs to be familiar with programming at a basic level and with basic concepts of image processing such as filtering and thresholding. The Image Processing lecture by Prof. Denzler in the second term forms a good basis for this course.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	We will show different methodologies to extract specific information such as for example the average speed of diffusing particles or the locations and areas of cells from the multidimensional image data. Also fitting quantitative models to extracted data will be treated. Simulation of far-field intensity distribution by using simple Fourier-space based approaches is treated with and without considering the vectorial nature of the oscillating electro-magnetic field.
Lern- und Qualifikationsziele	Current microscopy often acquires a large amount of image data from which the biological or clinical researcher often needs to answer very specific questions. A major topic is the reconstruction of the sample from the acquired, often complex, microscopy data. To solve such inverse problems, a good model of the data acquisition process is required, ranging from assumptions about the sample (e.g. a positive concentration of molecules per voxel), assumptions about the imaging process (e.g. the existence of an incoherent spatially invariant point spread function) to modeling the noise characteristics of the detection process (e.g. read noise and photon noise).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Unterrichtssprache	Englisch, Deutsch auf Nachfrage
--------------------	---------------------------------

Modul PAFM0182 Imaging and Aberration Theory	
Modulcode	PAFM0182
Modultitel (deutsch)	Imaging and Aberration Theory
Modultitel (englisch)	Imaging and Aberration Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in geometrical and physical optics.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Paraxial imaging; • Basics of optical systems; • Eikonal theory; • Geometrical aberrations, representations, expansion; • Detailed discussion of primary aberrations; • Sine condition, isoplanatism, afocal cases; • Wave aberrations and Zernike representation; • Miscellaneous aspects of aberration theory.
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the fundamental principles of classical optical imaging and aberration theory of optical systems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0183 Introduction to Nanooptics	
Modulcode	PAFM0183
Modultitel (deutsch)	Introduction to Nanooptics
Modultitel (englisch)	Introduction to Nanooptics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. I. Staude, Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Fundamental knowledge on modern optics and condensed matter physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Surface-plasmon-polaritons; • Plasmonics; • Photonic crystals; • Fabrication and optical characterization of nanostructures; • Photonic nanomaterials / metamaterials / metasurfaces; • Optical nanoemitters; • Optical nanoantennas.
Lern- und Qualifikationsziele	The course provides an introduction to the broad research field of nanooptics. The students will learn about different concepts which are applied to control the emission, propagation, and absorption of light at subwavelength spatial dimensions. Furthermore, they will learn how nanostructures can be used to optically interact selectively with nanoscale matter, a capability not achievable with standard diffraction limited microscopy. After successful completion of the course the students should be capable of understanding present problems of the research field and should be able to solve basic problems using advanced literature.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Keine

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Module mark (100%) Consists of a written examination and an oral presentation on a current research topic.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics, Cambridge 2006;• P. Prasad, Nanophotonics, Wiley 2004;• J. D. Joannopoulos, S. G. Johnson, J. N. Winn, R. D. Meade, Photonic Crystals – Molding the Flow of Light, Princeton University Press (2008)• list of selected journal publications given during the lecture.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0184 Integrated Quantum Photonics	
Modulcode	PAFM0184
Modultitel (deutsch)	Integrated Quantum Photonics
Modultitel (englisch)	Integrated Quantum Photonics
Modul-Verantwortliche/r	Dr. M. Gräfe, Dr. V. Gili, Prof. Dr. T. Pertsch
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics focus „Optics“: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>The lecture will cover a significant part of integrated quantum photonics, which is one of the pillars of the current quantum technology development. In particular, the lecture will cover the following topics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integrated optics on a single photon level • Generation and manipulation of quantum states of light using integrated waveguides • Overview over integrated photonic platforms and fabrication of passive and active waveguide structures • Quantum walks in linear and non-linear waveguide lattices • Introduction to photonic quantum computation and simulation • Measurements using superconducting nanowire single photon detectors and transition edge sensors

Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course should provide the participating students with a profound knowledge on the state of the art of integrated optics used for the realization of quantum optical devices.</p> <p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of integrated quantum photonics and will be able to develop own concepts for integrated quantum circuitry.</p> <p>The intended learning outcome is that the students are introduced to the basics on the field of integrated quantum optics and its applications. Therefore, course starts with an overview on the generation of non-classical states of light with special attention on integrated solutions. Afterwards several integrated photonic platforms will be discussed ranging from fabrication to performance and useability.</p> <p>Based on that the on-chip manipulation of non-classical states of light will be discussed. This starts with the very general concept of quantum walks and continues towards quantum simulation. It ends with an introductory to photonic quantum computing with a clear focus on practical implementation of quantum photonic gate structures.</p> <p>The course closes with the discussion on non-classical light detection in integrated photonics.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Written or oral examination (100%)</p> <p>The form of the exam will be announced at the beginning of the semester.</p>
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0185 Innovation Methods in Physics	
Modulcode	PAFM0185
Modultitel (deutsch)	Innovation Methods in Physics
Modultitel (englisch)	Innovation Methods in Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics focus „Optics“: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Rapid prototyping technologies in photonics <ul style="list-style-type: none"> • Innovation management and design thinking • Hands-on/practical examples of photonics prototyping • Entrepreneurial skills and business modelling • Basics of intellectual property rights
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The students will learn how the results of their scientific research can be turned into relevant innovations as an important part of their future career. On the one hand, the course will enable students to understand and to drive innovation processes in photonics companies. On the other hand, students will develop an entrepreneurial skill set for the independent economical exploitation of scientific ideas.</p> <p>Therefore, the course introduces the basic knowledge on innovation management, entrepreneurship, and intellectual property rights. To practice their skills, the students will also conduct their own photonics innovation project during the semester by working hands-on in small teams in the photonics makerspace Lichtwerkstatt. During this practical part, they acquire and apply a thorough knowledge of photonic rapid prototyping technologies (e.g. 3d- scanning and printing, laser cutting, microcontrollers, ...) and the most important creativity methods and project management skills. To cover this range of topics, the course will be supported by guest lecturers from different sectors (academia, industry).</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Presentation (30%), Short Project Report (30%), written examination (40%).
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.

Unterrichtssprache	English
--------------------	---------

Modul PAFMO200 Laser Driven Radiation Sources	
Modulcode	PAFMO200
Modultitel (deutsch)	Laser Driven Radiation Sources
Modultitel (englisch)	Laser Driven Radiation Sources
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Matt Zepf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in electrodynamics and plasma physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Laser Plasma Interactions • Principles of Plasma Accelerators • Ultrafast Photon Sources • Scattering of photons from particle beams
Lern- und Qualifikationsziele	The course introduces the basic interaction processes of high-energy lasers with plasmas and particle beams with a particular emphasis on the extremely intense sources of proton, electron and photons with pulse durations in the femtosecond regime.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	presentation and/or oral examination (100%)
Empfohlene Literatur	Gibbon, Short Pulse Laser Interactions with Matter
Unterrichtssprache	Englisch/Deutsch auf Nachfrage

Modul PAFMO201 Laser Engineering	
Modulcode	PAFMO201
Modultitel (deutsch)	Laser Engineering
Modultitel (englisch)	Laser Engineering
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Malte Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Elektrodynamik und Laserphysik
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h - Präsenzstunden 45 h - Selbststudium 75 h (einschl. Prüfungsvorbereitungen)
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • origin and dependencies of absorption and emission cross sections • Ytterbium based laser media • design of laser diode pump engines, • special topics in geometrical optics for amplifier design • basic calculations for layout of diode pumped high energy amplifiers • Ytterbium based laser materials and cryogenic cooling • limitations and special topics (laser induced damage threshold (LIDT), amplified spontaneous emission (ASE) ...)
Lern- und Qualifikationsziele	This is an application oriented course focusing on topics needed for development and design of diode pumped high energy class laser systems. Besides general topics the main part of this lecture is dedicated to ytterbium based laser systems. Besides basic knowledge like the spectral properties of laser materials and their significance for a laser system, further key topics like laser induced damage thresholds, laser diode pump engines, modeling of amplification and amplified spontaneous emission will be discussed.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Koechner, W. (2013). Solid-state laser engineering (Vol. 1). Springer.• Träger, F. (Ed.). (2012). Springer handbook of lasers and optics. Springer Science & Business Media.• Wood, R. M. (2003). Laser-induced damage of optical materials. CRC Press.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO203 Lens Design I	
Modulcode	PAFMO203
Modultitel (deutsch)	Lens Design I
Modultitel (englisch)	Lens Design I
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse geometrische und physikalische Optik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction and user interface; • Description and properties of optical systems; • Geometrical and wave optical aberrations; • Optimization; • Imaging simulation; • Introduction into illumination systems; • Correction of simple systems; • More advanced handling and correction methods.
Lern- und Qualifikationsziele	This course gives an introduction in layout, performance analysis and optimization of optical systems with the software Zemax.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO204 Lens Design II	
Modulcode	PAFMO204
Modultitel (deutsch)	Lens Design II
Modultitel (englisch)	Lens Design II
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gross
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Abbildungsfehler und optische Systeme
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Paraxial imaging and basic properties of optical systems; • Initial systems and structural modifications; • Chromatical correction; • Aspheres and freeform surfaces; • Optimization strategy and constraints; • Special correction features and methods; • Tolerancing and adjustment.
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the advanced principles of the development of optical systems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO205 Light Microscopy	
Modulcode	PAFMO205
Modultitel (deutsch)	Light Microscopy
Modultitel (englisch)	Light Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Rainer Heintzmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<p>Starting from geometrical optics the imaging system will be described and optical aberrations will be discussed. Moving on to wave optics monochromatic waves will be taken as the basis for the description of coherent imaging. Combined with scattering theory in the 1st Born approximation a fundamental understanding of the possibilities and limitations in imaging is gained. The concept of the amplitude transfer function and McCutchens 3-dimensional pupil function are introduced. On this basis various coherent imaging modes are discussed including holographic approaches and their limitations, and optical coherent tomography.</p> <p>The working principles of light-detectors are discussed and the requirements for appropriate sampling of images.</p> <p>Finally various modes of fluorescence microscopy and high-resolution microscopy will be covered.</p> <p>The exercises will be calculating examples, also involving hands-on computer based modeling using Matlab and other tools.</p>
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding of the working principles of modern light microscopes and microscopic methods ranging from standard methods to modern superresolution techniques.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0206 Light Source Modeling	
Modulcode	PAFM0206
Modultitel (deutsch)	Light Source Modeling
Modultitel (englisch)	Light Source Modeling
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Wyrowski
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Special cases of monochromatic fields • Gaussian beams and its propagation • Electromagnetic coherence theory; cross spectral density • Cross spectral density and polarization matrices • Stokes vectors and Mueller matrix • Mode decomposition of general source fields • Elementary mode decomposition • System modeling with partially coherent source fields • System modeling with ultrashort pulses • All techniques are demonstrated at hands-on examples
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The application and usage of optical technologies benefit significantly from the ever growing variety of light sources with different characteristics and reasonable prices. LEDs, lasers and laser diodes have become indispensable in numerous applications and devices. Ultrashort pulses are on the way to industrial and medical applications. X-ray sources are of increasing importance. All those sources require a suitable approach in optical modeling and design. The students will get a comprehensive overview of different source modeling techniques of practical importance in optical modeling and design.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• E. Hecht and A. Zajac, Optics• M. Born and E. Wolf, Principles of Optics• L. Mandel and E. Wolf, Optical Coherence and Quantum Optics• B.E.A. Saleh and M.C. Teich, Fundamentals of Photonics
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0220 Micro/Nanotechnology	
Modulcode	PAFM0220
Modultitel (deutsch)	Micro/Nanotechnology
Modultitel (englisch)	Micro/Nanotechnology
Modul-Verantwortliche/r	Apl. Prof. Uwe Zeitner
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • demands of micro- and nano-optics on fabrication technology • basic optical effects of micro- and nano-structures and their description • typical structure geometries in micro- and nano-optics • coating technologies • lithography (photo-, laser-, electron-beam) and its basic physical principles • sputtering and dry etching • special technologies (melting, reflow, ...) • applications and examples
Lern- und Qualifikationsziele	In this course the student will learn about the fundamental fabrication technologies which are used in microoptics and nanooptics. This includes an overview of the physical principles of the different lithography techniques, thin film coating and etching technologies. After successful completion of the course the students should have a good overview and understanding of the common technologies used for the fabrication of optical micro- and nano-structures. They know their capabilities and limitations.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0221 Microscopy	
Modulcode	PAFM0221
Modultitel (deutsch)	Microscopy
Modultitel (englisch)	Microscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Heintzmann, Prof. Dr. C. Eggeling
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Optical microscopy • Circumventing the resolution limit • Electron microscopy • Atomic force microscopy
Lern- und Qualifikationsziele	This Module provides an introduction into the fundamentals of modern light and electron microscopy.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0222 Moderne Methoden der Spektroskopie	
Modulcode	PAFM0222
Modultitel (deutsch)	Moderne Methoden der Spektroskopie
Modultitel (englisch)	Modern Methods of Spectroscopy
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Kenntnisse auf dem Gebiet der Optik, Atomphysik, Laserphysik.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen Licht-Materie-Wechselwirkung; • Experimentelle Hilfsmittel der Spektroskopie; • Laserspektroskopie; • Zeitaufgelöste Spektroskopie; • Laserkühlung; • THz- und Röntgenspektroskopie; • Photoelektronspektroskopie; • Anwendungen von Laserspektroskopie in Physik, Chemie, Medizin.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Methoden der Spektroskopie basierend auf neuen Entwicklungen in der Optik; • Vermittlung von Wissen über Auslegung eines spektroskopischen Experiments ; • Befähigung zum selbstständigen Lösen spektroskopischer Fragestellungen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Seminar.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFMO230 Nano Engineering	
Modulcode	PAFMO230
Modultitel (deutsch)	Nano Engineering
Modultitel (englisch)	Nano Engineering
Modul-Verantwortliche/r	Dr. Stephanie Höppener, Prof. Dr. Ulrich S. Schubert
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Building with Molecules • Self-organization and self-assembled coatings • Chemically sensitive characterization methods • Nanomaterials for optical applications • Nanowires and nanoparticles • Nanomaterials in optoelectronics • Bottom-up synthesis strategies and nanolithography • Polymers and self-healing coatings • Molecular motors • Controlled polymerization techniques

Lern- und Qualifikationsziele	<p>A large diversity of nanomaterials can be efficiently produced by utilizing chemical synthesis strategies. The wide range of nanomaterials, i.e., nanoparticles, nanotubes, micelles, vesicles, nanostructured phase separated surface layers etc. opens on the one hand versatile possibilities to build functional systems, on the other hand also the large variety of techniques and processes to fabricate such systems is also difficult to overlook.</p> <p>Traditionally the communication in the interdisciplinary field of nanotechnology is difficult, as expertise from different research areas is combined. This course aims on the creation of a common basic level for communication and knowledge of researchers of different research fields and to highlight interdisciplinary approaches which lead to new fabrication strategies. The course includes basic chemical synthesis strategies, molecular self-assembly processes, chemical surface structuring, nanofabrication and surface chemistry to create a pool of knowledge to be able to use molecular building blocks in future research projects.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben/kleinen Tests (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • G. Cao, Nanostructures & Nanomaterials: Synthesis, Properties & Applications, Imperial College Press, 2004 • G.A. Ozin, A.C. Arsenault, L. Cademartiri, A Chemical Approach to Nanomaterials, Royal Soc. Of Chemistry, 2nd Ed., 2009 • L.F. Chi, Nanotechnology Vol. 8 Nanostructured Surfaces, Wiley-VCH, 2010
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0231 Nonlinear Dynamics in Optical Systems	
Modulcode	PAFM0231
Modultitel (deutsch)	Nonlinear Dynamics in Optical Systems
Modultitel (englisch)	Nonlinear Dynamics in Optical Systems
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. U. Peschel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in electrodynamics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Non-Linear dynamics in optical fibers and waveguides • Solution of non-linear partial differential equations • Solitons and collapse in optical systems • Super continuum generation
Lern- und Qualifikationsziele	Understanding the theoretical fundamentals of non-linear dynamics in optical systems
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Agrawal, Govind P. Non-Linear optics • Moloney, Jerome V., Newell Alan C., Non-Linear Optics • Y.S.Kivshar and G.Agrawal, Optical Solitons: From Fibers to Photonic Crystals
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch auf Anfrage

Modul PAFM0242 Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids	
Modulcode	PAFM0242
Modultitel (deutsch)	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids
Modultitel (englisch)	Optics for Spectroscopists: Optical Waves in Solids
Modul-Verantwortliche/r	Dr. habil. Thomas Mayerhöfer
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Reflection and Refraction at anisotropic interfaces (Yeh's formalism, Berreman formalism, special cases, Euler orientation representations, example spectra etc.) • Dispersion relations in isotropic and anisotropic crystals (Lorentz-model, coupled oscillator model, semi-empirical 4-Parameter model, inverse dielectric function modelling etc.) • Dispersion analysis of crystals and layered systems down to triclinic symmetry and, ultimately, without prior knowledge of orientation; • consequences for randomly-oriented or partly-oriented systems.
Lern- und Qualifikationsziele	The students will acquire an understanding how the optical properties of anisotropic materials are connected with the material properties and how they depend on frequency. The final goal is to be able to quantitatively understand and analyze spectral patterns of crystals and layers of arbitrary symmetry and orientation.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Optical Waves in Layered Media, Pochi Yeh, Wiley, 2005 • Absorption and Scattering of Light by Small Particles Craig F. Bohren, Donald R. Huffman, 1998 • The Infrared spectra of minerals, Victor Colin Farmer, Mineralogical Society, 1974
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0250 Particles in Strong Electromagnetic Fields	
Modulcode	PAFM0250
Modultitel (deutsch)	Particles in Strong Electromagnetic Fields
Modultitel (englisch)	Particles in Strong Electromagnetic Fields
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Matt Zepf, Dr. Sergey Rykavanov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Elektrodynamik und spezielle Relativitätstheorie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Electrons in constant fields • Electrons in electromagnetic pulses • Radiation produced by particles in extreme motion • Radiation reaction • QED effects in strong laser fields
Lern- und Qualifikationsziele	This course is devoted to the dynamics of charged particles in electromagnetic fields. Starting with motion of electrons in constant magnetic and electric fields, the course continues with the electron motion in electromagnetic pulses (i.e. laser pulses) of high strength (i.e. when laser pressure becomes dominant). Radiation produced by electrons in extreme motion will be calculated for several most important cases: synchrotron radiation, Thomson scattering, undulator radiation. Effects of radiation reaction on electron motion will be discussed. The last part of the course will briefly discuss the QED effects in strong laser fields: stochasticity in radiation reaction, pair production by focused laser pulses and QED cascades. Analytical framework will be complemented with the help of numerical calculations.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Präsentation oder mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• J.D. Jackson, Classical Electrodynamics• L.D. Landau and E.M. Lifshitz, Classical Theory of Fields• P. Gibbon, Short Pulse Laser Interactions with Matter• G.A. Mourou, T. Tajima, and S.V. Bulanov, Optics in the relativistic regime, Reviews of Modern Physics, 78, 309 (2006)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0251 Physical Optics Design	
Modulcode	PAFM0251
Modultitel (deutsch)	Physical Optics Design
Modultitel (englisch)	Physical Optics Design
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Frank Wyrowski
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Fundamentals of Modern Optics and Introduction to Optical Modeling and Design oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Concept of physical optics modeling by field tracing • Geometric field tracing by smart rays. • Design as an inverse field propagation problem • System design in the functional embodiment • Design of lens systems for laser sources • Design of systems for light shaping by holographic optical elements and freeform surfaces • Inclusion of partially coherent and polychromatic light; multiplexing • Optimization of coatings and gratings in structure design • Applications in laser optics, wavefront engineering, and lighting
Lern- und Qualifikationsziele	Optical design is typically based on ray optics. It is discussed when the ray approach fails and a physical optics based concept can be used to tackle such situations. Moreover, physical optics provides very powerful concepts in system design, since the design tasks are formulated in terms of fields which enables access to all parameters of concern in design. Various examples from different applications are investigated to illustrate and demonstrate theoretical results.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• E. Hecht and A. Zajac, Optics• M. Born and E. Wolf, Principles of Optics• R.E. Fischer and B. Tadic-Galeb, Optical System Design• J. Turunen and F. Wyrowski, Diffractive Optics for industrial and commercial applications, Akademie Verlag, 1997
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0252 Physical Optics Modeling	
Modulcode	PAFM0252
Modultitel (deutsch)	Physical Optics Modeling
Modultitel (englisch)	Physical Optics Modeling
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. F. Wyrowski
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse optische Modellierung und optisches Design
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to field tracing; • Diffraction integrals, free space propagation; • Propagation through plane interfaces and stratified media; • Propagation through gratings; • Mie theory; • Geometric field tracing; • Thin element approximation; • Propagation through lenses and refractive freeform surfaces; • Propagation through diffractive lenses and computer-generated holograms; • Modeling combined surfaces (refractive + microstructures); • All techniques are demonstrated at hands-on examples.
Lern- und Qualifikationsziele	Physical optics modeling deals with the solution of Maxwell's equations for different types of optical components. On its basis, a source field can be propagated through a system by the concept of field tracing. The students will get an introduction to field tracing and a comprehensive overview of different modeling techniques of practical importance in optical modeling and design.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• E. Hecht and A. Zajac, Optics;• M. Born and E. Wolf, Principles of Optics;• L. Novotny and B. Hecht, Principles of Nano-Optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0253 Physics of Free-Electron Laser	
Modulcode	PAFM0253
Modultitel (deutsch)	Physics of Free-Electron Laser
Modultitel (englisch)	Physics of Free-Electron Laser
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • physical foundations of X-ray lasers • undulators • FEL differential equation • Instrumentation • selected applications
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The student understands the physical foundations, instrumentation, and selected applications of FELs.</p> <p>Acquisition of the competence to judge the applicability and significance of FELs to address problems in X-ray physics.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Schmüser et al.: Ultra-violet and Soft X-ray Free-Electron Lasers
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0254 Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation	
Modulcode	PAFM0254
Modultitel (deutsch)	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation
Modultitel (englisch)	Physics of Ultrafast Optical Discharge and Filamentation
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Christian Spielmann, Dr. Daniil Kartashov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • physics of photoionization • optical breakdown • basics of plasma kinetics • LIBS Laser induced breakdown spectroscopy • physics of filamentation • applications: LIDAR, lightning discharge, supercontinuum generation
Lern- und Qualifikationsziele	In a selected number of topics out of the broad field of high power laser matter interactions the students should acquire knowledge of ionization, plasma kinetics, filamentation and applications in spectroscopy metrology and atmospheric science.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0255 Plasma Physics	
Modulcode	PAFM0255
Modultitel (deutsch)	Plasma Physics
Modultitel (englisch)	Plasma Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Kaluza
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Elektrodynamik und Laserphysik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentals of plasma physics; • Single particle and fluid description of plasmas; • Waves in plasmas; • Interaction of electromagnetic radiation with plasmas; • Plasma instabilities; • Non-linear effects (shock waves, parametric instabilities, ponderomotive effects, ...).
Lern- und Qualifikationsziele	This course offers an introduction to the fundamental effects and processes relevant for the physics of ionized matter. After actively participating in this course, the students will be familiar with the fundamental physical concepts of plasma physics, especially concerning astrophysical phenomena but also with questions concerning the energy production based on nuclear fusion in magnetically or inertially confined plasmas.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• F. Chen: Plasma Physics and Controlled Fusion, Plenum Publishing Corporation, New York (1984);• J. A. Bittencourt: Fundamentals of Plasma Physics, Springer, New York (2004);• U. Schumacher: Fusionsforschung, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1993).
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0256 Photovoltaik	
Modulcode	PAFM0256
Modultitel (deutsch)	Photovoltaik
Modultitel (englisch)	Physics of Photovoltaics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Gerhard G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung Optik, Vertiefung Festkörperphysik Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Pertinent elements of thermodynamics and statistical mechanics (diffusion, Boltzmann factor, free energy) • Fundamental concepts of solid state physics • Semiconductors and pn-junction • Diode equation • Shockley-Queisser limit • Design criteria for solar cells
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Profound understanding of the physics underlying the performance of solar cells • Development of an understanding of the role of photovoltaics for covering the energy demand of modern societies. • Capability to solve complex problems pertinent to solar cells
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0257 Physical Optics	
Modulcode	PAFM0257
Modultitel (deutsch)	Physical Optics
Modultitel (englisch)	Physical Optics
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. C. Franke
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	None
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Required elective Module M.Sc. Physics focus "Optics" Required elective Module M.Sc. Photonics Compulsory Module M.Sc. Medical Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 2 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Wave optics, light propagation • Diffraction, slit, PSF, aberrations • Coherence, temporal and spatial, OCT, speckle • Laser, resonators, laser beams, pulses • Gaussian beams, propagation, generalizations, Schell beams • Fourier optics, resolution, image formation, OTF, criteria • Quality criteria of imaging • PSF engineering, superresolution, extended depth of focus • Confocal methods, laser scanning, metrology • Polarization, fundamentals, Jones vectors, birefringence • Photon optics, uncertainty, statistics • Scattering, surfaces, volume models, tissue optics • Miscellaneous, coatings, non-linear optics, short pulses
Lern- und Qualifikationsziele	The course covers the basic understanding of physical optical subjects in the context of optical systems.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Parts of the lectures are given by a Dr. B. Böhme / C. Zeiss and M. Dienerowitz / Medical Faculty to include industrial and practical viewpoints.

Empfohlene Literatur	<p>Lecture materials</p> <ul style="list-style-type: none">• B. Saleh, M. Teich, Fundamentals of Photonics, Wiley, 2007• W. Singer, M. Totzeck, H. Gross, Handbook of optical systems, Vol 2, Wiley, 2005• J. Goodman, Introduction to Fourier Optics, Wiley, 2005• A. Lipson / S. Lipson, Optical Physics, Cambridge 2011• G. Reynolds / J. deVries, The Physical Optics Notebook, SPIE Press, 2000• J. Goodman, Statistical Optics, Wiley, 1985• E. Hecht, Optics, deGruyter, 2014• C. Brosseau, Polarized Light, Wiley, 1998• J. Stover, Optical Scattering, McGrawHill, 1990• M. Nieto-Vesperinas, Scattering and Diffraction in Physical Optics, World Scientific, 2016• A. Siegman, Lasers, Oxford University, 1986• F. Trager, Handbook of Lasers and Optics, Springer, 2007
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0260 Quantum Optics	
Modulcode	PAFM0260
Modultitel (deutsch)	Quantum Optics
Modultitel (englisch)	Quantum Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch, Dr. F. Setzpfandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Quantentheorie, Elektrodynamik, theoretische Optik
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic introduction to quantum mechanics; • Quantization of the free electromagnetic field; • Non-classical states of light and their statistics; • Experiments in quantum optics; • Semi-classical and fully quantized light-matter interaction; • Non-Linear optics.
Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course will give a basic introduction into the theoretical description of quantized light and quantized light-matter interaction. The derived formalism is then used to examine the properties of quantized light and to understand a number of peculiar quantum optical effects.</p> <p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of quantum optics and will be able to apply the derived formalism to other problems.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Grynberg / Aspect / Fabre "Introduction to Quantum Optics"; • Garrison / Chiao "Quantum Optics"; • Fox "Quantum Optics – An Introduction"; • Loudon "The Quantum Theory of Light"; • Bacher / Ralph "A Guide to Experiments in Quantum Optics".
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0261 Quantum Computing	
Modulcode	PAFM0261
Modultitel (deutsch)	Quantum Computing
Modultitel (englisch)	Quantum Computing
Modul-Verantwortliche/r	Dr. F. Steinlechner, Dr. F. Eilenberger, Prof. Dr. T. Pertsch
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics focus „Optics“: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic introduction to algorithms and computing • The Qubit and entanglement thereof • Basics of quantum algorithms • Advanced quantum algorithms • Implementation of QuBits and quantum computers • Hands-on circuits
Lern- und Qualifikationsziele	<p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts of quantum computation and the implementation of quantum algorithms. They will be able to apply their knowledge in the assessment and creation of quantum algorithms and the development of quantum information systems.</p> <p>The intended learning outcome is to introduce the students to the basic usage of quantum bits for information processing. To provide further insight, the course will expand this concept on multipartite systems and introduce the concept of entanglement.</p> <p>In a further step we shall see how individual quantum operations tie together to create algorithms. Important algorithms, such as the quantum Fourier transformation, the algorithms of Shor and Grover will be discussed. To relate the abstract knowledge on quantum algorithms to practical applications, real-world implementations of quantum computers will be discussed.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination (100%)

Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0262 Quantum Communicaton	
Modulcode	PAFM0262
Modultitel (deutsch)	Quantum Communicaton
Modultitel (englisch)	Quantum Communicaton
Modul-Verantwortliche/r	Dr. F. Steinlechner, Dr. F. Eilenberger, Prof. Dr. A. Tünnermann
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics focus „Optics“: Required elective module 628 M.Sc. Photonics: Required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic introduction to quantum optics; • Quantum light sources; • Encoding, transmission and detection of information with quantum light; • Quantum communication and cryptography; • Quantum communication networks; • Outlook on Quantum metrology and Quantum imaging;
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Goals: The course will give a basic introduction into the usage of quantum states of light for the exchange of generation of quantum light and schemes that leverage these states for the exchange of information, ranging from fundamental concepts and experiments to state of the art implementations for secure communication networks. The course will also give an outlook to aspects of Quantum metrology and imaging.</p> <p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of quantum information exchange and some aspects related to the practical implementation thereof. They will be able to apply their knowledge in the assessment and setup of experiments and devices for applications of quantum information processing.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Written or oral examination (100%)</p> <p>The form of the exam will be announced at the beginning of the semester.</p>

Empfohlene Literatur	A list of literature and further reading will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0263 Quantum Imaging and Sensing	
Modulcode	PAFM0263
Modultitel (deutsch)	Quantum Imaging and Sensing
Modultitel (englisch)	Quantum Imaging and Sensing
Modul-Verantwortliche/r	Dr. M. Gräfe, Dr. F. Setzpfandt, Prof. Dr. A. Tünnermann
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 M.Sc. Physics focus „Optics“: required elective module 628 M.Sc. Photonics: required elective module
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>Basic introduction to relevant concepts of quantumoptics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generation of photon pairs • Fundamentals of two-photon interference • Applications of two-photon interference • Optical quantum metrology • Ghost Imaging • Quantum microscopy
Lern- und Qualifikationsziele	<p>Goals: The course will give a basic introduction into the usage of quantum light, in particular photon pairs, for imaging and sensing. To this end, many basic concepts and applications will be introduced and discussed. Furthermore, students will learn how to mathematically describe quantum sensing schemes in order to understand and predict their properties.</p> <p>After active participation in the course, the students will be familiar with the basic concepts and phenomena of quantum imaging and sensing and will be able to apply the derived formalism to similar problems.</p>
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	<p>Written or oral examination (100%)</p> <p>The form of the exam will be announced at the beginning of the semester.</p>
Empfohlene Literatur	A list of literature and materials will be provided at the beginning of the semester.
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0265 Semiconductor Nanomaterials	
Modulcode	PAFM0265
Modultitel (deutsch)	Semiconductor Nanomaterials
Modultitel (englisch)	Semiconductor Nanomaterials
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Isabelle Staude
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Fundamental knowledge on modern optics and condensed matter physics
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Required elective Module M.Sc. Physics focus „Optics” Required elective Module M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<p>The course will cover the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Review of fundamentals of semiconductors • Optical and optoelectronic properties of semiconductors • Effects of quantum confinement • Photonic effects in semiconductor nanomaterials • Physical implementations of semiconductor nanomaterials, including epitaxial structures, semiconductor quantum dots and quantum wires • Advanced topics of current research, including 2D semiconductors and hybrid nanosystems
Lern- und Qualifikationsziele	<p>This course aims to convey a fundamental understanding of the physics governing the optical and optoelectronic properties of semiconductor nanomaterials. First, the fundamental optical and optoelectronic properties of bulk semiconductors are reviewed, deepening and extending previously obtained knowledge in condensed matter physics. The students will then learn about the effects of quantum confinement in semiconductor systems in one, two or three spatial dimensions, as well as about photonic effects in nanostructured semiconductors. Finally, several relevant examples of semiconductor nanomaterial systems and their applications in photonics are discussed in detail. After successful completion of the course, the students should be capable of understanding present research directions and of solving basic problems within this field of research.</p>

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	written examination at the end of the semester and oral presentation on a current research topic
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• P. Y. Yu and M. Cardona, Fundamentals of Semiconductors, Springer 2010• C. F. Klingshirn, Semiconductor Optics, Springer 1995• M. Fox, Quantum Optics – An Introduction, Oxford University Press 2006
Unterrichtssprache	English

Modul PAFM0266 Strong-Field Laser Physics	
Modulcode	PAFM0266
Modultitel (deutsch)	Strong-Field Laser Physics
Modultitel (englisch)	Strong-Field Laser Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • charakteristische Größen in der Starkfeld-Laserphysik • charakteristische Effekte • theoretische Beschreibung der Elektronendynamik • die Rückstreuung als fundamentaler Prozess in der Starkfeld- und Attosekunden-Laserphysik • Erzeugung von Attosekunden-Pulsen • Messung von Attosekunden-Pulsen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Kenntnissen zu den Grundlagen der Starkfeld-Laserphysik und der darauf aufbauenden Attosekunden-Laserphysik. • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Behandlung von Fragestellungen dieser Felder.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	
Empfohlene Literatur	Review-Artikel Z. Chang: Fundamentals of Attosecond Optics
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0270 Theory of Nonlinear Optics	
Modulcode	PAFM0270
Modultitel (deutsch)	Theory of Nonlinear Optics
Modultitel (englisch)	Theory of Nonlinear Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. U. Peschel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Types and symmetries of non-linear polarization; • Non-Linear optics in waveguides; • Solutions of non-linear evolution equations; • Temporal and spatial solitons; • Super continuum generation.
Lern- und Qualifikationsziele	The course provides the theoretical background of non-linear optics and quantum optics.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Modulnote setzt sich aus der Übungleistung (25%) und einer mündlichen Prüfung zusammen (75%).
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Agrawal, Govind P.: Contemporary non-linear optics; • Moloney, Jerome V., Newell Alan C.: Non-Linear Optics ; • Sutherland, Richard Lee: Handbook of non-linear optics.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0271 Thin Film Optics	
Modulcode	PAFM0271
Modultitel (deutsch)	Thin Film Optics
Modultitel (englisch)	Thin Film Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Tünnermann, Dr. O. Stenzel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundkenntnisse Optik und Elektrodynamik in Kontinua
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Basic dispersion models in Thin Film Optics • Optical properties of material mixtures • Interfaces: Fresnels equations • Multiple internal reflections in layered systems • Optical spectra of single thin films • Wave propagation in stratified media • Matrix formalism • Multilayer systems: Quarterwave-stacks and derived systems • Coatings for ultrashort light pulses • Remarks on coating design
Lern- und Qualifikationsziele	This course is of use for anyone who needs to learn how optical coatings are used to tailor the optical properties of surfaces. After an introduction about the theoretical fundamentals of optical coatings the student should learn to calculate the optical properties of uncoated and coated surfaces. Based on this, typical design concepts and applications will be presented.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Born/Wolf: Introduction to optics;• H. A. Macleod, Thin Film Optical Filters, Adam Hilger Ltd. 2001;• R. Willey, Practical Design and Productions of Optical Thin Films, Marcel Dekker Inc. 2003;• N. Kaiser, H. K. Pulker (Eds.), Optical Interference Coatings, Springer Series in Optical Sciences, Vol. 88, 2003;• O. Stenzel, The Physics of Thin Film Optical Spectra. An Introduction, Springer Series in Surface Sciences, Vol. 44, 2005.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0272 Terahertz Technology	
Modulcode	PAFM0272
Modultitel (deutsch)	Terahertz Technology
Modultitel (englisch)	Terahertz Technology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. G. Paulus
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Lecture: 2 h per week Exercise: 1 h per week
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	The course will provide an introduction to the fundamentals of THz technology and science to master students. The course begins with an introduction to THz radiation and current status of terahertz research. A review on the interaction of electromagnetic waves with matter will be discussed followed by the elementary excitation in matter during interaction with THz. Various techniques to generate THz radiation will be presented with an emphasis on pulsed power sources. Detection techniques are equally important in studying the terahertz radiation. We will look at the detection schemes based on electronics and photonics and compare them. Attention will also be paid to selecting suitable optics for THz and materials suitable for THz transmission. Finally, we will also look at some potential applications of THz in the field of imaging, spectroscopy, etc.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Modulnote besteht aus bewerteten Übungsaufgaben und einer schriftlichen Prüfung oder mündlichen Präsentation.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Principles of terahertz Science and Technology, Lee, Yun-Shik , Springer ,ISBN 978-0-387-09540-0• Terahertz techniques, Bründermann, Hubers,Kimmit, Springer, ISBN 978-3-642-02592-1• Introduction to THz wave photonics, Zhang, Xu, Springer, ISBN 978-1-4419-0978-7• Journals: Journal of Infrared, Millimeter and Terahertz waves, IEEE transactions on Terahertz technology, OSA and Nature publications
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMO280 Ultrafast Optics	
Modulcode	PAFMO280
Modultitel (deutsch)	Ultrafast Optics
Modultitel (englisch)	Ultrafast Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Nolte
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Basic knowledge in laser physics and modern optics.
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 45 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction to ultrafast optics; • Fundamentals; • Ultrashort pulse generation; • Amplification of ultrashort pulses; • Measurement of ultrashort pulses; • Applications; • Generation of attosecond pulses.
Lern- und Qualifikationsziele	The aim of this course is to provide a detailed understanding of ultrashort laser pulses, their mathematical description as well as their application. The students will learn how to generate, characterize and use ultrashort laser pulses. Special topics will be covered during the seminars.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Vortrag
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Weiner, Ultrafast Optics; • Diels/Rudolph, Ultrashort Laser Pulse Phenomena; • Rulliere, Femtosecond laser pulses; • W. Koechner, Solid-state Laser engineering; • A. Siegman, Lasers.

Unterrichtssprache	Englisch
--------------------	----------

Modul PAFMO290 XUV and X-Ray Optics	
Modulcode	PAFMO290
Modultitel (deutsch)	XUV and X-Ray Optics
Modultitel (englisch)	XUV and X-Ray Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann, Dr. D. Kartashov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	keine
Verwendbarkeit (Voraussetzung wofür)	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	128 Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ 628 Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Complex refractive index in the XUV and X-ray range; • Refractive and grazing incidence optics; • Zone plate optics; • Thomson and Compton scattering; • X-ray diffraction by crystals and synthetic multilayers; • VUV and X-ray optics for plasma diagnostics; • Time-resolved X-ray diffraction; • EUV lithography.
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the fundamentals of modern optics at short wavelengths as they are necessary for the design of EUV and X-ray optical elements. Based on this the students will learn essentials of several challenging applications of short-wavelength optics, being actual in modern science and technology, including XUV- and X-ray microscopy.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0901 Topics of Current Research I	
Modulcode	PAFM0901
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research I
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 1
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced topics of current research in optics and photonics
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction into a field of current research as a basis for further study and research in this field; • Independent solution of exercise problems; • Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0902 Topics of Current Research II	
Modulcode	PAFM0902
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research II
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 2
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced topics of current research in optics and photonics.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction into a field of current research as a basis for further study and research in this field; • Independent solution of exercise problems; • Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Zusätzliche Informationen zum Modul	jedes 2. Semester (beginnend ab Sommer)
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0903 Topics of Current Research III	
Modulcode	PAFM0903
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research III
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 3
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced topics of current research in optics and photonics
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction into a field of current research as a basis for further study and research in this field; • Independent solution of exercise problems; • Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFM0904 Topics of Current Research IV	
Modulcode	PAFM0904
Modultitel (deutsch)	Topics of Current Research IV
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research 4
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Pertsch
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Optik“ Wahlpflichtmodul M.Sc. Photonics
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Advanced topics of current research in optics and photonics.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Introduction into a field of current research as a basis for further study and research in this field; • Independent solution of exercise problems; • Ability to acquire further knowledge by independent literature studies.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsaufgaben (Art und Umfang wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben.)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	schriftliche oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMP001 Fortgeschrittene Quantentheorie	
Modulcode	PAFMP001
Modultitel (deutsch)	Fortgeschrittene Quantentheorie
Modultitel (englisch)	Advanced Quantum Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf, Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Mehrkörpersysteme; • Identische Teilchen; • Symmetrien, Addition von Drehimpulsen; • Zeitabhängige Störungstheorie; • Streutheorie; • Einführung in relativistische Quantenmechanik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Methoden zur Beschreibung und Modellierung von nichtrelativistischen und relativistischen physikalischen Systemen in der Quantenmechanik; • Entwicklung der Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von anspruchsvolleren Aufgaben und der Behandlung von komplexeren Systemen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Lehrbücher der Theoretischen Physik z.B. F. Schwabl; W. Nolting; Straumann; K. Gottfried und T.M. Yan; C. Cohen-Tannoudji.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP002 Physikalisches Experimentieren	
Modulcode	PAFMP002
Modultitel (deutsch)	Physikalisches Experimentieren
Modultitel (englisch)	Research Lab
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Physikalische Fortgeschrittenenpraktika z.B. PAFBP511 und PAFBP611
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	2 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Praktikum: 6 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	120 h
- Selbststudium	120 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Planung, Durchführung, Auswertung und Interpretation ausgewählter Experimente im Rahmen eines Themas aus den Teilgebieten der Physik: Optik, Festkörperphysik, Astronomie, Theorie, Computational Physics. Das Projektthema kann aus Angeboten der Physikalisch-Astronomischen Fakultät gewählt werden.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständige Einarbeitung in eine spezielle physikalische Fragestellung und Projektplanung; • Fertigkeiten zum selbständigen physikalischen Experimentieren; • Protokollieren, Auswertung, Interpretation und Verfassen eines Projektberichts; • Präsentation der Ergebnisse in Form eines wissenschaftlichen Vortrages oder Posters.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abschluss der Experimente und Projektarbeit.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Praktikumsbericht Wintersemester (50%), Praktikumsbericht Sommersemester (50%)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP003 Oberseminar Gravitations- und Quantentheorie	
Modulcode	PAFMP003
Modultitel (deutsch)	Oberseminar Gravitations- und Quantentheorie
Modultitel (englisch)	Advanced Seminar Gravitational and Quantum Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brügmann, Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Grundlagenwissen in Gravitationstheorie und/oder Quantenfeldtheorie
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf den Gebieten Gravitationstheorie und Quantentheorie; • Präsentation und Diskussion aktueller gravitationstheoretischer und quantentheoretischer Probleme.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Einarbeiten in ein Spezialgebiet; • Selbständiges Auffinden und Auswerten wiss. Literatur; • Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte; • Vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Gravitationstheorie und Quantentheorie.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Seminar. Detaillierte Festlegungen werden zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Fachvortrag (100%)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP004 Oberseminar Festkörperphysik/Materialwissenschaft	
Modulcode	PAFMP004
Modultitel (deutsch)	Oberseminar Festkörperphysik/Materialwissenschaft
Modultitel (englisch)	Advanced Seminar Solid State Physics / Material Science
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. T. Fritz
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Festkörper oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Festkörperphysik/Materialwissenschaft“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft; • Präsentation und Diskussion aktueller festkörperphysikalischer und materialwissenschaftlicher Probleme.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Einarbeiten in ein Spezialgebiet; • Selbständiges Auffinden und Auswerten wiss. Literatur; • Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte; • Vertiefte Kenntnisse auf den Gebieten Festkörperphysik und Materialwissenschaft; • wissenschaftliches Diskutieren.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Seminar. Detaillierte Festlegungen werden zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Fachvortrag (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Die Modulnote setzt sich ggfs. aus einer Hausarbeit und einem Vortrag zur Hausarbeit zusammen.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP005 Oberseminar Astronomie/Astrophysik	
Modulcode	PAFMP005
Modultitel (deutsch)	Oberseminar Astronomie/Astrophysik
Modultitel (englisch)	Advanced Seminar Astronomy/Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Neuhäuser, Prof. Dr. A. Krivov
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Einführung in die Astronomie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlmodul für den Studiengang Lehramt Drittfach Astronomie Wahlpflichtmodul für den Studiengang M. Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 30 h 90 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerpunkte bei Beobachtender Astrophysik: z.B. Infrarot-Astronomie, sub-stellare Objekte, Interferometrie, Adaptive Optik, Endstadien der Sternentwicklung, insbesondere Neutronensterne; Terra-Astronomie • Schwerpunkt bei Theoretischer Astrophysik: z.B. astro-physikalische Zeitskalen, Temperaturen, direkte und inverse Probleme, deterministische und chaotische Phänomene, Standardmodelle der Astrophysik
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erlernen von Konzepten der beobachtenden und theoretischen Astrophysik; • Selbständiges Einarbeiten in ein Spezialgebiet; • Selbständiges Auffinden und Auswerten wissenschaftlicher Literatur; • Vorbereiten und Halten eigener Vorträge; • Diskussion von aktuellen Forschungsfeldern; • Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf dem Gebiet der Astronomie/Astrophysik
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Teilnahme an der Seminare Diskussion

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Fachvortrag (100%)
Zusätzliche Informationen zum Modul	Absolviert werden muss eines der beiden Seminare (zugeordnete Veranstaltung), entweder Beobachtende Astrophysik (Winter) oder Theoretische Astrophysik (Sommer)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP006 Oberseminar Optik	
Modulcode	PAFMP006
Modultitel (deutsch)	Oberseminar Optik
Modultitel (englisch)	Advanced Seminar Optics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. C. Spielmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Seminar: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	30 h
- Selbststudium	90 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Systematische Erarbeitung von Spezialkenntnissen auf dem Gebiet der modernen Optikforschung; • Präsentation und Diskussion aktueller optischer Forschungsgebiete.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Einarbeiten in ein Spezialgebiet; • Selbständiges Auffinden und Auswerten wiss. Literatur; • Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte; • Vertiefung der Kenntnisse auf modernen Gebieten der Optik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Aktive Teilnahme an den Diskussionen im Seminar. Detaillierte Festlegungen werden zu Semesterbeginn bekanntgegeben.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Fachvortrag (100%)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP090 Einführung in wissenschaftliches Arbeiten	
Modulcode	PAFMP090
Modultitel (deutsch)	Einführung in wissenschaftliches Arbeiten
Modultitel (englisch)	Introduction to Research Methods
Modul-Verantwortliche/r	Alle Professoren der PAF
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	12 SWS Praktische kreative wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung des betreuenden Hochschullehrers, der die Arbeit ausgibt und eines wissenschaftlichen Mitarbeiters.
Leistungspunkte (ECTS credits)	15 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	450 h
- Präsenzstunden	300 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Die möglichen Themen des Moduls können aus allen Teilgebieten der Physik ausgewählt werden. Es muss ein betreuender Hochschullehrer für das jeweilige Thema an der Physikalisch-Astronomischen Fakultät gefunden werden. • Erarbeitung der wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für die Masterarbeit.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Erarbeiten von Kenntnissen aus der internationalen Fachliteratur • Kritisches Auseinandersetzen mit wissenschaftlichen Ergebnissen • Ableitung von Schlussfolgerungen für eigene Zielsetzungen • Kennenlernen der Methodik des wissenschaftlichen Arbeitens durch aktive Mitarbeit an Forschungsaufgaben • Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bericht über die durchgeführte wissenschaftliche Arbeit, beispielsweise als Präsentation
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Präsentation und Diskussion (Bestanden/nicht bestanden)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMP091 Projektplanung zur Masterarbeit	
Modulcode	PAFMP091
Modultitel (deutsch)	Projektplanung zur Masterarbeit
Modultitel (englisch)	Project Planning for the Master Thesis
Modul-Verantwortliche/r	Alle Professoren der PAF
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	12 SWS Praktische kreative wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung des betreuenden Hochschullehrers, der die Arbeit ausgibt und eines wissenschaftlichen Mitarbeiters
Leistungspunkte (ECTS credits)	15 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	450 h 210 h 240 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Das Modul Projektplanung dient der Definition des Inhaltes der Masterarbeit. Dazu muss mindestens ein Arbeitsthema auf wissenschaftliche Relevanz und Durchführbarkeit analysiert werden. • Die möglichen Themen der Projektplanung können aus allen Teilgebieten der Physik ausgewählt werden. Es muss ein betreuender Hochschullehrer für das jeweilige Thema an der Physikalisch-Astronomischen Fakultät gefunden werden.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Erarbeiten von Kenntnissen aus der internationalen Fachliteratur • Kritisches Auseinandersetzen mit wissenschaftlichen Ergebnissen • Ableitung von Schlussfolgerungen für eigene Zielsetzungen • Ausarbeitung eines wissenschaftlichen Arbeitsplans mit Arbeitszielen • Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Abgabe eines Arbeitsplanes für die Masterarbeit, beispielsweise als Präsentation
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Präsentation des Arbeitsplanes mit anschließender Diskussion (bestanden/nicht bestanden)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT001 Allgemeine Relativitätstheorie	
Modulcode	PAFMT001
Modultitel (deutsch)	Allgemeine Relativitätstheorie
Modultitel (englisch)	General Relativity
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brügmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Relativistische Physik oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie; • Einsteinsche Feldgleichungen; • Grenzfall Newtonscher Gravitation; • Gravitationswellen;
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Kenntnissen der relativistischen Gravitationsphysik; • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Behandlung astrophysikalischer Fragestellungen im Bereich hoher Geschwindigkeiten und starker Gravitationsfelder.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Carroll, Geometry and Gravitation (2004);• Wald, General Relativity (1984);• Straumann, General Relativity with Applications to Astrophysics (2004);• Schutz, First Course in General Relativity (2009).
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT002 Teilchen und Felder	
Modulcode	PAFMT002
Modultitel (deutsch)	Teilchen und Felder
Modultitel (englisch)	Particles and Fields
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Beispiele klassischer Feldtheorien; • Aspekte klassischer Feldtheorien: Lagrange- u. Hamiltonformalismus, Noether-Theorem u. -Ladungen, Nichtlineare skalare Feldtheorien: $O(N)$-Modelle, spontane Symmetriebrechung, Goldstone-Theorem; • Felder/Teilchen als Darstellungen der Lorentz-Gruppe: Klassifikation der Darstellungen, Spinoren, Konstruktion von freien Theorien; • Wechselwirkende Theorien: Yukawa-Modelle, QED, abelsche Higgs-Modelle; • Aktuelle Aspekte von Feldtheorien in der Teilchenphysik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung auf die Quantenfeldtheorie; • Vermittlung der Konzepte und Methoden und Erlangung der Fähigkeiten zur theoretischen Behandlung von Feldtheorien mit Anwendungen in der Teilchenphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder Hausarbeit (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben
Empfohlene Literatur	Ausgewählte Kapitel aus z.B., Kaku, Peskin-Schröder, Aitchison-Hey, Ryder, Felsager.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT003 Quantenfeldtheorie	
Modulcode	PAFMT003
Modultitel (deutsch)	Quantenfeldtheorie
Modultitel (englisch)	Quantum Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Teilchen und Felder oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Prinzipien für relativistische Quantenfeldtheorien; • Quantisierung von Klein-Gordon-, Dirac-, und elektromagnetischen Feldern; • Störungstheorie und Feynman-Diagramme; • S-Matrix und Wirkungsquerschnitte; • Funktionalintegrale, effektive Wirkungen und Korrelationsfunktionen; • Regularisierung und Renormierung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Prinzipien und Strukturen von Quantenfeldtheorien; • Erlangung von Fähigkeiten zur Beschreibung der Wechselwirkungen zwischen Elementarteilchen und zur Berechnung wichtiger Streu- und Zerfallsprozesse.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Peskin und Schroeder; Ryder; Weinberg; Itzykson und Zuber; Kaku.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT010 Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	
Modulcode	PAFMT010
Modultitel (deutsch)	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie
Modultitel (englisch)	Advanced Quantum Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. Martin Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Teilchen und Felder" und „Quantenfeldtheorie" oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung „Gravitations-und Quantentheorie"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Anomalien in Quantenfeldtheorie; Quantenfeldtheorie bei endlicher Temperatur und Dichte; • Nichtgleichgewichtsdynamik von Feldtheorien; • (Quanten-)Phasenübergänge; • Einführung in konforme Feldtheorie; • Topologische Objekte in Quantenfeldtheorie
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung fortgeschrittene Prinzipien und Strukturen von Quantenfeldtheorie
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT011 Einführung in Stringtheorie und AdS/CFT	
Modulcode	PAFMT011
Modultitel (deutsch)	Einführung in Stringtheorie und AdS/CFT
Modultitel (englisch)	Introduction to String Theory and AdS/CFT
Modul-Verantwortliche/r	Jun.-Prof. Dr. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Quantenfeldtheorie und Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	240 h
- Präsenzstunden	90 h
- Selbststudium	150 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Relativistischer bosonischer String & dessen Quantisierung, Offene Strings & D-branen, Aspekte der konformen Feldtheorie, Polyakov Pfadintegral, Streuung von Strings, Niederenergie effektive Wirkung, Dualitäten, Kompaktifizierung, Einführung in AdS/CFT, Test von AdS/CFT, Erweiterung und Anwendungen von AdS/CFT.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der grundlegenden Prinzipien und Strukturen von Stringtheorie; • Erlangung von Fähigkeiten zur Beschreibung der Wechselwirkungen in supersymmetrischen Theorien mittels Gravitationstheorien.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Polchinski; Becker, Becker, Schwarz; Blumenhagen, Lüst, Theisen.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT012 Das Standardmodell der Teilchenphysik	
Modulcode	PAFMT012
Modultitel (deutsch)	Das Standardmodell der Teilchenphysik
Modultitel (englisch)	The Standard Model of Particle Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Das Standardmodell der Teilchenphysik: <ul style="list-style-type: none"> • Symmetrien; • Quantenelektrodynamik; • Starke Wechselwirkung, das Quarkmodell und die Quantenchromodynamik, Hadronen und asymptotische Freiheit; • Schwache Wechselwirkungen und der Higgs-Effekt; • Streuversuche; • Grenzen des Standardmodells.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Phänomenologie und der grundlegenden Konzepte der modernen Teilchenphysik; • Umgang mit den Begriffen Teilchen, Wechselwirkungen und Klassifikationsschemata; • Anwendung einfacher Modelle der Teilchenphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	Nachtmann, Peskin & Schroeder; Ryder; Schwartz; Weinberg
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT013 Eichtheorien	
Modulcode	PAFMT013
Modultitel (deutsch)	Eichtheorien
Modultitel (englisch)	Gauge Theories
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Eichsymmetrie; • Klassische Yang-Mills-Theorie; • Quantisierung von Eichtheorien, BRST-Formalismus, Gribov-Problem; • Störungstheorie, semiklassische Entwicklungen; • Topologische Konfigurationen; • Confinement-Kriterien und Szenarios.
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Konzepte und Methoden und Erlangung der Fähigkeiten zur theoretischen Behandlung von Eichtheorien mit Anwendungen in der Teilchenphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben) oder Anfertigung einer Hausarbeit.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	z.B. Peskin, Schröder; Pokorski; Dittrich, Reuter
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT014 Quantenfeldtheorien auf dem Gitter	
Modulcode	PAFMT014
Modultitel (deutsch)	Quantenfeldtheorien auf dem Gitter
Modultitel (englisch)	Lattice Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	135 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Quantenfeldtheorien bei endlicher Temperatur; • Euklidische Quantenfeldtheorien; • Gitterfeldtheorien und Spinmodelle; • Exakte Resultate und Näherungen; • Monte-Carlo-Simulationen; • Renormierungsgruppe; • Gittereichtheorien; • Quantenchromodynamik auf dem Gitter.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Konzepten und Methoden zum Verständnis von Quantenfeldtheorien auf dem Raumzeit-Gitter und deren engen Beziehung zu Systemen der Statistischen Physik; • Entwicklung der Fähigkeiten zur numerischen Simulation von Quantenfeldtheorien incl. Eichtheorien auf dem Gitter.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• A. Wipf, „Statistical Approach to QFT“, Vorlesung Notes in Physics 864;• I. Montvay und G. Münster, „Quantum Fields on the Lattice“, CUP 2010;• M. Creutz, „Quarks, Gluons and Lattices“, Cambridge Monographs on MMP, 1983;• Gattringer und Lang, „Quantum Chromodynamics on the Lattice“, Vorlesung Notes in Physics 788.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT015 Quantenphysik mit dem Rechner	
Modulcode	PAFMT015
Modultitel (deutsch)	Quantenphysik mit dem Rechner
Modultitel (englisch)	Computational Quantum Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Fritzsche
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Theoretische Mechanik, Elektrodynamik und Quantentheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Coulomb-Problem; • Teilchen mit Spin; • Qubits, Quantenregister und Quantengatter; • Darstellung reiner und gemischter Zustände (Blochkugel); • Zusammengesetzte Systeme, nichtunterscheidbare Teilchen; • Hartree-Fock-Methode; • Kopplung von Drehimpulsen.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung computeralgebraischer und numerischer Methoden bei der Beschreibung einfacher Quantenmodelle; • Fähigkeiten zum selbständigen Lösen einfacher Modelle und Aufgaben, Formulierung von Pseudo-Code und effizienter Umgang mit Computeralgebra-Systemen.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder schriftliche Ausarbeitung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT016 Symmetrien in der Physik	
Modulcode	PAFMT016
Modultitel (deutsch)	Symmetrien in der Physik
Modultitel (englisch)	Symmetries in Physics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Theoretische Mechanik und Quantenmechanik oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul B.Sc.Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Symmetrien und Gruppen; • Raumzeit-Symmetrien; • Endliche Gruppen und kontinuierliche Liegruppen ; • Lie-Algebren; • Darstellungstheorie, Charakteren; • Ausgewählte Anwendungen in der Festkörperphysik, Atomphysik, Quantenfeldtheorie und Teilchenphysik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen über diskrete und kontinuierliche Gruppen, Lie-Algebren und deren Darstellungen mit Anwendungen auf Raumzeit- und innere Symmetrien der Physik; • Beherrschung der Anwendung gruppentheoretischer Methoden in Quantenmechanik, Kristallographie und Elementarteilchenphysik.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Lehrbücher, z.B. J. Conway; M. Wagner; H. Jones; M. Hamermesh.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT017 Theoretische Atomphysik	
Modulcode	PAFMT017
Modultitel (deutsch)	Theoretische Atomphysik
Modultitel (englisch)	Atomic Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Fritzsche
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenmechanik oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. Physik (freier Bereich) Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 4 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	8 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	240 h 90 h 150 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Überblick zu den Einelektronenatomen; • Modelle unabhängiger Elektronen; • Hartree-Fock-Theorie; • Schalen- und Termstruktur von Atomen; • Wechselwirkung mit dem Strahlungsfeld; • Korrelierte Vielteilchenmethoden; • Bethe-Bloch; • Potentialstreuung, atomare Stoßprozesse; • Grundlagen der Dichtematrixtheorie.
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Grundlagen der Atomstruktur und atomarer Stoßprozesse.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Johnson: "Atomic Structure Theory: Lectures on Atomic Physics"• Bransden & Joachain: "Physics of Atoms and Molecules".
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT018 Physik des Quantenvakuums in starken Feldern	
Modulcode	PAFMT018
Modultitel (deutsch)	Physik des Quantenvakuums in starken Feldern
Modultitel (englisch)	Physics of the Quantum Vacuum in Strong Fields
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. H. Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Theoretische Grundlagen der Quantenelektrodynamik (QED) in starken elektromagnetischen Feldern; • Ableitung elementarer Signaturen der Starkfeld-QED; • Diskussion von Vorschlägen für deren Nachweis mit aktuellen experimentellen Methoden.
Lern- und Qualifikationsziele	Vermittlung der Konzepte und Methoden und Erlangung der Fähigkeiten zur Bearbeitung von Fragestellungen der Quantenelektrodynamik in starken elektromagnetischen Feldern.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben) oder Anfertigung einer Hausarbeit.
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Peskin & Schröder; • Dittrich & Gies; • Battesti & Rizzo: Rept. Prog. Phys. 76 (2013).
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT019 Supersymmetrie	
Modulcode	PAFMT019
Modultitel (deutsch)	Supersymmetrie
Modultitel (englisch)	Supersymmetry
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. A. Wipf
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Vertiefung „Gravitations-und Quantentheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Supersymmetrische Quantenmechanik • Symmetrien und Spinoren • Wess-Zumino-Modelle • Supersymmetrie-Algebren und Darstellungen • Superraum und Superfelder • Supersymmetrische Yang-Mills-Theorien.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Strukturen und Eigenschaften von supersymmetrischen Theorien und Grundlagen zum Verständnis der neueren Entwicklungen in Elementarteilchenphysik und Stringtheorie. • Entwicklung der Fähigkeiten zur Berechnung einfacher Prozesse in supersymmetrischen Theorien.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• S. Weinberg, „The Quantum Theory of Fields, Vol. 3: Supersymmetry“, CUP (2005)• J. Bagger and J. Wess, „Supersymmetry and Supergravity“, Princeton series (1992)• P. West., „Introduction to Supersymmetry and Supergravity“, World Scientific (1990)• H.J. Müller-Kirsten, A. Wiedemann, „Introduction to Supersymmetry“, World Scientific (2010)
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT020 Physik der Skalen - Die Renormierungsgruppe	
Modulcode	PAFMT020
Modultitel (deutsch)	Physik der Skalen - Die Renormierungsgruppe
Modultitel (englisch)	Physics of Scales - The Renormalisation Group
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Holger Gies
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Quantenfeldtheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik Spezialisierung "Gravitations- und Quantentheorie"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Störungstheoretische Renormierung; • Klassifikation perturbativ renormierbarer Theorien; • Renormierbarkeitsbeweise; • Renormierung in statistischen Systemen; • Renormierungsgruppengleichungen; • Flussgleichungen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung von Kenntnissen der Renormierungstheorie; • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Behandlung quantenfeldtheoretischer Fragestellungen zur Skalenabhängigkeit, Lang- u. kurzreichweitiges Verhalten von QFTn
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung von Übungsserien (Art und Umfang wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben)
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	mündliche oder schriftliche Prüfung (100%)
Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: J. Cardy (Scaling and Renormalization), J. Zinn-Justin (QFT & Critical Phenomena), Peskin, Schroeder (An Introduction to QFT), K. Huang (From Operators to Path integrals)
Unterrichtssprache	Englisch, Deutsch auf allgemeine Nachfrage

Modul PAFMT099 Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantenfeldtheorie I	
Modulcode	PAFMT099
Modultitel (deutsch)	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantenfeldtheorie I
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Quantum Field Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. M. Ammon
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende, vertiefende Themen aus dem Bereich der Quantenfeldtheorie; • Themen aus aktuellen Bereichen der Forschung.
Lern- und Qualifikationsziele	• Vertiefung in ein spezielles Gebiet der Quantenfeldtheorie;
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT200 Numerische Relativitätstheorie	
Modulcode	PAFMT200
Modultitel (deutsch)	Numerische Relativitätstheorie
Modultitel (englisch)	Numerical General Relativity
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Computational Physics und Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	60 h
- Selbststudium	60 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Numerische Relativitätstheorie für Schwarze Löcher und Gravitationswellen; • (3+1)-Zerlegung der 4-dimensionalen Einsteingleichungen; • Numerische Behandlung des Elliptischen Anfangswertproblems; • Numerische Behandlung von Zeitentwicklungsgleichungen.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden des numerischen Zugangs zur Allgemeinen Relativitätstheorie; • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• T. Baumgarte and S. Shapiro, Numerical Relativity and Compact Binaries, Phys.Rept. 376 (2003) 41-131;• Alcubierre, Introduction to 3+1 Numerical Relativity (2008).
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT201 Gravitationswellen	
Modulcode	PAFMT201
Modultitel (deutsch)	Gravitationswellen
Modultitel (englisch)	Gravitational Waves
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brügmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Theorie der Gravitationsstrahlung (Strahlungsfeld, Abstrahlung, Strahlungsrückwirkung); • Astrophysikalische Quellen von Gravitationswellen; • Wirkungsweise von Gravitationswellendetektoren; • Analyse von Gravitationswellensignalen.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung vertiefter Kenntnisse der Physik und Astrophysik der Gravitationswellen; • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Behandlung von Problemen der Gravitationswellenastronomie.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<p>Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none">• Misner/Thorne/Wheeler, Weinberg, Shapiro/Teukolsky, Kenyon, Fließbach, Saulson,• Schutz: Gravitational Wave Data Analysis.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT202 Computational Physics III	
Modulcode	PAFMT202
Modultitel (deutsch)	Computational Physics III
Modultitel (englisch)	Computational Physics III
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Computational Physics I und II oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	Partielle Differentialgleichungen <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen Differentialgleichungen; • Grundlagen elliptischer, parabolischer und hyperbolischer Differentialgleichungen; • Explizite und implizite Verfahren, • Stabilitätsanalyse; • Poissongleichung, Diffusionsgleichung, Advektionsgleichung, Wellengleichung, • Schocks; • Differenzenverfahren, • Pseudospektralmethoden, • Mehrfachgitter.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden der numerischen Behandlung partieller Differentialgleichungen bzw. des maschinellen Lernens in der Physik; • Selbständige Arbeit an einem individuell abgestimmten numerischen Projekt.

Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung oder numerisches Projekt (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none">• Partial differential equations: Garcia; Press/Vetterling/Teukolsky/Flannery; Gustafsson/Kreiss/Oliger; Trefethen.• Machine Learning in Physics: Goodfellow, Bengio, Courville, Géron
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMT203 Magnetohydrodynamik	
Modulcode	PAFMT203
Modultitel (deutsch)	Magnetohydrodynamik
Modultitel (englisch)	Magnetohydrodynamics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Magnetohydrodynamische Näherung; • Magnetohydrokinematik (Induktionsgleichung, freier Zerfall von Magnetfeldern, eingefrorene Feldlinien, Dynamoproblem); • Ideale Magnetohydrodynamik, Magnetohydrostatik; • Hartmann-Strömung, Magnetohydrodynamische Wellen, Stabilitätsuntersuchungen; • Anwendungen in der Astrophysik (Magnetfelder von Planeten, Sternen, Galaxien; Sonnenphysik).
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden der Magnetohydrodynamik; • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<p>Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none">• Landau/Lifschitz Band 8;• F. Cap, Lehrbuch der Plasmaphysik und Magnetohydrodynamik;• D. Lortz, Magnetohydrodynamik;• R. Kippenhahn und C. Moellenhoff, Elementare Plasmaphysik.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT204 Relativistische Astrophysik	
Modulcode	PAFMT204
Modultitel (deutsch)	Relativistische Astrophysik
Modultitel (englisch)	Relativistic Astrophysics
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Newtonsche und relativistische Sternmodelle; • Weiße Zwerge; • Neutronensterne; • Schwarze Löcher.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung vertiefter Kenntnisse der relativistischen Gravitationsphysik, Himmelsmechanik und Astrophysik; • Entwicklung von Fähigkeiten zur selbständigen Lösung astrophysikalischer Fragestellungen auf Gebieten hoher Geschwindigkeit und starker Gravitation.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Zum Beispiel: Hartle, Shapiro/Teukolsky, Goenner, Straumann, d'Inverno, Landau/Lifschitz, Misner/Thorne/Wheeler.

Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch
--------------------	-------------------

Modul PAFMT205 Solitonen	
Modulcode	PAFMT205
Modultitel (deutsch)	Solitonen
Modultitel (englisch)	Solitons
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. R. Meinel
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	alle 2 Jahre (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Integrierte nichtlineare Gleichungen (zum Beispiel Sinus-Gordon-Gleichung, Korteweg-de Vries-Gleichung, Nichtlineare Schrödingergleichung, Toda-Gitter, Ernst-Gleichung); • Methoden zur Konstruktion spezieller exakter Lösungen (zum Beispiel n-Solitonenlösungen) und zur Lösung von Anfangs- und Randwertproblemen (Bäcklundtransformation und Inverse Streumethode); • Erhaltungssätze und Integrabilität; • Solitonen in der Hydrodynamik, der Allgemeinen Relativitätstheorie und in der Nichtlinearen Optik.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden der Solitonenphysik; • Entwicklung von Fähigkeiten zum selbstständigen Lösen von Aufgaben aus diesem Gebiet.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.

Empfohlene Literatur	<p>Zum Beispiel:</p> <ul style="list-style-type: none">• G. Eilenberger, Solitons-Mathematical Methods for Physicists• S. Novikov et al., Theory of Solitons: The inverse scattering method
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT206 Computational Physics IV	
Modulcode	PAFMT206
Modultitel (deutsch)	Computational Physics IV
Modultitel (englisch)	Computational Physics IV
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Bernd Bruegmann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Module Computational Physics I und II oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik (Vertiefung Gravitations- u. Quantentheorie)
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Maschinelles Lernen in der Physik • Grundlagen des Maschinellen Lernens, Neuronale Netze und Deep Learning • Anwendungsbeispiele in der Physik, Mustererkennung, Zeitreihenanalyse, Monte Carlo Methoden
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vermittlung der Grundlagen und Methoden des Maschinellen Lernens in der Physik • Selbstständige Arbeit an einem individuell abgestimmten numerischen Projekt
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Numerisches Projekt oder schriftliche Prüfung (100%); wird zu Semesterbeginn bekannt gegeben
Unterrichtssprache	Englisch

Modul PAFMT299 Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie II	
Modulcode	PAFMT299
Modultitel (deutsch)	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie II
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Gravitational Theory
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. B. Brüggemann
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul M.Sc. Physik in der Vertiefung „Quanten- und Gravitationstheorie“
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	unregelmäßig, siehe gegebenenfalls zusätzliche Informationen
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	120 h 60 h 60 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterführende, vertiefende Themen aus dem Bereich der Gravitationstheorie; • Themen aus aktuellen Bereichen der Forschung.
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Vertiefung in ein spezielles Gebiet der Gravitationstheorie; • Selbständige Bearbeitung von Übungsaufgaben; • Fähigkeit zur eigenständigen Literaturrecherche.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Bearbeitung der Übungsaufgaben (Umfang wird zu Beginn des Moduls bekanntgegeben).
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Klausur oder mündliche Prüfung (100%) Prüfungsform wird zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Modul PAFMT300 Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie III	
Modulcode	PAFMT300
Modultitel (deutsch)	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie III
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Gravitation- and Quantum Theory III
Modul-Verantwortliche/r	Dr. André Großardt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	none
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie PAFMT001 oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im Studiengang M.Sc.Physik (128) Spezialisierung "Gravitations- und Quantentheorie"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<p>The lecture will cover topics in the foundations of quantum mechanics and with relevance to the interplay between quantum physics and gravity with a focus on nonrelativistic laboratory quantum systems, specifically including topics of current research. In particular, the lecture will cover all or a selection of the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Quantum systems in the gravitational field of the earth, experiments and relativistic generalisation • Decoherence from spacetime fluctuations • The equivalence principle for quantum matter • Theoretical treatment of classically gravitating quantum systems and experimental distinction from a quantised gravitational field • Interpretations of quantum mechanics, the measurement problem, and the potential role of gravity in quantum wave function reduction

Lern- und Qualifikationsziele	<p>The course should provide the participating students with a profound knowledge on the state of the art of the foundations of quantum mechanics and experimentally established facts on the interplay between gravitational and quantum physics. It should provide them with an overview of different ideas and approaches how to merge the theoretical description of quantum systems with the principles of general relativity, including obstacles and caveats.</p> <p>The advanced level course is ideally taken by Master students who already have some knowledge of general relativity but is open to interested students at all levels with a basic knowledge in quantum mechanics.</p>
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)
Unterrichtssprache	English

Modul PAFMT301 Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie IV	
Modulcode	PAFMT301
Modultitel (deutsch)	Themen der aktuellen Forschung: Gravitations- und Quantentheorie IV
Modultitel (englisch)	Topics of Current Research: Gravitation- and Quantum Theory IV
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. S. Bernuzzi
Empfohlene bzw. erwartete Vorkenntnisse	Modul Allgemeine Relativitätstheorie PAFMT001 oder äquivalent
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im M.Sc.Physik (128) Spezialisierung "Gravitations- und Quantentheorie"
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Sommersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	4 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	120 h
- Präsenzstunden	45 h
- Selbststudium	75 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Newtonian and Relativistic hydrodynamics Radiation hydrodynamics • Hyperbolic PDEs • Finite volume methods • Riemann problem and solvers • Conservative finite-differencing • Limiters • Galerkin methods
Lern- und Qualifikationsziele	This course covers the development of numerical techniques required to solve the nonlinear equations that arise in the study of Fluid Dynamics. It also covers the analytical background that governs the solutions of these equations. By the end of the course the students will have learned the techniques required to write numerical codes to solve problems in fluid dynamics and relativistic hydrodynamics
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	keine
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Schriftliche Prüfung (100%) Die Prüfungsform wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben.

Modul PAFWW006 Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen	
Modulcode	PAFWW006
Modultitel (deutsch)	Elektronenmikroskopie - Grundlagen und Anwendungen
Modultitel (englisch)	Electronmicroscopy - Fundamentals and Applications
Modul-Verantwortliche/r	Dr. A. Undisz, Dr. S. Lippmann, Dr. M. Seyring, Prof. M. Rettenmayr
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul für M.Sc. Werkstoffwissenschaft und M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Seminar: 3 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	150 h 75 h 75 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Prinzip und Wirkungsweise REM, TEM, STEM • Detektoren, Bildgebung, Elektronenbeugung • Konzentrationsanalyse (EDS, WDS, EELS) • Probenpräparation (mechanisch, physikalisch, chemisch) • Konkrete Beispiele zur Lösung materialwissenschaftlicher Fragestellungen
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Erwerb der Fach- und Methodenkompetenz für elektronenmikroskopische Techniken zur Lösung materialwissenschaftlicher Fragestellungen • Förderung der Sozial- und Selbstkompetenz in Fachdiskussionen und Projektarbeit
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Lösung einer materialwissenschaftlichen Fragenstellung mithilfe elektronenmikroskopischer Werkzeuge (100%) Zu bearbeitenden Fragestellungen werden zu Beginn der Lehrveranstaltung bekanntgegeben.
Empfohlene Literatur	Williams, D. B., Carter, C. B. „Transmission Electron Microscopy“ Springer 2009 Hornbogen, E., Skrotzki, B. „Mikro- und Nanoskopie der Werkstoffe“ Springer 2009
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFWW008 Biomaterialien und Medizintechnik	
Modulcode	PAFWW008
Modultitel (deutsch)	Biomaterialien und Medizintechnik
Modultitel (englisch)	Biomaterials and Medical Technology
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Klaus D. Jandt
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. und M.Sc. Werkstoffwissenschaften
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes 2. Semester (ab Wintersemester)
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 3 SWS Seminar: 1 SWS Praktika: 1 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	6 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	180 h
- Präsenzstunden	75 h
- Selbststudium	105 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Quellensuche und deren Auswertung, Vortrags- und Präsentationstechniken. • Werkstoffgruppen, Struktur und Eigenschaften – ein Überblick • Materialien in der Medizin: Einführung und Metalle / Keramik/ Polymere / Komposite • Orale Biomaterialien • Biologische, biochemische und medizinische Grundlagen der Biomaterialwissenschaft • Host reaction: biologische Reaktion auf Implantate • Test Methoden für Biomaterialien • Tissue Engineering • Aus Forschung und Anwendung (Gastvorträge) • Student Project Presentation

Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • die Studierenden zu befähigen, die wissenschaftlichen Grundlagen von Biomaterialien und der dazu notwendigen Medizintechnik zu beherrschen und einen guten Überblick darüber zu haben, wie sie in einer sicheren und kosteneffektiven Art und Weise Biomaterialien auszuwählen und anzuwenden haben. • die Studierenden zu befähigen, derzeitige und zukünftige Biomaterialien aufgrund ihrer soliden biomaterialwissenschaftlichen Kenntnisse zu testen und zu beurteilen sowie neue Biomaterialien zu entwickeln. • die Studierenden zu befähigen, sich Informationen über Biomaterialien zu beschaffen, diese kritisch zu analysieren und diese Informationen Kollegen, Ärzten, Patienten sowie einer breiten Öffentlichkeit zu vermitteln
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Modulnote (100%)
Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none"> • Fundamentals of Materials Science and Engineering – An Integrated Approach. 5th Edition, John Wiley & Sons, Inc. New York 2015; • E. Hornbogen: Werkstoffe. Springer Verlag 2008, • Biomaterials Science : An Introduction to Materials in Medicine by Buddy D. Ratner et al. Academic Press; 3edition 2012. • Medizintechnik mit biokompatiblen Werkstoffen und Verfahren. E. Wintermantel, S.-W. Ha. SpringerVerlag, 3. Auflage, Berlin 2002
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFWW027 Phasenfeldtheorie	
Modulcode	PAFWW027
Modultitel (deutsch)	Phasenfeldtheorie
Modultitel (englisch)	Phase Field Theory (intensive)
Modul-Verantwortliche/r	Prof. Dr. Markus Rettenmayr, Dr. Peter Galenko
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Keine
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Wahlpflichtmodul im B.Sc. und M.Sc. Werkstoffwissenschaften
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	Vorlesung: 2 SWS Übung: 2 SWS
Leistungspunkte (ECTS credits)	5 LP
Arbeitsaufwand (work load) in: - Präsenzstunden - Selbststudium (einschl. Prüfungsvorbereitungen)	150 h 60 h 90 h
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Mean-Field-Theorie, Phasenübergänge, Ordnungsparameter • konservative und nicht-konservative Phasenfeld-Modelle • Analytische Lösungen: Gleichgewicht und Dynamik • Erweiterte Modelle: Mehrphasen-Felder; "Phase Field Crystal"; • schnelle diffuse Grenzflächen • Modellierung: Grundlagen numerischer Algorithmen, numerischer Schemen und Verfahren
Lern- und Qualifikationsziele	Kenntnisse über Grundlagen der Theorie der Phasenübergänge mit diffuser und scharfer Grenze. Das Finden der Phasenfeld-Gleichungen, die analytische Lösung der Gleichungen für stationäre Systeme und für das Selbst-ähnliche Regime. Die Bestimmung der physikalischen Bedeutung der thermodynamischen und kinetischen Parameter des Phasenfelds. Numerische Integration der einfachsten Phasenfeld-Gleichungen in nicht-stationären Systemen. In der Übung werden die Modelle auf praktische Beispiele angewendet. Eine individuelle Konsultation dient der Unterstützung bei der Erstellung einer Projektarbeit.
Voraussetzung für die Zulassung zur Modulprüfung	Teilnahme an den Übungen, Abgabe einer Projektarbeit
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten (Prüfungsform)	Mündliche Prüfung (100%)

Empfohlene Literatur	<ul style="list-style-type: none">• Ausführliches Vorlesungsskript• N. Provatas, K. Elder: Phase-field methods in Materials Science and Engineering, WILEY-VCH, Weinheim, 2010;• H. Emmerich: The diffuse interface approach in materials science, Springer, Berlin 2003
Unterrichtssprache	Deutsch

Modul PAFMP099 Masterarbeit Physik	
Modulcode	PAFMP099
Modultitel (deutsch)	Masterarbeit Physik
Modultitel (englisch)	Master thesis
Modul-Verantwortliche/r	Alle Professoren PAF
Voraussetzung für die Zulassung zum Modul	Module Einführung in wiss. Arbeiten PAFM097, Projektplanung zur Masterarbeit PAFM098
Art des Moduls (Pflicht-, Wahlpflicht- oder Wahlmodul)	Pflichtmodul M.Sc. Physik
Häufigkeit des Angebots (Modulturnus)	jedes Semester
Dauer des Moduls	1 Semester
Zusammensetzung des Moduls / Lehrformen (V, Ü, S, Praktikum, ...)	25 SWS praktische kreative wissenschaftliche Arbeit unter Anleitung des betreuend en Hochschullehrers, der die Arbeit ausgibt und eines wissenschaftlichen Mitarbeiters.
Leistungspunkte (ECTS credits)	30 LP
Arbeitsaufwand (work load) in:	900 h
- Präsenzstunden	500 h
- Selbststudium	400 h
(einschl. Prüfungsvorbereitungen)	
Inhalte	<ul style="list-style-type: none"> • Das Thema der Materarbeit wird mit dem Einführungsprojekt festgelegt und kann aus allen Teilgebieten der Physik ausgewählt werden, die an der Physikalisch-Astronomischen Fakultät von Hochschullehrern vertreten werden. • Erarbeitung neuer wissenschaftlicher Kenntnisse auf einem Teilgebiet der Physik unter Anleitung
Lern- und Qualifikationsziele	<ul style="list-style-type: none"> • Selbständiges Erarbeitung von Kenntnissen aus der internationalen Fachliteratur • Wissenschaftliche Arbeit in einem Forscherkollektiv nach einem Plan • Zusammenfassende Darstellung wissenschaftlicher Ergebnisse in der Masterarbeit • Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse • Präsentation der Ergebnisse in Form eines wissenschaftlichen Vortrages oder Posters.
Unterrichtssprache	Deutsch, Englisch

Abkürzungen:

Abkürzungen für Veranstaltungen

AVL....	Antrittsvorlesung
AG....	Arbeitsgemeinschaft
AM....	Aufbaumodul
AS....	Ausstellung
BM....	Basismodul
BzPS....	Begleitveranstaltung zum Praxissemester
B....	Beratung
Bes....	Besichtigung
KB....	Besprechung
Blo....	Blockierung
BV....	Blockveranstaltung
DV....	Diavortrag
EF....	Einführungsveranstaltung
ES....	Einschreibungen
EKK....	Examensklausurenkurs
EX....	Exkursion
Exp....	Experiment/Erhebung
FE....	Feier/Festveranstaltung
F....	Filmvorführung
GÜ....	Geländeübung
GK....	Grundkurs
HpS....	Hauptseminar
HS/B....	Hauptseminar/Blockveranstaltung
HS/Ü....	Hauptseminar/Übung
Inf....	Informationsveranstaltung
IHS/ Ü....	Interdisziplinäres Hauptseminar/ Übung
KS....	Klausur
PR....	Klausur/Prüfung
K....	Kolloquium
K/P....	Kolloquium/Praktikum
KS....	Konferenz/Symposium
kV....	Kulturelle Veranstaltung
Ku....	Kurs
Ku....	Kurs

Abkürzungen für Veranstaltungen

Lag....	Lagerung
LFP....	Lehrforschungsprojekt
Lek....	Lektürekurs
M....	Modul
MV....	Musikveranstaltung
OS....	Oberseminar
OnLS....	Online-Seminar
OnV....	Online-Vorlesung
P....	Praktikum
PrS....	Praktikum/Seminar
PM....	Praxismodul
Pr....	Probe
PJ....	Projekt
PPD....	Propädeutikum
PS....	Proseminar
PrVo....	Prüfungsvorbereitung
QB....	Querschnittsbereich
RE....	Repetitorium
V/R....	Ringvorlesung
SU....	Schulung
S....	Seminar
S/E....	Seminar/Exkursion
S/Ü....	Seminar/Übung
SZ....	Servicezeit
Sl....	Sitzung
SoSch....	Sommerschule
SO....	Sonstiges
SV....	Sonstige Veranstaltung
SK....	Sprachkurs
TG....	Tagung
TT....	Teleteaching
TN....	Treffen
Tu....	Tutorium
T....	Tutorium
Ü....	Übung
Ü/B....	Übung/Blockveranstaltung
Ü....	Übungen
Ü/I....	Übung/Interdisziplinär
Ü/P....	Übung/Praktikum
Ü/T....	Übung/Tutorium

Abkürzungen für Veranstaltungen

Ve....	Versammlung
ViKo....	Videokonferenz
V....	Vorlesung
V/K....	Vorlesung m. Kolloquium
V/P....	Vorlesung/Praktikum
V/S....	Vorlesung/Seminar
V/Ü....	Vorlesung/Übung
Vor....	Vortrag
VT....	Vortrag
WS....	Wahlseminar
WV....	Wahlvorlesung
We....	Weiterbildung
Wo....	Workshop
WOS....	Workshop
ZÜ....	Zeugnisübergabe

Other Abbreviations

Anm.....	Anmerkung
ASQ....	Allgemeine Schlüsselqualifikationen
AT....	Altes Testament
E....	Essay
FSQ....	Fachspezifische Schlüsselqualifikationen
FSV....	Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften
GK....	Grundkurs
IAW....	Institut für Altertumswissenschaften
LP....	Leistungspunkte
NT....	Neues Testament
SQ....	Schlüsselqualifikationen
SS....	Sommersemester
SWS....	Semesterwochenstunden
TE....	Teilnahme
TP....	Thesenpublikation
ThULB....	Thüringer Universitäts- und Landesbibliothek
VVZ....	Vorlesungsverzeichnis
WS....	Wintersemester