

Modulhandbuch

zu der Prüfungsordnung

Studiengang Physik mit dem
Abschluss Master of Science

Ausgabedatum: 27.09.2022

Stand: 01.10.2022

Inhaltsverzeichnis

MA	Master-Arbeit mit Abschlusskolloquium	7
<i>Allgemeine Vertiefungsfächer</i>		
DA	Advanced Data Analysis	8
EAP	Einführung in die Atmosphärenphysik	9
FEFK	Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik	10
GETA	Grundlagen der Elementarteilchenphysik und der Teilchenastrophysik	12
KOS	Kosmologie	13
MSV	Messtechnik und Signalverarbeitung	14
ART	Allgemeine Relativitätstheorie	15
EQFT	Einführung in die Quantenfeldtheorie	16
FQM	Fortgeschrittene Quantenmechanik	17
GDP	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	18
TFKP	Theoretische Festkörperphysik	19
<i>Schwerpunkt Atmosphärenphysik</i>		
APST1	Spezielle Themen der Atmosphärenphysik I	20
APST2	Spezielle Themen der Atmosphärenphysik II	21
APST3	Spezielle Themen der Atmosphärenphysik für Fortgeschrittene	22
APS1	Seminar zur Atmosphärenphysik I	23
APS2	Seminar zur Atmosphärenphysik II	24
APS3	Seminar zur Atmosphärenphysik III	25
APML1	Atmosphärenforschung - Methoden I	26
APML2	Atmosphärenforschung - Methoden II	27
APPK1	Atmosphärenforschung - Projekte I	28
APPK2	Atmosphärenforschung - Projekte II	29
CDA	Chemie und Dynamik der Atmosphäre	30
APEM1	Atmosphärenforschung - Messungen I	31
APEM2	Atmosphärenforschung - Messungen II	32
APDV1	Atmosphärenforschung - Datenverarbeitung I	33
APDV2	Atmosphärenforschung - Datenverarbeitung II	34
APMM1	Atmosphärenforschung - Modellierungen I	35
APMM2	Atmosphärenforschung - Modellierungen II	36
<i>Allgemeine Vertiefungsfächer</i>		
DA	Advanced Data Analysis	37
EAP	Einführung in die Atmosphärenphysik	38

KOS	Kosmologie	39
MSV	Messtechnik und Signalverarbeitung	40
ART	Allgemeine Relativitätstheorie	41
EQFT	Einführung in die Quantenfeldtheorie	42
FQM	Fortgeschrittene Quantenmechanik	43
GDP	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	44
<i>Schwerpunkt Kondensierte Materie</i>		
IMG	Image Processing and Data Visualization	45
BIMG	Brain Imaging Seminar	46
Mag1	Magnetismus I	47
Mag2	Magnetismus II	48
SL1	Supraleitung I	49
SL2	Supraleitung II	50
MMF	Moderne experimentelle Methoden der Festkörperforschung	51
ERP	Experimentelle Röntgenphysik	52
SAFM	Synthese und Analytik funktionaler Materialschichten	53
SEFO	Seminar experimentelle Festkörper- und Oberflächenphysik	54
VTT	Vielteilchentheorien	55
SFT	Statistische Feldtheorie	56
ELV	Exakt lösbare Vielteilchenmodelle	57
SELM	Seminar zu Exakt lösbare Modelle	58
SSP	Seminar zur Statistischen Physik	59
SMwM	Statistische Mechanik weicher Materie	60
NMvM	Numerische Methoden in der Physik der weichen Materie	61
AMwM	Anwendungen und Methoden der Computersimulation weicher kondensierter Materie	62
SPC	Stochastische Prozesse	63
AA	Asymptotische Analysis	64
<i>Allgemeine Vertiefungsfächer</i>		
DA	Advanced Data Analysis	65
FEFK	Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik	66
KOS	Kosmologie	68
MSV	Messtechnik und Signalverarbeitung	69
ART	Allgemeine Relativitätstheorie	70
EQFT	Einführung in die Quantenfeldtheorie	71
FQM	Fortgeschrittene Quantenmechanik	72
GDP	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	73
TFKP	Theoretische Festkörperphysik	74
<i>Schwerpunkt Teilchenphysik</i>		
STEP	Spezielle Themen der Elementarteilchenphysik	75
SMTF	Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik	76
TPWR	Weltweit verteiltes Rechnen	77
TPDP	Detectors and Methods in Particle and Astroparticle Physics	78

PHK	Physik der Hadronen und Kerne	79
SDT	Seminar zu Detektoren der Teilchenphysik	80
STP	Seminar zur Teilchenphysik	81
STB	Seminar zur Teilchenphysik an Beschleunigern	82
SPTQ	Seminar zur Physik mit Top-Quarks	83
SEAT	Seminar zu Experimenten der Astroteilchenphysik	84
SNP	Seminar zur Neutrino-physik	85
SPkS	Seminar zur Physik der kosmischen Strahlung	86
SMP	Seminar zur Mittelenergiephysik	87
STPM	Seminar zur Teilchenphänomenologie	88
VLGT	Vertiefungsseminar zur Lattice Gauge Theory	89
VFPG	Vertiefungsseminar Flavorphysik auf dem Gitter	90
AFP	Ausgewählte Kapitel der Flavorphysik	91
AGE	Ausgewählte Kapitel der Gittereichtheorie	93
AGP	Ausgewählte Kapitel der Gravitationsphysik	94
AKT	Ausgewählte Kapitel der Kosmologie und Teilchenphysik	95
FQFT	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	96
HTTP	Vertiefungsseminar Hochleistungsrechnen in der theoretischen Teilchenphysik	97
NuDM	Neutrinos und Dunkle Materie	98
MMA	Multimessenger-Astronomie	99
NwKT	Methoden zum Nachweis hochenergetischer Teilchen aus dem Universum	100
<i>Allgemeine Vertiefungsfächer</i>		
DA	Advanced Data Analysis	101
GETA	Grundlagen der Elementarteilchenphysik und der Teilchenastrophysik	102
KOS	Kosmologie	103
MSV	Messtechnik und Signalverarbeitung	104
ART	Allgemeine Relativitätstheorie	105
EQFT	Einführung in die Quantenfeldtheorie	106
FQM	Fortgeschrittene Quantenmechanik	107
GDP	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	108
<i>Praktika</i>		
PP	Projekt-Praktikum	109
MP	Master-Praktikum	110
<i>Master-Phase</i>		
MMP	Methodenerkenntnis und Projektplanung	112
MFS	Fachliche Spezialisierung	113
<i>Nichtphysikalische Wahlpflichtmodule</i>		
<i>Mathematik</i>		
Alg1	Algebra 1	114
Alg2	Algebra 2	115

AlgGeo1	Algebraische Geometrie 1	116
AlgGeo2	Algebraische Geometrie 2	117
FunkAna1	Funktionalanalysis 1	118
FunkAna2	Funktionalanalysis 2	119
KompAna1	Komplexe Analysis 1	120
KompAna2	Komplexe Analysis 2	121
PDGI	Partielle Differentialgleichungen	122
StochDGI	Stochastische Differentialgleichungen	123
Top1	Topologie 1	124
Top2	Topologie 2	125
Wath	Wahrscheinlichkeitstheorie	126
Opt1	Optimierung 1	127
Opt2	Optimierung 2	128
RiTh	Risikotheorie	129
Algo1	Discrete Methods for Numerical Computation	130
Algo2	Parallel Algorithms	131
CompFi1	Computational Finance 1	132
CompFi2	Computational Finance 2	133
VerNum	Verifikationsnumerik	134
NumAna1	Numerical Analysis and Simulation 1	135
NumAna2	Numerical Analysis and Simulation 2	136
Wei.KomAlg	Weiterführung Algebra: Kommutative Algebra	137
Wei.AlgGeo	Weiterführung Algebra: Algebraische Geometrie	138
Wei.KompAna	Weiterführung Analysis: Komplexe Analysis	139
Wei.Num	Weiterführung Numerik	140
Wei.Stat	Weiterführung Stochastik: Angewandte Statistik	142
Wei.Maß	Weiterführung Stochastik: Maß- und Integrationstheorie	143
Wei.TopGeo	Weiterführung Topologie und Geometrie	144
<i>Informatik</i>		
INF22	Automaten, Sprachen und Berechenbarkeit	145
INF52	Introduction to Data Science	146
AKapData	Ausgewählte Kapitel in Data Analytics	147
INF56	Special Topics in Scientific Computing	148
<i>Wirtschaftswissenschaften</i>		
MWiWi 1.1	Risikocontrolling	149
MWiWi 1.4	Innovations- und Technologiemanagement	150
MWiWi 1.6	Informationsmanagement und IT-Projektmanagement	152
MWiWi 1.9	Kapitalmarkttheorie und Portfoliomanagement	153
MWiWi 1.12	Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung	155
MWiWi 1.13	Supply Chain Management	156
MWiWi 1.19	International Corporate Governance	157
MWiWi 2.1	Allgemeine Steuerlehre	159
MWiWi 2.5	International Macroeconomics and Globalization	160

MWiWi 2.18	Public Economics	162
MWiWi 4.1	Advanced OR-methods in Operations Management	163
MWiWi 4.9	Regression and Time Series Analysis	164
BWiWi 1.3	Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre III (Finanzierung, Investition, Organisation und Unternehmensführung)	165
BWiWi 1.6	Grundzüge der Volkswirtschaftslehre III (Wirtschaftspolitik)	167
<i>Chemie</i>		
MChP1	Struktur und Reaktivität	168
MChP3	Dynamik, Spektroskopie und Berechnung von Molekülstrukturen	171
MChS13	Weiche Materialien	174
MChS21	Umweltchemie (Böden und Wasser)	177
MChS22	Atmosphärenchemie	180
MChS25	Nachhaltige Chemie	183
<i>Elektrotechnik</i>		
FBE0181	Signale und Systeme	186
FBE0166	Theoretische Nachrichtentechnik ET	187
FBE0106	Regelungstheorie	188
FBE0100	Optimierungsmethoden der Regelungstechnik	189
<i>Maschinenbau</i>		
STO	Strukturoptimierung	190
TPO	Topologieoptimierung	192
CFD	Numerische Strömungsberechnung	194
NBM	Numerische Berechnung von Mehrphasenströmungen	195
<i>Industrie-Praktikum</i>		
IndPM	Industriepraktikum - Master	196

MA	Master-Arbeit mit Abschlusskolloquium	PF/WP PF	Gewicht der Note 30	Workload 30 LP	Aufwand 900 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Die Studierenden kennen Methoden, Techniken und Verfahren in einem ausgewählten Gebiet der Physik und können sie auf ein konkretes und aktuelles wissenschaftliches Problem anwenden. Sie können neue Ergebnisse im Umfeld der Problemstellung erzeugen, diese schriftlich darstellen können und sie vor einem Fachpublikum präsentieren und verteidigen. Sie besitzen Erfahrung im Projektmanagement und dem Arbeiten in einer großen Gruppe.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 4	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41119	Abschlussarbeit (Thesis)	12 Monate	1	28
Modulabschlussprüfung ID: 41145	Präsentation mit Kolloquium		1	2

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MA-a	Abschlusskolloquium	PF	Seminar	2	60 h
MA-b	Master-Arbeit	PF	Projekt	0	840 h
<p>Inhalte:</p> <p>Die Master-Arbeit bildet den Abschluss des Masterstudiums. In ihrem Rahmen bearbeiten die Studierenden selbständig ein aktuelles Thema aus der Forschungsarbeit eines der Schwerpunkte der Fachgruppe: Atmosphärenphysik, Kondensierte Materie oder Teilchenphysik. Die Ergebnisse werden in einem Abschlusskolloquium verteidigt und sollen in der Regel zu einer wissenschaftliche Publikation beitragen.</p>					

Allgemeine Vertiefungsfächer

DA	Advanced Data Analysis	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene mathematische Konzepte und Methoden zur Analyse von Messdaten. Sie sind in der Lage, physikalische Parameter mit Hilfe der erweiterten Maximum Likelihood Methode zu bestimmen. Sie können diese Methoden insbesondere im Bereich Datenauswertung der experimentellen Teilchenphysik anwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41028	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41086	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
DA-a		Advanced Data Analysis	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Erweiterte Likelihood-Methode - Statistische Test inklusive systematische Fehler - Signifikanz-Maße / CLs Methode - Profiling / Marginalisierung - Vertrauensintervalle - Entfaltungsmethoden - Resampling Verfahren - Multivariate Methoden						
DA-b		Übungen Advanced Data Analysis	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

EAP	Einführung in die Atmosphärenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen ein Verständnis fundamentaler Zusammenhänge in der Atmosphärenphysik und haben Kenntnisse über grundlegende Gleichungen der Atmosphärenphysik. Sie kennen den Zusammenhang zwischen chemischen und physikalischen Prozessen in der Atmosphäre. Sie haben einen fundierten Überblick über den Spurenstoffhaushalt und die Strahlungsbilanz der Erde sowie die atmosphärische Zirkulation. Die Studierenden verstehen die grundlegenden Phänomene des Wetters und des Klimas.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40919	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 40996	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	3
Modulabschlussprüfung ID: 76363	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
EAP-a	Einführung in die Atmosphärenphysik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Grundgleichungen und Definitionen - Atmosphärische Thermodynamik - Strahlung im System Atmosphäre - Globale Energiebilanz und Treibhauseffekt - Spurengase und Photochemie - Dynamik der Atmosphäre - Atmosphärische Zirkulation - Kopplung von Chemie und Transport - Äußere Einflüsse auf die Atmosphäre - Ionosphäre und Magnetosphäre					
EAP-b	Übung Einführung in die Atmosphärenphysik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

FEFK	Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen fortgeschrittene festkörperphysikalische bzw. -technologische Fragestellungen und Theorien sowie Experimentiertechniken der modernen Festkörper- und Materialforschung. Sie haben ein Verständnis von strukturellen, elektronischen und magnetischen Festkörperanregungen und entsprechenden experimentellen Signaturen. Die Studierenden sind in der Lage, ihre Kenntnisse auf aktuelle Forschungsfragestellungen anzuwenden und die Physik moderner Funktionsmaterialien zu verstehen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 75972	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	6
Unbenotete Studienleistung ID: 75974	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FEFK-a	Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Elektronische Eigenschaften Semiklassische Theorie der Leitfähigkeit in Metallen; Methoden zur Bestimmung der Fermi-Oberfläche in Metallen, Bandstruktur ausgewählter Metalle, Streuprozesse der Elektronen in Festkörpern; Boltzmann-Theorie; Homogene Halbleiter; Inhomogene Halbleiter: p-n-Übergang und technologische Anwendungen; Quanten-Hall-Effekt; Supraleitung Gittereigenschaften – Phononen Harmonische Theorie und Thermodynamik; Anharmonische Effekte und Transport Magnetismus Dia- und Paramagnetismus; Elektronische Wechselwirkungen und magnetische Struktur; Magnetische Ordnung und Spinwellen.					
FEFK-b	Übung Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					
FEFK-c	Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik-Seminar	PF	Seminar	2	60 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden anhand ausgewählter Themen ergänzt und vertieft.					

GETA	Grundlagen der Elementarteilchenphysik und der Teilchenastrophysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Struktur des Standardmodells der Elementarteilchenphysik und möglicher Erweiterungen und verfügen über die Grundlagen zur theoretischen Berechnung und experimentellen Messung der Eigenschaften von Elementarteilchen an Teilchenbeschleunigern höchster Energie. Die Studierenden sind in der Lage, die Wechselbeziehung zwischen der Teilchenphysik und Astroteilchenphysik darzulegen. Sie können die Mechanismen, die der Entstehung kosmischer Teilchenstrahlung zugrunde liegt, erklären und darlegen, wie kosmische Strahlung experimentell nachgewiesen werden kann.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41115	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
GETA-a	Grundlagen der Elementarteilchenphysik und der Teilchenastrophysik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Theorie der Feynman-Diagramme - Grundlagen der Starken und der Elektroschwachen Wechselwirkung - Fermionsektor: Top-Quark, CKM-Matrix, Neutrinos - Mögliche Erweiterungen (u.a. Supersymmetrie, Extra Dimensionen) - Experimentelle Daten und allg. Eigenschaften der Teilchen-, Gamma- und Neutrino-Strahlung, Entstehungsprozesse, aktive Galaxien, Rätsel der höchstenergetischen Teilchen - TeV Gamma-Strahlung, solare Neutrinos, TeV-Neutrino-Astronomie, neue experimentelle Techniken - Bezug zur Kosmologie					
GETA-b	Übung Grundlagen der Elementarteilchenphysik und der Teilchenastrophysik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

KOS	Kosmologie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der Kosmologie. Sie verstehen das Urknall-Modell und seine wichtigsten Säulen (Hubble-Expansion, Mikrowellenhintergrundstrahlung, Synthese der leichten Elemente) und begreifen die Notwendigkeit der Existenz dunkler Materie und dunkler Energie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39095	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
KOS-a	Kosmologie	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Allgemeine Koordinatentransformationen, Metrik der Raumzeit, Geodäten, Lösungen der Einsteinschen Gleichungen, Schwarze Löcher, kosmische Dynamik und Weltmodelle, Hubble Gesetz, kritische Dichte des Universums, kosmologische Konstante, Altersbestimmungen, Mikrowellenhintergrundstrahlung, Primordiale Nukleosynthese, Dunkle Materie					
KOS-b	Übung Kosmologie	PF	Übung	1	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

MSV	Messtechnik und Signalverarbeitung	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen moderne Messverfahren und besitzen die erforderlichen Kenntnisse aus den Bereichen analoge und digitale Signalverarbeitung, Systemtheorie und physikalische Messtechnik. Die Studierenden sind in der Lage, Systeme zur Aufnahme und Verarbeitung von Messdaten nach Kriterien wie Empfindlichkeit, Auflösung oder Dynamik zu beurteilen und zu optimieren.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 41097	Schriftliche Prüfung (Klausur)	150 Minuten	unbeschränkt	5
Modulabschlussprüfung ID: 40978	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	5
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 40855 ist in Komponente b zu erbringen.				
Unbenotete Studienleistung ID: 40855	Präsentation mit Kolloquium		unbeschränkt	1

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MSV-a	Messtechnik und Signalverarbeitung	PF	Vorlesung	3	150 h
Inhalte: Signale im Zeit- und Frequenzbereich, Digitalisierung, FT - DFT, LTI-Systeme, Übertragungsfunktionen, komplexe Frequenzebene, Laplacetransformation, z-Transformation, passive und aktive Filter, Signale und Rauschen, Rauschquellen, Rauschfortpflanzung, Methoden zur Empfindlichkeitsverbesserung, Modulation, Demodulation, Mischung (analog/digital), Spektrumanalyse, Netzwerkanalyse, Digitale Filter, Algorithmen zur digitalen Signal- und Bildverarbeitung, Wavelet-Transformation, Tomographische Rekonstruktionsverfahren, Messverfahren (beispielhaft), z.B. Messung ionisierender Strahlung, Spektroskopie, Tomographische Verfahren					
MSV-b	Übung Messtechnik und Signalverarbeitung	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

ART	Allgemeine Relativitätstheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der allg. Relativitätstheorie als theoretisches Fundament der Kosmologie. Sie sind in der Lage, das erlernte Wissen in Übungsaufgaben anzuwenden und zu vertiefen. Sie verstehen die Grundlagen von Fachartikeln zu Themen der Raumzeitkosmologie (z.B. Urknallmodell, beschleunigte Expansion, Inflationsmodelle und deren Manifestation in der Hintergrundstrahlung und Strukturbildung, dunkle Energiesowie dunkle Materie).</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 38971	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
ART-a	Vorlesung Allgemeine Relativitätstheorie	PF	Vorlesung	3	120 h
<p>Inhalte: Allgemeine Koordinatentransformationen, Metrik der Raumzeit, Geodäten, Lösungen der Einsteinschen Gleichungen, kosmische Dynamik und Weltmodelle, Hubble Gesetz, Beiträge zur Energiedichte im Universum, Zustandsgleichung, thermodynamische Entwicklung des Universums, beschleunigte Expansion, Evidenz für dunkle Energie und dunkle Materie, Inflationsmodelle, Zusammenhang zwischen Quantenfluktuationen und Strukturbildung</p>					
ART-b	Übung Allgemeine Relativitätstheorie	PF	Übung	1	60 h
<p>Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.</p>					

EQFT	Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Grundprinzipien der relativistischen Quantenmechanik aus der feldtheoretischen Formulierung. Sie kennen grundlegende Rechentechniken der Quantenfeldtheorie und ihre Anwendungen in der Teilchenphysik und Statistischen Feldtheorie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: nur im Sommersemester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40901	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 40963	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
EQFT-a	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Relativistischen Quantenmechanik - Nöthertheorem - Feldquantisierung im Impulsraum - Dirac-Propagator des freien Skalarfeldes - Wick-Theorem - Wechselwirkung, Normalordnung, Zeitordnung - Feynman-Diagramme - Wirkungsquerschnitte und Zerfallsraten - Regularisierung und Renormierung - Darstellungen der Poincare-Gruppe - Grassmann-Variablen - Pfadintegrale - Quantisierung von Eichtheorien - Quantenelektrodynamik				
EQFT-b	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Die Inhalte der Vorlesung werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.				

FQM	Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen fortgeschrittene Methoden und Techniken der Quantenmechanik, insbesondere die relativistische Formulierung und Feldquantisierung der Quantenmechanik. Sie sind in der Lage, Ableitung und Behandlung von fortgeschrittenen quantenmechanischen Problemen zu formulieren. Sie besitzen einen Überblick über verschiedene Rechenmethoden und Näherungen sowie die fundamentale Bedeutung relativistischer Phänomene in der Physik. Die Studierenden kennen die Grundlagen der theoretischen Teilchenphysik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39291	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39113	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FQM-a	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Invarianz der Bewegungsgleichungen und Erhaltungssätze - Zeitumkehr - Zeitabhängige Störungstheorie - Variationsmethoden - Hartree-Fock-Gleichung - Struktur der Moleküle - Streutheorie: Wirkungsquerschnitt, Bornsche Reihe, Einfach- und Mehrfachstreuung - S- und T-Matrix - Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon und Dirac-Gleichung - Feldquantisierung - Quantentheorie der Strahlung - Grundlagen der Teilchenphysik				
FQM-b	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.				

GDP	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Gruppen- und Darstellungstheorie und besitzen Kenntnisse über die Anwendbarkeit der Gruppentheorie in der Physik und Vermittlung der Bedeutung von Symmetrien und des Zusammenhangs von gruppentheoretischen Methoden. Sie besitzen einen Überblick über die mathematischen Strukturen der Symmetrien in der Physik. Die so gewonnen Erkenntnisse können eigenständig auf andere und neue Probleme übertragen werden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41161	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41072	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
GDP-a	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Eine Auswahl aus den Themen: - Elementare Gruppentheorie - Kristallographische Gruppen - Darstellungen endlicher Gruppen - Lie-Gruppen und Lie-Algebren - Die Drehgruppe und ihre Darstellungen - Wigner-Eckart-Theorem - Lorentz- und Poincaregruppe und ihre Darstellungen - Spinoren - Harmonische Oszillatorgruppe					
GDP-b	Übung Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

TFKP	Theoretische Festkörperphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen den strukturellen Aufbau von Festkörpern, die Symmetrien von Kristallgittern und der elementaren Anregungen. Sie können eigenständig Dispersionsrelationen für Phononen und Bandelektronen und ihrer Konsequenzen für thermodynamische Eigenschaften im Rahmen von effektiven Modellen ableiten. Sie kennen verschiedene Rechenmethoden und die fundamentale Bedeutung der Korrelationsfunktionen für die Erklärung von Transportphänomenen und von Verfahren zur Materialuntersuchung wie Streuexperimente mit Neutronen etc.					
Allgemeine Bemerkungen: Vor der Teilnahme empfohlen: Theoretische Physik 1- 4 aus dem B.Sc. in Physik					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41172	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41103	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
TFKP-a	Theoretische Festkörperphysik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Hamiltonoperatoren der Festkörpertheorie - Adiabatisches Prinzip - Kristallgitter und Symmetrien - Blochsches Theorem - Phononen und Thermodynamik der Gitterschwingungen - Neutronenstreuung am Kristall - Bändermodell - Transportphänomene - optische Eigenschaften					
TFKP-b	Übung Theoretische Festkörperphysik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

Schwerpunkt Atmosphärenphysik

APST1	Spezielle Themen der Atmosphärenphysik I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen ein vertieftes Verständnis zu Themenbereichen der Atmosphärendynamik sowie des Transports von Spurenstoffen.					
Allgemeine Bemerkungen: Erfolgreiche Absolvierung des Moduls EAP im Master-Studiengang Physik oder des Moduls ATM im Bachelor-Studiengang Physik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41138	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand	
APST1-a	Spezielle Themen der Atmosphärenphysik I	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Nach Aktualität im Wechsel ein Thema aus den Gebieten Dynamik der Atmosphäre, Chemie der Atmosphäre, Sonnenphysik und Magnetosphäre, Messmethoden der Geophysik, Troposphärenchemie, Molekülspektroskopie, Planetenatmosphären. Konkrete Themen sind zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> - Klimawandel: Vom Prozessverständnis zur Vorhersage - Die extra-tropische Tropopausenregion: Beobachtung und Simulation - Dynamik und Transport in der Stratosphäre (zweisemestrig) - Messtechniken in der Atmosphärenphysik - Atmosphärischer Strahlungstransport - Inverse Modellierung von Fernerkundungsdaten 					

APST2	Spezielle Themen der Atmosphärenphysik II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen ein vertieftes Verständnis zu Themenbereichen der atmosphärischen Mikrophysik, der Atmosphärenchemie, sowie der verwendeten Messtechniken.					
Allgemeine Bemerkungen: Erfolgreiche Absolvierung des Moduls EAP im Master-Studiengang Physik oder des Moduls ATM im Bachelor-Studiengang Physik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40969	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APST2-a	Spezielle Themen der Atmosphärenphysik II	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Nach Aktualität im Wechsel ein Thema aus den Gebieten Dynamik der Atmosphäre, Chemie der Atmosphäre, Sonnenphysik und Magnetosphäre, Messmethoden der Geophysik, Troposphärenchemie, Molekülspektroskopie, Planetenatmosphären. Konkrete Themen sind zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> - Klimawandel: Vom Prozessverständnis zur Vorhersage - Die extra-tropische Tropopausenregion: Beobachtung und Simulation - Dynamik und Transport in der Stratosphäre (zweisemestrig) - Messtechniken in der Atmosphärenphysik - Atmosphärischer Strahlungstransport - Inverse Modellierung von Fernerkundungsdaten 					

APST3	Spezielle Themen der Atmosphärenphysik für Fortgeschrittene	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen ein vertieftes Verständnis zum Themenbereich der numerischen Modellierung der Atmosphäre.					
Allgemeine Bemerkungen: Erfolgreiche Absolvierung des Moduls EAP im Master-Studiengang Physik oder des Moduls ATM im Bachelor-Studiengang Physik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten				
Modulabschlussprüfung ID: 41136	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3
Modulabschlussprüfung ID: 40983	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	3

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
APST3-a		Spezielle Themen der Atmosphärenphysik für Fortgeschrittene III	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Nach Aktualität im Wechsel ein Thema aus den Gebieten Dynamik der Atmosphäre, Chemie der Atmosphäre, Sonnenphysik und Magnetosphäre, Messmethoden der Geophysik, Troposphärenchemie, Molekülspektroskopie, Planetenatmosphären. Konkrete Themen sind zum Beispiel: - Klimawandel: Vom Prozessverständnis zur Vorhersage - Die extra-tropische Tropopausenregion: Beobachtung und Simulation - Dynamik und Transport in der Stratosphäre - Messtechniken in der Atmosphärenphysik - Atmosphärischer Strahlungstransport - Inverse Modellierung von Fernerkundungsdaten						
APST3-b		Übungen zu Spezielle Themen der Atmosphärenphysik für Fortgeschrittene	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

APS1	Seminar zur Atmosphärenphysik I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden sind in der Lage, sich ein ausgewähltes Thema aus den Bereichen Atmosphärendynamik und Spurenstofftransport selbst zu erarbeiten und dieses in einem Seminarvortrag vorzustellen. Sie beherrschen die Informationsrecherche in der Literatur und im Internet sowie die Aufbereitung der Informationen zu einer Präsentation. Sie können das behandelte Thema zielgruppengerecht darstellen und didaktisch gestalten.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Erfolgreiche Absolvierung des Moduls EAP im Master-Studiengang Physik oder des Moduls ATM im Bachelor-Studiengang Physik.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40896	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APS1-a	Seminar zur Atmosphärenphysik I	PF	Seminar	2	90 h
<p>Inhalte: Themen aus der aktuellen Forschung und deren Präsentation. Konkrete Themen sind zum Beispiel: Klimawandel: Vom Prozessverständnis zur Vorhersage Die extra-tropische Tropopausenregion: Beobachtung und Simulation Dynamik und Transport in der Stratosphäre (zweisemestrig) Messtechniken in der Atmosphärenphysik Atmosphärischer Strahlungstransport Inverse Modellierung von Fernerkundungsdate</p>					

APS2	Seminar zur Atmosphärenphysik II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind in der Lage, sich ein ausgewähltes Thema aus den Bereichen Atmosphärenchemie und -mikrophysik selbst zu erarbeiten und dieses in einem Seminarvortrag vorzustellen. Sie beherrschen die Informationsrecherche in der Literatur und im Internet sowie die Aufbereitung der Informationen zu einer Präsentation. Sie können das behandelte Thema zielgruppengerecht darstellen und didaktisch gestalten.					
Allgemeine Bemerkungen: Erfolgreiche Absolvierung des Moduls EAP im Master-Studiengang Physik oder des Moduls ATM im Bachelor-Studiengang Physik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41132	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APS2-a	Seminar zur Atmosphärenphysik II	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Themen aus der aktuellen Forschung und deren Präsentation. Konkrete Themen sind zum Beispiel: <ul style="list-style-type: none"> - Klimawandel: Vom Prozessverständnis zur Vorhersage - Die extra-tropische Tropopausenregion: Beobachtung und Simulation - Dynamik und Transport in der Stratosphäre (zweisemestrig) - Messtechniken in der Atmosphärenphysik - Atmosphärischer Strahlungstransport - Inverse Modellierung von Fernerkundungsdaten 					

APS3	Seminar zur Atmosphärenphysik III	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden sind in der Lage, sich ein ausgewähltes Thema aus den Bereichen atmosphärischer Strahlungstransport und Fernerkundung selbst zu erarbeiten und dieses in einem Seminarvortrag vorzustellen. Sie beherrschen die Informationsrecherche in der Literatur und im Internet sowie die Aufbereitung der Informationen zu einer Präsentation. Sie können das behandelte Thema zielgruppengerecht darstellen und didaktisch gestalten.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Erfolgreiche Absolvierung des Moduls EAP im Master-Studiengang Physik oder des Moduls ATM im Bachelor-Studiengang Physik.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40866	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APS3-a	Seminar zur Atmosphärenphysik III	PF	Seminar	2	90 h
<p>Inhalte: Themen aus der aktuellen Forschung und deren Präsentation. Konkrete Themen sind zum Beispiel: Klimawandel: Vom Prozessverständnis zur Vorhersage Die extra-tropische Tropopausenregion: Beobachtung und Simulation Dynamik und Transport in der Stratosphäre (zweisemestrig) Messtechniken in der Atmosphärenphysik Atmosphärischer Strahlungstransport Inverse Modellierung von Fernerkundungsdaten</p>					

APML1	Atmosphärenforschung - Methoden I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die neuesten Ergebnisse und Erkenntnisse aus Publikation in Fachzeitschriften zu Methoden der Atmosphärenforschung. Sie sind in der Lage, diese einem Fachpublikum darzustellen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41005	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APML1-a	Methodenerkenntnis und Ergebnisdarstellung in der Geophysik I	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Beschäftigung mit aktueller Forschung anhand der neuesten Originalveröffentlichungen, von Konferenzberichten, von Workshops u.Ä.					

APML2	Atmosphärenforschung - Methoden II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die neuesten Ergebnisse und Erkenntnisse aus Publikation in Fachzeitschriften zu Methoden der Atmosphärenforschung. Sie sind in der Lage, diese einem Fachpublikum darzustellen, zu diskutieren und kritisch zu hinterfragen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41019	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APML2-a	Methodenerkenntnis und Ergebnisdarstellung in der Geophysik II	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Beschäftigung mit aktueller Forschung anhand der neuesten Originalveröffentlichungen, von Konferenzberichten, von Workshops u.Ä.					

APPK1	Atmosphärenforschung - Projekte I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind in der Lage, wissenschaftliche Projekte in der Atmosphärenforschung zu planen, zu dokumentieren und durchzuführen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41062	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APPK1-a	Projektplanung und Kontrolle I	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Konkrete Planung und Durchführung von Forschungsprojekten, Erstellung von Zeit-, Einsatz-, und Kostenplänen, Berichtswesen					

APPK2	Atmosphärenforschung - Projekte II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind in der Lage, wissenschaftliche Projekte in der Atmosphärenforschung zu planen, zu dokumentieren und durchzuführen und das eigene Handeln kritisch zu hinterfragen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41058	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APPK2-a	Projektplanung und Kontrolle II	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Konkrete Planung und Durchführung von Forschungsprojekten, Erstellung von Zeit-, Einsatz-, und Kostenplänen, Berichtswesen					

CDA	Chemie und Dynamik der Atmosphäre	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden verstehen, wie die Zusammensetzung der Atmosphäre durch das Zusammenwirken von dynamischen, photochemischen und mikrophysikalischen Prozessen bestimmt wird. Sie sind mit den wichtigsten physikalischen und -chemischen Messtechniken vertraut, mit denen die atmosphärische Zusammensetzung bestimmt werden kann. Sie wissen, wie Messergebnisse zusammen mit numerischen Simulationen verwendet werden, um die genannten bestimmenden Prozesse auf lokaler bis zu globaler Skala zu untersuchen. Die Studierenden sind in der Lage, Messergebnisse vor dem Hintergrund theoretischer Konzepte zu interpretieren und mit einem Fachpublikum zu diskutieren.					
Allgemeine Bemerkungen: Erfolgreiche Absolvierung des Moduls EAP im Master- Studiengang Physik oder des Moduls ATM im Bachelor-Studiengang Physik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41046	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CDA-a	Kompaktkurs Atmosphärische Chemie und Dynamik	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Dies ist ein Kompaktkurs, der am Forschungszentrum Jülich durchgeführt wird, mit den Inhalten: Struktur und Zusammensetzung der Atmosphäre, Gasphasenchemie der Troposphäre, Aerosole, Isotope, Stratosphärenchemie, Fernerkundungsmethoden und Ergebnisse, Transporte und deren Zusammenwirken mit der Chemie, Globale Veränderungen, Modellierungen					
CDA-b	Übungen zum Kompaktkurs Atmosphärische Chemie und Dynamik	PF	Übung	1	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

APEM1	Atmosphärenforschung - Messungen I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind im Umgang mit verschiedenen hochmodernen Fernerkundungs- und In-situ-Messverfahren vertraut, mit denen physikalische oder chemische Größen in der Atmosphäre gemessen werden. Sie sind in der Lage, für verschiedene Anwendungen geeignete Messverfahren zu identifizieren, zu entwickeln sowie die Messunsicherheiten zu beurteilen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40930	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APEM1-a	Kolloquium zu Atmosphärenerkundungsmethoden I	PF	Seminar	3	90 h
Inhalte: Einführung in moderne Messtechniken, deren Auslegung und Anwendung					

APEM2	Atmosphärenforschung - Messungen II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind im Umgang mit verschiedenen hochmodernen Fernerkundungs- und In-situ-Messverfahren vertraut, mit denen physikalische oder chemische Größen in der Atmosphäre gemessen werden. Sie sind in der Lage, für verschiedene Anwendungen geeignete Messverfahren zu identifizieren, zu entwickeln bzw. weiterzuentwickeln sowie die Messunsicherheiten zu beurteilen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41037	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APEM2-a	Kolloquium zu Atmosphärenerkundungsmethoden II	PF	Seminar	3	90 h
Inhalte: Einführung in moderne Messtechniken, deren Auslegung und Anwendung					

APDV1	Atmosphärenforschung - Datenverarbeitung I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind im Umgang mit verschiedenen modernen Softwarepaketen und Programmiersprachen vertraut, die zur Verarbeitung, Auswertung, Darstellung und Archivierung von atmosphärenphysikalischen/-chemischen Messdaten verwendet werden. Sie sind in der Lage, Softwareprogramme zur Datenprozessierung und -visualisierung zu entwickeln, die Messergebnisse aufzubereiten, darzustellen sowie mittels statistischer Methoden zu analysieren.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41076	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APDV1-a	Kolloquium zur Datenverarbeitung von globalen und lokalen Messdaten I	PF	Seminar	3	90 h
Inhalte: Einführung in moderne Datenverarbeitungsmethoden, Auswertung von Messdaten, deren Darstellung und Archivierung					

APDV2	Atmosphärenforschung - Datenverarbeitung II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind im Umgang mit verschiedenen modernen Softwarepaketen und Programmiersprachen vertraut, die zur Verarbeitung, Auswertung, Darstellung und Archivierung von atmosphärenphysikalischen/-chemischen Messdaten verwendet werden. Sie sind in der Lage, Softwareprogramme zur Datenprozessierung und -visualisierung zu entwickeln bzw. weiterzuentwickeln, die Messergebnisse aufzubereiten, darzustellen sowie mittels statistischer Methoden zu analysieren.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41050	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APDV2-a	Kolloquium zur Datenverarbeitung von globalen und lokalen Messdaten II	PF	Seminar	3	90 h
Inhalte: Einführung in moderne Datenverarbeitungsmethoden, Auswertung von Messdaten, deren Darstellung und Archivierung					

APMM1	Atmosphärenforschung - Modellierungen I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen verschiedene Modelle der dynamisch/chemischen Vorgänge in der Atmosphäre und wissen mit Hilfe von Messdaten die Modelle zur Vorhersage von Atmosphärenvorgängen zu nutzen. Sie sind in der Lage, die benötigte Software zu entwickeln, zu dokumentieren und zu nutzen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41183	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APMM1-a	Kolloquium zur Modellierung von Atmosphärenvorgängen I	PF	Seminar	3	90 h
Inhalte: Einführung in die Modellierung physikalischer und chemischer Prozesse der Atmosphäre, Anwendung von globalen 1-D / 3-D Modellen, Vergleiche mit Messdaten					

APMM2	Atmosphärenforschung - Modellierungen II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen verschiedene Modelle der dynamisch/chemischen Vorgänge in der Atmosphäre und wissen mit Hilfe von Messdaten die Modelle zur Vorhersage von Atmosphärenvorgängen zu nutzen. Sie sind in der Lage, die benötigte Software zu entwickeln bzw. weiterzuentwickeln, zu dokumentieren und zu nutzen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41007	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
APMM2-a	Kolloquium zur Modellierung von Atmosphärenvorgängen II	PF	Seminar	3	90 h
Inhalte: Einführung in die Modellierung physikalischer und chemischer Prozesse der Atmosphäre, Anwendung von globalen 1-D / 3-D Modellen, Vergleiche mit Messdaten					

Schwerpunkt Atmosphärenphysik Allgemeine Vertiefungsfächer

DA	Advanced Data Analysis	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene mathematische Konzepte und Methoden zur Analyse von Messdaten. Sie sind in der Lage, physikalische Parameter mit Hilfe der erweiterten Maximum Likelihood Methode zu bestimmen. Sie können diese Methoden insbesondere im Bereich Datenauswertung der experimentellen Teilchenphysik anwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41028	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41086	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
DA-a Advanced Data Analysis	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Erweiterte Likelihood-Methode - Statistische Test inklusive systematische Fehler - Signifikanz-Maße / CLs Methode - Profiling / Marginalisierung - Vertrauensintervalle - Entfaltungsmethoden - Resampling Verfahren - Multivariate Methoden				
DA-b Übungen Advanced Data Analysis	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.				

EAP	Einführung in die Atmosphärenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen ein Verständnis fundamentaler Zusammenhänge in der Atmosphärenphysik und haben Kenntnisse über grundlegende Gleichungen der Atmosphärenphysik. Sie kennen den Zusammenhang zwischen chemischen und physikalischen Prozessen in der Atmosphäre. Sie haben einen fundierten Überblick über den Spurenstoffhaushalt und die Strahlungsbilanz der Erde sowie die atmosphärische Zirkulation. Die Studierenden verstehen die grundlegenden Phänomene des Wetters und des Klimas.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40919	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 40996	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	3
Modulabschlussprüfung ID: 76363	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
EAP-a	Einführung in die Atmosphärenphysik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Grundgleichungen und Definitionen - Atmosphärische Thermodynamik - Strahlung im System Atmosphäre - Globale Energiebilanz und Treibhauseffekt - Spurengase und Photochemie - Dynamik der Atmosphäre - Atmosphärische Zirkulation - Kopplung von Chemie und Transport - Äußere Einflüsse auf die Atmosphäre - Ionosphäre und Magnetosphäre					
EAP-b	Übung Einführung in die Atmosphärenphysik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

KOS	Kosmologie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der Kosmologie. Sie verstehen das Urknall-Modell und seine wichtigsten Säulen (Hubble-Expansion, Mikrowellenhintergrundstrahlung, Synthese der leichten Elemente) und begreifen die Notwendigkeit der Existenz dunkler Materie und dunkler Energie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39095	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
KOS-a	Kosmologie	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Allgemeine Koordinatentransformationen, Metrik der Raumzeit, Geodäten, Lösungen der Einsteinschen Gleichungen, Schwarze Löcher, kosmische Dynamik und Weltmodelle, Hubble Gesetz, kritische Dichte des Universums, kosmologische Konstante, Altersbestimmungen, Mikrowellenhintergrundstrahlung, Primordiale Nukleosynthese, Dunkle Materie					
KOS-b	Übung Kosmologie	PF	Übung	1	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

MSV	Messtechnik und Signalverarbeitung	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen moderne Messverfahren und besitzen die erforderlichen Kenntnisse aus den Bereichen analoge und digitale Signalverarbeitung, Systemtheorie und physikalische Messtechnik. Die Studierenden sind in der Lage, Systeme zur Aufnahme und Verarbeitung von Messdaten nach Kriterien wie Empfindlichkeit, Auflösung oder Dynamik zu beurteilen und zu optimieren.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 41097	Schriftliche Prüfung (Klausur)	150 Minuten	unbeschränkt	5
Modulabschlussprüfung ID: 40978	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	5
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 40855 ist in Komponente b zu erbringen.				
Unbenotete Studienleistung ID: 40855	Präsentation mit Kolloquium		unbeschränkt	1

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MSV-a	Messtechnik und Signalverarbeitung	PF	Vorlesung	3	150 h
Inhalte: Signale im Zeit- und Frequenzbereich, Digitalisierung, FT - DFT, LTI-Systeme, Übertragungsfunktionen, komplexe Frequenzebene, Laplacetransformation, z-Transformation, passive und aktive Filter, Signale und Rauschen, Rauschquellen, Rauschfortpflanzung, Methoden zur Empfindlichkeitsverbesserung, Modulation, Demodulation, Mischung (analog/digital), Spektrumanalyse, Netzwerkanalyse, Digitale Filter, Algorithmen zur digitalen Signal- und Bildverarbeitung, Wavelet-Transformation, Tomographische Rekonstruktionsverfahren, Messverfahren (beispielhaft), z.B. Messung ionisierender Strahlung, Spektroskopie, Tomographische Verfahren					
MSV-b	Übung Messtechnik und Signalverarbeitung	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

ART	Allgemeine Relativitätstheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der allg. Relativitätstheorie als theoretisches Fundament der Kosmologie. Sie sind in der Lage, das erlernte Wissen in Übungsaufgaben anzuwenden und zu vertiefen. Sie verstehen die Grundlagen von Fachartikeln zu Themen der Raumzeitkosmologie (z.B. Urknallmodell, beschleunigte Expansion, Inflationsmodelle und deren Manifestation in der Hintergrundstrahlung und Strukturbildung, dunkle Energiesowie dunkle Materie).					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 38971	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
ART-a	Vorlesung Allgemeine Relativitätstheorie	PF	Vorlesung	3	120 h
Inhalte: Allgemeine Koordinatentransformationen, Metrik der Raumzeit, Geodäten, Lösungen der Einsteinschen Gleichungen, kosmische Dynamik und Weltmodelle, Hubble Gesetz, Beiträge zur Energiedichte im Universum, Zustandsgleichung, thermodynamische Entwicklung des Universums, beschleunigte Expansion, Evidenz für dunkle Energie und dunkle Materie, Inflationsmodelle, Zusammenhang zwischen Quantenfluktuationen und Strukturbildung					
ART-b	Übung Allgemeine Relativitätstheorie	PF	Übung	1	60 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

EQFT	Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Grundprinzipien der relativistischen Quantenmechanik aus der feldtheoretischen Formulierung. Sie kennen grundlegende Rechentechniken der Quantenfeldtheorie und ihre Anwendungen in der Teilchenphysik und Statistischen Feldtheorie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: nur im Sommersemester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40901	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 40963	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
EQFT-a	Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Relativistischen Quantenmechanik - Nöthertheorem - Feldquantisierung im Impulsraum - Dirac-Propagator des freien Skalarfeldes - Wick-Theorem - Wechselwirkung, Normalordnung, Zeitordnung - Feynman-Diagramme - Wirkungsquerschnitte und Zerfallsraten - Regularisierung und Renormierung - Darstellungen der Poincare-Gruppe - Grassmann-Variablen - Pfadintegrale - Quantisierung von Eichtheorien - Quantenelektrodynamik					
EQFT-b	Übungen zu Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Die Inhalte der Vorlesung werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

FQM	Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen fortgeschrittene Methoden und Techniken der Quantenmechanik, insbesondere die relativistische Formulierung und Feldquantisierung der Quantenmechanik. Sie sind in der Lage, Ableitung und Behandlung von fortgeschrittenen quantenmechanischen Problemen zu formulieren. Sie besitzen einen Überblick über verschiedene Rechenmethoden und Näherungen sowie die fundamentale Bedeutung relativistischer Phänomene in der Physik. Die Studierenden kennen die Grundlagen der theoretischen Teilchenphysik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39291	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39113	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
FQM-a		Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Invarianz der Bewegungsgleichungen und Erhaltungssätze - Zeitumkehr - Zeitabhängige Störungstheorie - Variationsmethoden - Hartree-Fock-Gleichung - Struktur der Moleküle - Streutheorie: Wirkungsquerschnitt, Bornsche Reihe, Einfach- und Mehrfachstreuung - S- und T-Matrix - Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon und Dirac-Gleichung - Feldquantisierung - Quantentheorie der Strahlung - Grundlagen der Teilchenphysik						
FQM-b		Übung Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

GDP	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Gruppen- und Darstellungstheorie und besitzen Kenntnisse über die Anwendbarkeit der Gruppentheorie in der Physik und Vermittlung der Bedeutung von Symmetrien und des Zusammenhangs von gruppentheoretischen Methoden. Sie besitzen einen Überblick über die mathematischen Strukturen der Symmetrien in der Physik. Die so gewonnen Erkenntnisse können eigenständig auf andere und neue Probleme übertragen werden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41161	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41072	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
GDP-a	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Eine Auswahl aus den Themen: - Elementare Gruppentheorie - Kristallographische Gruppen - Darstellungen endlicher Gruppen - Lie-Gruppen und Lie-Algebren - Die Drehgruppe und ihre Darstellungen - Wigner-Eckart-Theorem - Lorentz- und Poincaregruppe und ihre Darstellungen - Spinoren - Harmonische Oszillatorgruppe					
GDP-b	Übung Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

Schwerpunkt *Kondensierte Materie*

IMG	Image Processing and Data Visualization	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Grundlagen und Anwendungen der digitalen Bildverarbeitung und Visualisierung in der Medizinischen Physik. Sie sind in der Lage, Algorithmen eigenständig in python Programmcode umzusetzen.					
Allgemeine Bemerkungen: IMG2 entspricht der Komponente IMG2-a im Studiengang Computer Simulation in Science und wird in Englischer Sprache angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Voraussetzung für die Modulabschlussprüfung: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 75153	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3
Modulabschlussprüfung ID: 75154	Schriftliche Prüfung (Klausur)	60 Minuten	unbeschränkt	3
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 75155 ist in Komponente IMG2-b zu erbringen.				
Unbenotete Studienleistung ID: 75155	Form nach Ankündigung		unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
IMG2-a	Image Processing and Data Visualization	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> Einführung in moderne Methoden der Bildverarbeitung und der Datenvisualisierung mit Schwerpunkt auf medizinischer Bilddatensätze Datentypen und -strukturen (Skalare, Vektoren, 2-D/3-D Daten, Farbe) Transformations- und Filtertechniken im Bild- und Frequenzraum Bildsegmentierung und Feature Extraktion Einführung in KI-Methoden zur Bildverarbeitung Visualisierung des Gehirns 					
IMG2-b	Code Development	PF	Kolloquium	2	30 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> Implementierung ausgewählter Methoden der Bildverarbeitung in Python (z.B. unter Nutzung von jupyter notebooks) zur Vertiefung Anfertigung von Programmcode mit Erläuterungen 					

BIMG	Brain Imaging Seminar	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden verfügen über vertieftes Wissen über die Anwendung mikroskopischer Bildgebung zur Untersuchung von Nervenfaserverläufen unter Nutzung von Modellierungs- und Simulationstechniken (Simulations-Seminar). Sie sind in der Lage, Nervenfasergewebe zu modellieren, Messungen simulations-basiert durchzuführen und diese zu analysieren.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: BIMG2 entspricht der Komponente IMG2-b im Studiengang Computer Simulation in Science und wird in Englischer Sprache in der vorlesungsfreien Zeit nach Absprache angeboten.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 75164	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
BIMG-a	Brain Imaging Seminar 1: Simulation	PF	Seminar	2	120 h
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in ein ausgewähltes Modellierungs- und Simulations-Framework • Einarbeitung in den (open source) Programmcode und seine Anwendungen • Durchführung und Analyse von virtuellen Experimenten zur Bildgebung von Nervenfasern im Gehirn • Vorbereitung eines wissenschaftlichen Vortrags über die durchgeführten Messungen und Analysen • Diskussion der Ergebnisse in der Gruppe 					

Mag1	Magnetismus I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Phänomenologie des Festkörpermagnetismus und wichtige phänomenologische und mikroskopische Theorien und verstehen ihre Zusammenhänge. Sie kennen außerdem zentrale experimentelle Methoden zur Charakterisierung der magnetischen Eigenschaften von Festkörpern. Die Studierenden können ihre Kenntnisse auf aktuelle Probleme der Festkörperforschung anwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 75149	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Mag1-a	Magnetismus I	PF	Vorlesung	2	60 h
Inhalte: Phänomenologie Magnetische Suszeptibilität, Entmagnetisierungs- und Streufelder; Dia-, Para-, Ferro- und Antiferromagnetismus, Magnetische Ordnung; Magnetische Anisotropie; Domänen Atomarer Dia- und Paramagnetismus Atome im Magnetfeld; Larmor-Diamagnetismus; Hundsche-Regeln; Langevin-Paramagnetismus; Van Vleck Paramagnetismus Kooperativer Magnetismus Dipol-Dipol-Wechselwirkung, Austauschwechselwirkung lokalisierter Elektronen; Dzyaloshinskii-Moriya-Wechselwirkung; Spin-Bahn-Wechselwirkung; Austauschwechselwirkung itineranter Elektronen Experimentelle Methoden Magnetische Resonanz; Neutronenstreuung; Myonenspinrelaxation; Mößbauer-Effekt					

Mag2	Magnetismus II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen wichtige Beispiele des Festkörpermagnetismus im Zusammenhang mit der Physik korrelierter Elektronen und entsprechende experimentelle Zugänge. Sie kennen und verstehen grundlegende Modelle korrelierter Elektronen und des Quantenmagnetismus und können diese mit Bezug auf aktuelle Forschungsfragen der Festkörperforschung und der Anwendungsforschung einsetzen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 75151	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Mag2-a	Magnetismus II	PF	Vorlesung	2	60 h
Inhalte: Mott-Isolatoren und der Mott-Übergang Elektronische Korrelationen; Hubbard-Modell; Kristallfelder; Jahn-Teller-Effekt; Mott-Hubbard-Isolator; Hubbard-Modell; t-J-Modell; Eigenschaften verschiedener Übergangsmetalloxide; Kuprate; Magnetismus itineranter Elektronen Spin-Dichte Welle; Stoner-Modell; Verallgemeinerte Suszeptibilität; Unkonventionelle Supraleitung Quantenmagnetismus Quantenfluktuationen; Dimensionalität; Einzelmolekülmagnetismus; Eindimensionale Quantenspinsysteme; Frustration Experimentelle Methoden Magnetische Resonanz; Neutronenstreuung; Thermodynamik; Transport					

SL1	Supraleitung I	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Phänomenologie der Supraleitung und entsprechende zentrale Theorien und verstehen ihre Zusammenhänge. Sie kennen außerdem zentrale Theorien und Modelle zum Mechanismus der Supraleitung und ihren Bezug zu Experimenten. Die Studierenden können die Theorien auf Schlüsselexperimente anwenden und verstehen die Grundlagen von auf der Supraleitung aufbauenden technologischen Anwendungen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 75143	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SL1-a	Supraleitung I	PF	Vorlesung	2	60 h
Inhalte: 1. Grundphänomene der Supraleitung Verschwindender Widerstand; Meißner-Ochsenfeld-Effekt; Londonsche Gleichungen; Flussquantisierung; Kritische Magnetfelder; Energielücke 2. Grundzüge der BCS-Theorie Cooper-Paarung; Phononen und attraktive Wechselwirkung; BCS-Grundzustand; Angeregte Zustände; Bestimmung der kritischen Temperatur; Energielücke; Zustandsdichte und Elektronentunneln; Thermodynamik; Isotopeneffekt 3. Grundzüge der Ginzburg-Landau-Theorie Ginzburg-Landau-Differentialgleichungen; Charakteristische Längen; Materialeigenschaften 4. Supraleiter im Magnetfeld Thermodynamik des Meißner-Zustands; Kritisches Magnetfeld dünner Schichten; Zwischenzustand; Phasengrenzenergie; Shubnikov-Phase; Magnetisierungskurven, Magnetisches Phasendiagramm; Abrikosov-Vortices 5. Josephson – Effekte Josephson-Gleichungen im Magnetfeld; Supraleitende Quanteninterferometer					

SL2	Supraleitung II	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden sind mit verschiedenen supraleitenden Materialklassen vertraut und können die Unterschiede zwischen konventioneller und unkonventioneller Supraleitung beschreiben. Sie kennen außerdem die Phänomenologie mehrerer Klassen unkonventioneller Supraleiter und wichtige entsprechende experimentelle Resultate. Die Studierenden kennen und verstehen grundlegende Modelle korrelierter Elektronen und können diese mit Bezug auf aktuelle Forschungsfragen zur Physik unkonventioneller Supraleiter anwenden.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Kenntnisse der Inhalte der Veranstaltung „Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik“ sind von Vorteil.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 75147	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SL2-a	Supraleitung II	PF	Vorlesung	2	60 h
<p>Inhalte:</p> <p>1. Grundlagen der Supraleitung Allgemeine Phänomenologie; Attraktive Wechselwirkung konventioneller Supraleiter; Symmetrie der Paarwellenfunktion und zugehörige Experimente; Konventionelle Supraleiter mit hoher kritischer Temperatur</p> <p>2. Kuprat-Supraleiter Materialaspekte; Generisches Phasendiagramm; Elektronische Korrelationen; Kristallfelder; Jahn-Teller-Effekt; Mott-Hubbard-Isolator; Hubbard-Modell; t-J-Modell; Lochdotierung in Kupraten; Transporteigenschaften; Pseudo-Energielücke; Streifenkorrelationen; Experimente</p> <p>3. Eisenbasierte Supraleiter Materialaspekte; Allgemeines Phasendiagramm; Orbitale und Kristallfelder; Magnetismus und Supraleitung; Elektronische Instabilitäten, Ordnungsparameter; Nematische Ordnung; Experimente</p>					

MMF	Moderne experimentelle Methoden der Festkörperforschung	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen wichtige experimentelle Methoden der modernen Festkörperforschung und kennen ihre theoretischen Hintergründe. Sie sind in der Lage, zur Lösung aktueller Forschungsfragen der Festkörperphysik geeignete experimentelle Methoden auszuwählen und entsprechende Daten zu interpretieren.					
Allgemeine Bemerkungen: Kenntnisse der Inhalte der Veranstaltung „Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik“ sind von Vorteil.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 75158	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MMF-a	Moderne experimentelle Methoden der Festkörperforschung	PF	Vorlesung	2	60 h
Inhalte: Röntgendiffraktion und -spektroskopie; Photoelektronenspektroskopie; Tieftemperatur-Rastertunnelspektroskopie; Neutronenstreuung; Myonenspinresonanz; Mößbauerspektroskopie; Magnetische Resonanz; Transportuntersuchungen					

ERP	Experimentelle Röntgenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 4	Workload 4 LP	Aufwand 120 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen moderne Röntgen-Experimentiertechniken und die dazu notwendigen experimentellen Aufbauten. Dazu zählt insbesondere auch die Erzeugung und Verwendung von Synchrotronstrahlung, wie auch alternative Röntgenquellen und deren Eigenschaften. Sie haben einen Überblick über Strukturuntersuchungen zur Materialentwicklung und in-situ Charakterisierung und kennen die relevanten Strahlenschutzaspekte, wie auch einige der gesetzlichen Grundlagen dazu.					
Allgemeine Bemerkungen: Im Rahmen der Vorlesung wird eine Exkursion zum Dortmunder Elektronenspeicherring DELTA angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 1882	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	4
Modulabschlussprüfung ID: 75942	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	4

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
ERP-a	Experimentelle Röntgenphysik	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Röntgenquellen: Erzeugung und Eigenschaften. Synchrotronstrahlung, Wiggler, Undulatoren und Röntgenlaser (FEL). Alternative Röntgenquellen; Röntgendetektoren; Strukturuntersuchungen von realen Prozessen in der Materialentwicklung, Synthese und chemischen Reaktionen; Röntgen-Experimentiertechniken; Monochromatoren; Röntgenspektroskopie; Tomographie; anomale Dispersion; Reflektometrie; Kleinwinkelstreuung. Aspekte des Strahlenschutzes.					

SAFM	Synthese und Analytik funktionaler Materialschichten	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
<p>Qualifikationsziele: Die Absolvent*innen haben einen Überblick moderner Herstellungs- und Präparationsverfahren für dünne Schichten und strukturierte Filme, sowie deren Anwendungen in unterschiedlichen Bereichen. Sie sind mit Vakuumverfahren ebenso wie Flüssigphasenabscheidungen und elektrochemische Methoden zur Oberflächen- und Dünnschichtpräparation vertraut. Sie kennen Möglichkeiten des Einsatzes der Beschichtungen für verschiedene Anwendungszwecke, ebenso wie die besonderen Eigenschaften der Dünnschichtsysteme. Sie haben Kenntnis von adäquaten Methoden und Verfahren der Dünnschichtanalytik. Hierzu zählen hochauflösende, ggf. atomar auflösende mikroskopische Verfahren ebenso wie spektroskopische Methoden, u.a. unter Verwendung von Photonen, Elektronen und Neutronen, aber auch Möglichkeiten und Grenzen der verschiedenen Methoden.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Im ersten Semester werden schwerpunktmäßig die verschiedenen Herstellungsverfahren vorgestellt und diskutiert, im zweiten Semester stehen die dafür einsetzbaren Analysemethoden im Vordergrund.</p>					
Moduldauer: 2		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41011	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SAFM-a	Synthese funktionaler Materialschichten	PF	Vorlesung	2	90 h
<p>Inhalte: Reale Oberflächen; Reinigungsprozesse; Pulsed Laser Deposition; Sol-Gel-Techniken; elektrochemische Abscheidung; Sputter-Techniken; Chemical Vapor Deposition; Aufdampfverfahren; Strukturierung; Lithographie; Nanoimprint; Bottom-up Wachstum. Anwendungen der verschiedenen Beschichtungsverfahren für die Herstellung funktionaler Beschichtungen, u.a. in der Mikroelektronik, in photovoltaischen Bauelementen, als Korrosionsschutz, zur Daten- und Energiespeicherung.</p>					
SAFM-b	Analytik funktionaler Materialschichten	PF	Vorlesung	2	90 h
<p>Inhalte: Optische Verfahren, Mikroskopie, Ellipsometrie, Interferometrie, Infrarotspektroskopie, Photolumineszenz, optische Emissions- und Absorptionsspektroskopie; Elektronenmikroskopie; Rastersondenverfahren; Auger-Elektronenspektroskopie, Elektronenenergieverlustspektroskopie, Photoelektronenspektroskopie; Massenspektrometrie; Rutherford-Backscattering; Röntgen- und Elektronenbeugung; Röntgenabsorptionsspektroskopie; energiedispersive Röntgenspektrometrie. Anwendungen der Methoden auf aktuelle Probleme und Fragestellungen der Nanowissenschaften und der Dünnschichtphysik.</p>					

SEFO	Seminar experimentelle Festkörper- und Oberflächenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen einen Überblick über fortgeschrittene Themen zur experimentellen Festkörperphysik und sind in der Lage selbstständig über ein vorgegebenes Thema aus der aktuellen Forschung im Schwerpunkt Kondensierte Materie ihr Wissen verständlich zu präsentieren.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41055	Präsentation mit Kolloquium		unbeschränkt	6
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 76313 ist in Modulkomponente a und die UBL 76314 in Komponente b abzulegen. Bei beiden UBL handelt es sich um einen mündlichen Vortrag im Seminar.				
Unbenotete Studienleistung ID: 76313	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2
Unbenotete Studienleistung ID: 76314	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	2

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SEFO-a	Seminar zur experimentellen Festkörperphysik I	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Experimentelle Methoden und physikalische Probleme an Beispielen aus der aktuellen Forschungsliteratur					
SEFO-b	Seminar zur experimentellen Festkörperphysik II	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Experimentelle Methoden zu aktuellen Forschungsthemen im Schwerpunkt Kondensierte Materie					

VTT	Vielteilchentheorien	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen fortgeschrittene Phänomene der Festkörperphysik, die sich nicht durch Einteilchenmodelle beschreiben lassen. Sie sind in der Lage, die auftretenden Wechselwirkungen von Phononen und Elektronen durch graphische Störungstheorie zu beschreiben und zu berechnen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 39197	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39146	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
VTT-a	Vielteilchentheorien	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Besetzungszahldarstellung - Mikroskopische elektronische Modelle der Festkörperphysik - Greensche Funktionen und Störungsrechnung - Feynman-Diagramme - Physikalische Anwendungen der Störungsrechnung - Lineare Antworttheorie					
VTT-b	Übungen zur Vielteilchentheorien	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

SFT	Statistische Feldtheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Phänomenologie der Phasenübergänge und Kritikalität von Gitter- und Kontinuumsmodellen. Systematisierung des Spektrums der kritischen Exponenten und Herleitung von Skalenargumenten mittels der Renormierungsgruppe und speziell im zweidimensionalen Fall durch die Konforme Invarianz. Sie beherrschen Rechentechniken wie renormierungsgruppenverbesserte Störungstheorie und Integrierbarkeit von niedrigdimensionalen Systemen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 39170	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 38942	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SFT-a	Statistische Feldtheorie	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Kritische Phänomene - Renormierungsgruppe - Konforme Invarianz und Feldtheorie - Finite-Size-Scaling - Zwei-dimensionales Ising-Modell - Nichtlineares Sigma-Modell - Thermodynamik exakt lösbarer Vertexmodelle - Stochastische Systeme - Random-Walk und Brownsche Bewegung					
SFT-b	Übung Statistische Feldtheorie	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

ELV	Exakt lösbare Vielteilchenmodelle	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die klassischen Ergebnisse zu exakt gelösten Modellen der Statistischen Physik und Vielteilchenphysik. Sie können die erworbenen Kenntnisse der Konzepte und Methoden zur Berechnung der physikalischen Eigenschaften integrierbarer Modelle insbesondere der Thermodynamik und der kritischen Exponenten an Phasenübergängen eigenständig anwenden und auf verwandte Probleme übertragen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 38940	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 39210	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
ELV-a	Exakt lösbare Vielteilchenmodelle	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Exakt lösbare mikroskopische Modelle der Festkörperphysik - Die Bethesche Lösung der Heisenbergkette oder verwandte Modelle - Stringhypothese und Takahashis Gleichungen - Der thermodynamische Bethe-Ansatz für die Heisenbergkette - Der algebraische Zugang zu exakt lösbaren Quantensystemen - Aktuelle Modelle aus dem Bereich der Statistischen Mechanik					
ELV-b	Übungen Exakt lösbare Vielteilchenmodelle	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

SELM	Seminar zu Exakt lösbare Modelle	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen einen Überblick über fortgeschrittene Themen zu allgemeinen Problemen der Exakt lösbaren Modelle und sind in der Lage, selbstständig über ein vorgegebenes Thema aus der aktuellen Forschung eine Präsentation zu gestalten und ihr Wissen verständlich zu präsentieren.					
Allgemeine Bemerkungen: Die Studierenden können zwischen Komponente a und b wählen.					
Moduldauer: 3 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40860	Präsentation mit Kolloquium	45 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SELM-a	Seminar zu exakt lösbaren Modellen	WP	Seminar	2	90 h
Inhalte: Methoden der exakt lösbaren Modelle					
SELM-b	Seminar zu Darstellungstheorie und Anwendungen in der Physik	WP	Seminar	2	90 h
Inhalte: Mathematische Grundlagen der Darstellungstheorie exakt lösbarer Modelle					

SSP	Seminar zur Statistischen Physik	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen einen Überblick über fortgeschrittene Themen zur allgemeinen Problemen der Statistischen Mechanik und sind in der Lage selbstständig über ein vorgegebenes Thema aus der aktuellen Forschung im Schwerpunkt Kondensierte Materie eine Präsentation zu gestalten und ihr Wissen verständlich zu präsentieren.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41160	Präsentation mit Kolloquium	45 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SSP-a	Seminar zur Statistischen Physik	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Modelle und Methoden der Statistischen Mechanik und Statistischen Feldtheorie, sowie Anwendungen in der Festkörperphysik					

SMwM	Statistische Mechanik weicher Materie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die theoretischen Grundlagen zum Aufbau moderner Werkstoffe, insbesondere auf der Basis von Polymeren. Sie besitzen eine vertiefte Kenntnis in der Elastizitätstheorie und können die Finiten-Elemente-Methode auf physikalische Probleme der Materialforschung anwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41004	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SMwM-a	Statistische Mechanik weicher Materie	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: - Polymere und Biopolymere - Dielektrische und magnetische Phänomene - Fluktuationsphänomene - Phasen und Phasenübergänge - Irreversible Thermodynamik - Einführung in die Elastizitätstheorie					
SMwM-b	Übung Statistische Mechanik weicher Materie	PF	Übung	1	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

NMvM	Numerische Methoden in der Physik der weichen Materie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die theoretischen und numerischen Grundlagen von Simulationsverfahren basieren auf Molekulardynamik-, Monte Carlo- sowie Finite Elemente-Techniken und haben gelernt, diese in Beispielen anzuwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40851	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
NMvM-a	Numerische Methoden in der Physik der weichen Materie	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: - Einführung in die Quantenmechanik von Molekülen - Empirische Kraftfelder und molekulare Mechanik - Molekulardynamik-Simulationsmethoden - Monte Carlo-Simulationsmethoden - Einführung in Finite Elemente-Methoden					
NMvM-b	Übung Numerische Methoden in der Physik der weichen Materie	PF	Übung	1	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

AMwM	Anwendungen und Methoden der Computersimulation weicher kondensierter Materie	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden verstehen die Anwendungsmöglichkeiten molekularer bis makroskopischer Simulationstechniken und haben gelernt, diese auf materialwissenschaftliche Probleme anzuwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40933	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AMwM-a	Anwendungen und Methoden der Computersimulation weicher kondensierter Materie	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Die Teilnehmer sollen über ausgesuchte grundlegende sowie wichtige neue wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Bereich Computersimulation weicher kondensierter Materie vortragen.					

SPC	Stochastische Prozesse	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen nicht deterministische Systeme und die Nichtgleichgewichtsdynamik Stochastischer Prozesse. Sie kennen die wichtigsten stochastischen Modelle und deren Anwendbarkeit in der Physik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40836	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 40898	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
SPC-a		Stochastische Prozesse	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Zufallsvariable und Verteilungen - Klassifikation stochastischer Prozesse in diskreter und kontinuierlicher Zeit - Markovprozesse und Fokker-Planck-Gleichung - Eigenschaften und Lösungen der Fokker-Planck-Gleichung - Nichtmarkovische Prozesse und langreichweitige Korrelationen - eindimensionale Systeme						
SPC-b		Übungen zu Stochastischen Prozessen	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die Themen aus der Vorlesung werden an konkreten Beispielen geübt.						

AA	Asymptotische Analysis	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene mathematische Methoden zur systematischen Approximation von Summen, Integralen, Lösungen nicht linearer Gleichungssystemen und Differentialgleichungen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40924	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AA-a	Asymptotische Analysis	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Ordnungsrelationen - Asymptotisches Verhalten von Reihen und Integralen - Sattelpunktmethode - Allgemeines Newtonverfahren - Euler-Mac-Laurin Formel - Asymptotische Entwicklung von Funktionen und Lagrange Theorem					
AA-b	Übungen zu Asymptotische Analysis	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die Themen aus der Vorlesung werden an konkreten Beispielen geübt.					

Schwerpunkt Kondensierte Materie
Allgemeine Vertiefungsfächer

DA	Advanced Data Analysis	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene mathematische Konzepte und Methoden zur Analyse von Messdaten. Sie sind in der Lage, physikalische Parameter mit Hilfe der erweiterten Maximum Likelihood Methode zu bestimmen. Sie können diese Methoden insbesondere im Bereich Datenauswertung der experimentellen Teilchenphysik anwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41028	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41086	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
DA-a		Advanced Data Analysis	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Erweiterte Likelihood-Methode - Statistische Test inklusive systematische Fehler - Signifikanz-Maße / CLs Methode - Profiling / Marginalisierung - Vertrauensintervalle - Entfaltungsmethoden - Resampling Verfahren - Multivariate Methoden						
DA-b		Übungen Advanced Data Analysis	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

FEFK	Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen fortgeschrittene festkörperphysikalische bzw. -technologische Fragestellungen und Theorien sowie Experimentiertechniken der modernen Festkörper- und Materialforschung. Sie haben ein Verständnis von strukturellen, elektronischen und magnetischen Festkörperanregungen und entsprechenden experimentellen Signaturen. Die Studierenden sind in der Lage, ihre Kenntnisse auf aktuelle Forschungsfragestellungen anzuwenden und die Physik moderner Funktionsmaterialien zu verstehen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 75972	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	6
Unbenotete Studienleistung ID: 75974	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FEFK-a	Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Elektronische Eigenschaften Semiklassische Theorie der Leitfähigkeit in Metallen; Methoden zur Bestimmung der Fermi-Oberfläche in Metallen, Bandstruktur ausgewählter Metalle, Streuprozesse der Elektronen in Festkörpern; Boltzmann-Theorie; Homogene Halbleiter; Inhomogene Halbleiter: p-n-Übergang und technologische Anwendungen; Quanten-Hall-Effekt; Supraleitung Gittereigenschaften – Phononen Harmonische Theorie und Thermodynamik; Anharmonische Effekte und Transport Magnetismus Dia- und Paramagnetismus; Elektronische Wechselwirkungen und magnetische Struktur; Magnetische Ordnung und Spinwellen.					
FEFK-b	Übung Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					
FEFK-c	Fortgeschrittene experimentelle Festkörperphysik-Seminar	PF	Seminar	2	60 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden anhand ausgewählter Themen ergänzt und vertieft.					

KOS	Kosmologie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der Kosmologie. Sie verstehen das Urknall-Modell und seine wichtigsten Säulen (Hubble-Expansion, Mikrowellenhintergrundstrahlung, Synthese der leichten Elemente) und begreifen die Notwendigkeit der Existenz dunkler Materie und dunkler Energie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39095	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
KOS-a	Kosmologie	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Allgemeine Koordinatentransformationen, Metrik der Raumzeit, Geodäten, Lösungen der Einsteinschen Gleichungen, Schwarze Löcher, kosmische Dynamik und Weltmodelle, Hubble Gesetz, kritische Dichte des Universums, kosmologische Konstante, Altersbestimmungen, Mikrowellenhintergrundstrahlung, Primordiale Nukleosynthese, Dunkle Materie					
KOS-b	Übung Kosmologie	PF	Übung	1	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

MSV	Messtechnik und Signalverarbeitung	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen moderne Messverfahren und besitzen die erforderlichen Kenntnisse aus den Bereichen analoge und digitale Signalverarbeitung, Systemtheorie und physikalische Messtechnik. Die Studierenden sind in der Lage, Systeme zur Aufnahme und Verarbeitung von Messdaten nach Kriterien wie Empfindlichkeit, Auflösung oder Dynamik zu beurteilen und zu optimieren.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 41097	Schriftliche Prüfung (Klausur)	150 Minuten	unbeschränkt	5
Modulabschlussprüfung ID: 40978	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	5
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 40855 ist in Komponente b zu erbringen.				
Unbenotete Studienleistung ID: 40855	Präsentation mit Kolloquium		unbeschränkt	1

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MSV-a	Messtechnik und Signalverarbeitung	PF	Vorlesung	3	150 h
Inhalte: Signale im Zeit- und Frequenzbereich, Digitalisierung, FT - DFT, LTI-Systeme, Übertragungsfunktionen, komplexe Frequenzebene, Laplacetransformation, z-Transformation, passive und aktive Filter, Signale und Rauschen, Rauschquellen, Rauschfortpflanzung, Methoden zur Empfindlichkeitsverbesserung, Modulation, Demodulation, Mischung (analog/digital), Spektrumanalyse, Netzwerkanalyse, Digitale Filter, Algorithmen zur digitalen Signal- und Bildverarbeitung, Wavelet-Transformation, Tomographische Rekonstruktionsverfahren, Messverfahren (beispielhaft), z.B. Messung ionisierender Strahlung, Spektroskopie, Tomographische Verfahren					
MSV-b	Übung Messtechnik und Signalverarbeitung	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

ART	Allgemeine Relativitätstheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der allg. Relativitätstheorie als theoretisches Fundament der Kosmologie. Sie sind in der Lage, das erlernte Wissen in Übungsaufgaben anzuwenden und zu vertiefen. Sie verstehen die Grundlagen von Fachartikeln zu Themen der Raumzeitkosmologie (z.B. Urknallmodell, beschleunigte Expansion, Inflationsmodelle und deren Manifestation in der Hintergrundstrahlung und Strukturbildung, dunkle Energiesowie dunkle Materie).					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 38971	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
ART-a	Vorlesung Allgemeine Relativitätstheorie	PF	Vorlesung	3	120 h
Inhalte: Allgemeine Koordinatentransformationen, Metrik der Raumzeit, Geodäten, Lösungen der Einsteinschen Gleichungen, kosmische Dynamik und Weltmodelle, Hubble Gesetz, Beiträge zur Energiedichte im Universum, Zustandsgleichung, thermodynamische Entwicklung des Universums, beschleunigte Expansion, Evidenz für dunkle Energie und dunkle Materie, Inflationsmodelle, Zusammenhang zwischen Quantenfluktuationen und Strukturbildung					
ART-b	Übung Allgemeine Relativitätstheorie	PF	Übung	1	60 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

EQFT	Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Grundprinzipien der relativistischen Quantenmechanik aus der feldtheoretischen Formulierung. Sie kennen grundlegende Rechentechniken der Quantenfeldtheorie und ihre Anwendungen in der Teilchenphysik und Statistischen Feldtheorie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: nur im Sommersemester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40901	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 40963	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
EQFT-a	Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Relativistischen Quantenmechanik - Nöthertheorem - Feldquantisierung im Impulsraum - Dirac-Propagator des freien Skalarfeldes - Wick-Theorem - Wechselwirkung, Normalordnung, Zeitordnung - Feynman-Diagramme - Wirkungsquerschnitte und Zerfallsraten - Regularisierung und Renormierung - Darstellungen der Poincare-Gruppe - Grassmann-Variablen - Pfadintegrale - Quantisierung von Eichtheorien - Quantenelektrodynamik					
EQFT-b	Übungen zu Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Die Inhalte der Vorlesung werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

FQM	Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen fortgeschrittene Methoden und Techniken der Quantenmechanik, insbesondere die relativistische Formulierung und Feldquantisierung der Quantenmechanik. Sie sind in der Lage, Ableitung und Behandlung von fortgeschrittenen quantenmechanischen Problemen zu formulieren. Sie besitzen einen Überblick über verschiedene Rechenmethoden und Näherungen sowie die fundamentale Bedeutung relativistischer Phänomene in der Physik. Die Studierenden kennen die Grundlagen der theoretischen Teilchenphysik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39291	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39113	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
FQM-a		Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> - Invarianz der Bewegungsgleichungen und Erhaltungssätze - Zeitumkehr - Zeitabhängige Störungstheorie - Variationsmethoden - Hartree-Fock-Gleichung - Struktur der Moleküle - Streutheorie: Wirkungsquerschnitt, Bornsche Reihe, Einfach- und Mehrfachstreuung - S- und T-Matrix - Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon und Dirac-Gleichung - Feldquantisierung - Quantentheorie der Strahlung - Grundlagen der Teilchenphysik 						
FQM-b		Übung Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

GDP	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Gruppen- und Darstellungstheorie und besitzen Kenntnisse über die Anwendbarkeit der Gruppentheorie in der Physik und Vermittlung der Bedeutung von Symmetrien und des Zusammenhangs von gruppentheoretischen Methoden. Sie besitzen einen Überblick über die mathematischen Strukturen der Symmetrien in der Physik. Die so gewonnen Erkenntnisse können eigenständig auf andere und neue Probleme übertragen werden.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 41161	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41072	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
GDP-a	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF	Vorlesung	2	90 h
<p>Inhalte: Eine Auswahl aus den Themen: - Elementare Gruppentheorie - Kristallographische Gruppen - Darstellungen endlicher Gruppen - Lie-Gruppen und Lie-Algebren - Die Drehgruppe und ihre Darstellungen - Wigner-Eckart-Theorem - Lorentz- und Poincaregruppe und ihre Darstellungen - Spinoren - Harmonische Oszillatorgruppe</p>					
GDP-b	Übung Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF	Übung	2	90 h
<p>Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.</p>					

TFKP	Theoretische Festkörperphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen den strukturellen Aufbau von Festkörpern, die Symmetrien von Kristallgittern und der elementaren Anregungen. Sie können eigenständig Dispersionsrelationen für Phononen und Bandelektronen und ihrer Konsequenzen für thermodynamische Eigenschaften im Rahmen von effektiven Modellen ableiten. Sie kennen verschiedene Rechenmethoden und die fundamentale Bedeutung der Korrelationsfunktionen für die Erklärung von Transportphänomenen und von Verfahren zur Materialuntersuchung wie Streuexperimente mit Neutronen etc.					
Allgemeine Bemerkungen: Vor der Teilnahme empfohlen: Theoretische Physik 1- 4 aus dem B.Sc. in Physik					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41172	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41103	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
TFKP-a	Theoretische Festkörperphysik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Hamiltonoperatoren der Festkörpertheorie - Adiabatisches Prinzip - Kristallgitter und Symmetrien - Blochsches Theorem - Phononen und Thermodynamik der Gitterschwingungen - Neutronenstreuung am Kristall - Bändermodell - Transportphänomene - optische Eigenschaften					
TFKP-b	Übung Theoretische Festkörperphysik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

Schwerpunkt Teilchenphysik

STEP	Spezielle Themen der Elementarteilchenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen vertiefte Kenntnisse zu speziellen Themen der Elementarteilchenphysik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40927	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41099	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
STEP-a		Spezielle Themen der Elementarteilchenphysik	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Vorlesung zu wechselnden Themenkreisen aus der Elementarteilchenphysik, z.B. - Physik des Higgs-Bosons, Top-Quarks, ... - Supersymmetrie - Physik der Beschleuniger - Rechenmethoden der Feldtheorie - Verknüpfung zwischen Kosmologie und Elementarteilchenphysik						
STEP-b		Übung Spezielle Themen der Elementarteilchenphysik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

SMTP	Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen Eigenschaften und Grundlagen des Standardmodells.					
Moduldauer: 1 Semester	Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3		

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40980	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 40957	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SMTP-a	Vorlesung zum Standardmodell	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: Grundlagen und Eigenschaften des Standardmodells					
SMTP-b	Übungen zur Vorlesung zum Standardmodell	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die Inhalte aus der Vorlesung werden an konkreten Beispielen geübt.					

TPWR	Weltweit verteiltes Rechnen	PF/WP WP	Gewicht der Note 4	Workload 4 LP	Aufwand 120 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden können Strategien und die verwendeten Netzwerkprotokolle in einem weltweiten Rechnerverbund benennen und näher erläutern. Die Studierenden können die Middleware des weltweiten Rechnernetzes anwenden und einfache Softwarekomponenten selbstständig entwickeln. Sie sind in der Lage, Lösungsstrategien für die Verarbeitung großer Datenmengen in einem weltweiten Rechenverbund zu entwickeln und vorzustellen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41051	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	4

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
TPWR-a	Weltweit verteiltes Rechnen	PF	Vorlesung	2	60 h
Inhalte: Strategien und Methoden des weltweit verteilten Rechnens, aktuelle Probleme bei der Weiterentwicklung der Middleware und bei ihrer Anwendung in der Teilchenphysik.					
TPWR-b	Übung Weltweit verteiltes Rechnen	PF	Übung	1	60 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

TPDP	Detectors and Methods in Particle and Astroparticle Physics	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Die Studierenden können die physikalischen Prinzipien und Bauelemente von Teilchenbeschleunigern benennen und erläutern. Sie sind in der Lage, einfache Rechnungen der linearen Strahl-optik auszuführen. Die Studierenden können die Wechselwirkungen von Teilchenstrahlung verschiedener Art mit Materie in detaillierter Form beschreiben und den Zusammenhang zu Techniken, Methoden und Bauelementen moderner Detektoren und Experimente in der Teilchen- und Teilchenastrophysik herstellen. Die Studierenden sind in der Lage, die Möglichkeiten und Probleme unterschiedlicher Detektortypen zu diskutieren. Sie können den Einsatz und das Zusammenspiel von Detektoren in Großexperimenten präzise erläutern.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebots-häufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses:</p> <p>Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 41117	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41116	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
TPDP-a	Detector Physics	PF	Vorlesung	3	90 h
<p>Inhalte:</p> <p>Wechselwirkung von Teilchen mit Materie, Schauer, Impuls- und Spurmessung, Spurdetektoren (Gaskammern, Halbleiterdetektoren, Zeitmessung, Energiemessung (Kalorimeter), Teilchenidentifikation, Experimente der Teilchen und Astro-Teilchen-Physik, Instrumentation, Daten-Akquisition</p>					
TPDP-b	Übung Detector Physics	PF	Übung	1	90 h
<p>Inhalte:</p> <p>Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.</p>					

PHK	Physik der Hadronen und Kerne	PF/WP WP	Gewicht der Note 5	Workload 5 LP	Aufwand 150 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden verfügen über vertiefte Kompetenzen der theoretischen und experimentellen Aspekte des Teilchentransports und der physikalischen Grundlagen der zugrundeliegenden Prozesse. Die Studierenden sind in der Lage nukleare Daten und Methoden zur Monte-Carlo Simulation komplexer Transport-Phänomene in Modellen umzusetzen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41165	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	5

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
PHK-a	Physik der Hadronen und Kerne - Reaktionsmechanismen in der Mittelenergiephysik	PF	Vorlesung	2	60 h
Inhalte: Experimentelle Daten und Wirkungsquerschnitte in Nukleon-Nukleon und Nukleon-Kern Wechselwirkungen, Proton-, Antiproton-, Ionen- und Meson-induzierte Anregung und Zerfall heißer Materie, Reaktionsmechanismen Spallation, Verdampfung, Multifragmentation/Fragmentation, Spaltung und Vaporisation, Zustandsgleichung, Temperatur, Anregungsenergie, Hadron-, Meson-, Lepton- Transport, Schauerentwicklung beim Durchgang durch Materie, Vorstellung neuer experimenteller Techniken, Anwendung moderner Simulationsmethoden und 3D Teilchentransportmodelle (GEANT4,...). Nach Absprache kann eine Besichtigung des Proton/Deuteron Beschleunigers COSY (CoolerSYnchrotron) in Jülich sowie dort aufgebauter interner und externer Experimente angeboten werden.					
PHK-b	Übung Physik der Hadronen und Kerne - Reaktionsmechanismen in der Mittelenergiephysik	PF	Seminar	1	90 h
Inhalte: Im Seminar werden einzelne Themen aus der Vorlesung vertieft.					

SDT	Seminar zu Detektoren der Teilchenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die physikalischen Grundlagen, die bei der Entwicklung und Anwendung von Detektoren und Detektorelementen in der Teilchenphysik verwendet werden. Sie haben einen Überblick der Messmethoden zum Nachweis von Elementarteilchen.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40960	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SDT-a	Seminar zu Detektoren der Teilchenphysik	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Experimentelle Methoden und physikalische Probleme bei der Entwicklung und Anwendung von Detektoren und Detektorelementen in der Teilchenphysik					

STP	Seminar zur Teilchenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind fähig, sich selbstständig in spezielle, zum Teil für sie unvertraute Themen aus der Elementar- oder Astroteilchenphysik einzuarbeiten und verständlich darüber vorzutragen. Sie beherrschen den Umgang mit zeitgemäßen Präsentationsmedien.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41068	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
STP-a	Hauptseminar zur Teilchenphysik	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Behandlung theoretischer und experimenteller Fragen der Teilchenphysik (obligatorisch für alle Studierenden des Schwerpunktes Teilchenphysik)					

STB	Seminar zur Teilchenphysik an Beschleunigern	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen Teilchenphysik an Beschleunigern und ihren Techniken. Sie verstehen aktuelle Fragestellungen und Methoden.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41044	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
STB-a	Seminar zur Teilchenphysik an Beschleunigern	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Experimentelle und theoretische Probleme bei der Durchführung und Analyse von Experimenten der Teilchenphysik an Beschleunigern					

SPTQ	Seminar zur Physik mit Top-Quarks	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Teilchenphysik und ihren Techniken im Bereich der Top-Quarks-Physik. Sie verstehen aktuelle Fragestellungen und Methoden. Sie sind in der Lage sich selbstständig in Fragestellungen der Top-Quark-Physik einzuarbeiten.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41113	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SPTQ-a	Seminar zur Physik mit Top-Quarks	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Experimentelle Methoden und physikalische Probleme der Physik an pp und ppbar Collidernan im Umfeld der Top-Quark-Physik am Beispielen aus der aktuellen Forschung.					

SEAT	Seminar zu Experimenten der Astroteilchenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die speziellen Probleme und Methoden der Teilchenastrophysik und den aktuellen Stand der Forschung.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41118	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SEAT-a	Seminar zu Experimenten der Astroteilchenphysik	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Experimentelle und Theoretische Aspekte bei der Durchführung und Analyse von Teilchen-astrophysikalischen Experimenten					

SNP	Seminar zur Neutrinophysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die spezielle Probleme und Methoden der Neutrinophysik und haben den aktuellen Stand der Forschung verstanden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40939	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SNP-a	Seminar zur Neutrinophysik	PF	Proseminar	2	90 h
Inhalte: Eigenschaften von Neutrinos, Experimente zur Neutrinophysik					

SPKS	Seminar zur Physik der kosmischen Strahlung	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die spezielle Probleme und Methoden der Teilchenastrophysik und den aktuellen Stand der Forschung.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41135	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SPKS-a	Seminar zur Physik der kosmischen Strahlung	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Eigenschaften hochenergetischer kosmischer Strahlung, Propagation, Messung und Nachweismethoden					

SMP	Seminar zur Mittelenergiephysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen grundlegende und auch vertiefende Kenntnisse im Bereich der Mittelenergiephysik und ihren Techniken.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40904	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
SMP-a	Spezielle Themen der Mittelenergiephysik	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: zu wechselnden Themenkreisen aus der Physik der Hadronen und Kerne, z.B. - Antiwasserstoffproduktion am AD des CERN; Symmetrie von Materie und Antimaterie; Produktion der Konstituenten von $H^0 \equiv (p, e^+)$; H^0 Formation; Synthese von p and e^+ ; , Einfang und Kühlung; elektro-magnetische Fallen und magnetische Flaschen; Spektroskopie von H^0 ; die Suche nach schweren Anti-Elementen (He , Li ... C) - Konzepte, grundlegende Ideen und Möglichkeiten der Transmutation; Beschleuniger getriebene Systeme (ADS) zur Transmutation langlebiger Isotoperadioactiven Abfalls; ; kernphysikalische Experimente zur Bestimmung relevanter Wirkungsquerschnitte und Datenbibliotheken; Neutronenproduktion induziert durch hochenergetische geladene Teilchen; Spallation; Neutroneneinfangwahrscheinlichkeit; Resonanzen; ADS und unterkritische „energy-amplifiers“ ;					

STPM	Seminar zur Teilchenphänomenologie	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen Methoden in der Theoretischen Teilchenphysik der aktuellen Forschung.					
Moduldauer: 2 Semester	Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2		

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40949	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
STPM-a	Seminar zur Teilchenphänomenologie	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Konzepte der modernen Elementarteilchenphysik mit Schwerpunkten in der Lattice GaugeTheorie und der Störungstheorie, sowie deren Anwendungen					

VLGT	Vertiefungsseminar zur Lattice Gauge Theory	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen Methoden in der Theoretischen Teilchenphysik auf dem Gitter (Lattice Gauge Theory).					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41082	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
VLGT-a	Vertiefungsseminar zur Lattice Gauge Theory	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Gitterfeldtheorie für skalare Felder. Schranke für das Higgs-Boson. Elektroschwache Theorie auf dem Gitter. Gitter QCD bei nichtverschwindenden Temperaturen und Dichten. Schwache Zerfälle auf dem Gitter. Algorithmen für chirale Fermionen.					

VFPG	Vertiefungsseminar Flavorphysik auf dem Gitter	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind fähig, sich selbstständig in Themen der Gitterrechnungen mit Relevanz für die Flavorphysik einzuarbeiten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40911	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
VFPG-a	Vertiefungsseminar Flavorphysik auf dem Gitter	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Aktuelle Themen und Methoden der Gittereichtheorie mit Relevanz für die Flavorphysik. Algorithmen zur Datengewinnung, Verfahren zur Auswertung der primären Observablen (Korrelatoren) und deren Weiterverarbeitung zu sekundären (effektive Massen, Zerfallskonstanten und Matrixelemente) und evtl. tertiären Observablen (Interpolation derselben zu bestimmten Massenverhältnissen). Diskussion geeigneter Verfahren zur verlässlichen Bestimmung statistischer und systematischer Unsicherheiten, Diskussion gängiger Verfahren zur Beurteilung ob die verwendeten Fitfunktionen die Daten korrekt beschreiben (Kolmogorov-Smirnov-Test). Die Themen stehen üblicherweise in direktem Zusammenhang mit der Masterarbeit und dienen der Optimierung der Analyse.					

AFP	Ausgewählte Kapitel der Flavorphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Die Studierenden wissen das Konzept der Flavor-Quantenzahl sachgemäß einzusetzen. Sie können Elementarvertices, die im Standardmodell erlaubt sind von solchen die verboten sind unterscheiden und somit für ein gegebenes Feynmandiagramm entscheiden, ob der Prozess im Standardmodell erlaubt ist oder nicht. Sie sind in der Lage, für erlaubte Prozesse relative Raten anzugeben, die sich durch Auszählen der Typen von Vertices, Zuordnung korrekter Potenzen von elektromagnetischer, starker und schwacher Kopplungen und Betragsquadratbildung ermitteln lassen. Sie sind in der Lage, für Prozesse, die aufgrund von flavor-changing neutral-current Subprozessen im Standardmodell verboten sind, Feynman-Diagramme höherer Ordnung zu zeichnen, die den Prozess auch im Standard-Modell zulässig machen. Sie kennen die gängigsten vorgeschlagenen Theorien, die solche Prozesse auch auf tree-level möglich werden lassen. Sie sind in der Lage, für solche Prozesse relative Unterdrückungsfaktoren der Standardmodellvariante gegenüber der Nicht-Standardmodellvariante anzugeben. Sie wissen um die Relevanz hadronischer Korrekturen zu flavor-relevanten Zerfällen und um Möglichkeiten, diese Korrekturen entweder nicht-störungstheoretisch zu berechnen oder durch geeignete Observablenbildung deutlich zu reduzieren. Idealtypisch sind sie in der Lage, neue experimentelle Resultate, die in den kommenden Jahren durch die LHCb und Belle2 Kollaborationen und vielleicht weitere Gruppen etabliert werden, in Bezug auf die Flavorphysik einzuordnen und anzugeben, welche Beyond-Standardmodell Hypothesen dadurch gestützt werden und welche eher als unplausibel anzusehen sind.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen:</p> <p>Solides Verständnis der Quantenmechanik (TP3) und der Teilchenphysik (Standardmodell), idealerweise fortgeschrittene Quantenmechanik und/oder Einführung QFT.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses:</p> <p>Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 40959	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich mündlicher Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AFP-a	Ausgewählte Kapitel der Flavorphysik	PF	Vorlesung/ Übung	4	180 h
<p>Inhalte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reminder on Standard Model interactions • Hypercharge assignments in the Standard Model • Free-particle Solutions in Weyl and Pauli-Dirac representations • Spinor projection operators and completeness relations • S-matrix and Feynman rules for QED • Charged-current and neutral-current interactions • Universality, V-A and parity violation • Fermion masses and CKM mixing matrix • Box diagrams and GIM mechanism • Neutral meson oscillations and CP-violation • Constraints on the unitarity triangles • Neutrino masses and PMNS mixing matrix • Atmospheric and solar neutrinos, MSW effect • Normal versus inverted mass hierarchy • Hints for flavor non-universality • Possible Beyond-Standard-Model scenarios 					

AGE	Ausgewählte Kapitel der Gittereichtheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden verstehen auf einem mittleren Niveau aktuelle Publikation im Bereich der Gittereichtheorie. Sie kennen die Formulierung von abelscher und nicht-abelscher Eichtheorien sowie Gitterfermionen. Sie verstehen die Grundprinzipien von wichtigen Algorithmen im Bereich der Gittereichtheorie und kennen verschiedene Entwicklungsmethoden stark wechselwirkender Theorien.					
Allgemeine Bemerkungen: Solides Verständnis der Quantenmechanik (TP3) und der statistischen Physik (TP4), möglichst fortgeschrittene Quantenmechanik und Einführung QFT besucht.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben.				
Modulabschlussprüfung ID: 41003	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich mündlicher Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AGE-a	Ausgewählte Kapitel der Gittereichtheorie	PF	Vorlesung/ Übung	4	180 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Hochdimensionale Integrale und importance sampling • Erinnerung Isingmodell • Einführung Pfadintegralquantisierung • Euklidische Feldtheorie und Wick-Rotation • Skalare Feldtheorien auf dem Gitter • Metropolis-Algorithmus und Heatbath-Algorithmus • Abelsche Eichtheorie auf dem Gitter • Nicht-Abelsche Eichtheorie auf dem Gitter • Statistische Fehleranalyse (jackknife, bootstrap) • Strong coupling expansion • Kontinuumslimits and weak-coupling expansion • Fermionen auf dem Gitter (Wilson, staggered) • Chirale Symmetrie auf dem Gitter • Hybrid Monte Carlo Algorithmus • Hadronspektroskopie 					

AGP	Ausgewählte Kapitel der Gravitationsphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden verstehen Grundprinzipien der Differentialgeometrie mit Anwendung in der Allgemeinen Relativitätstheorie. Sie kennen fortgeschrittene Aspekte und Phänomene der Gravitationsphysik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben.				
Modulabschlussprüfung ID: 40830	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich mündlicher Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AGP-a	Ausgewählte Kapitel der Gravitationsphysik	PF	Vorlesung/ Übung	4	180 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Elemente der Differentialgeometrie • Singularitätentheoreme • Hawking-Strahlung und Unruh-Effekt • Informationsparadoxon • Wechselnde aktuelle Themen wie z.B. Firewall-conjecture, holographisches Prinzip, black hole remnants etc. 					

AKT	Ausgewählte Kapitel der Kosmologie und Teilchenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die theoretischen Grundlagen und die kosmologischen Modelle der Teilchenphysik in der Kosmologie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben.				
Modulabschlussprüfung ID: 40909	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich mündlicher Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AKT-a	Ausgewählte Kapitel der Kosmologie und Teilchenphysik	PF	Vorlesung/ Übung	4	180 h
Inhalte: Grundlagen und aktuelle Themen der Kosmologie und Teilchenphysik, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Nukleosynthese • Phasenübergänge im frühen Universum • Kosmischer Neutrino-Hintergrund • Mikrowellen-Hintergrundstrahlung • Inflationsmodelle • Primordiale Gravitationswellen 					

FQFT	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden verstehen fortgeschrittene Methoden von Quantenfeldtheorien. Sie sind vertraut mit den Begriffen der Quantisierung und Renormierungsgruppe. Sie kennen Anomalien in der Theorie und wissen, wie effektive Feldtheorien oder Quantenfeldtheorien in gekrümmter Raumzeit formuliert werden.					
Allgemeine Bemerkungen: Einführung in die QFT					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben.				
Modulabschlussprüfung ID: 40944	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich mündlicher Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FQFT-a	Fortgeschrittene Quantenfeldtheorie	PF	Vorlesung/ Übung	4	180 h
Bemerkungen: Voraussetzungen: Einführung in die Quantenfeldtheorie					
Inhalte: Wechselnde Themen aus der Quantenfeldtheorie, z.B.: <ul style="list-style-type: none"> • Fadeev-Popov Quantisierung • BRST-Symmetrie • Renormierungsgruppe • Renormierbarkeit nichtabelscher Eichtheorien • Effektive Feldtheorien • Anomalien • QFT in gekrümmter Raumzeit 					

HTTP	Vertiefungsseminar Hochleistungsrechnen in der theoretischen Teilchenphysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 3	Workload 3 LP	Aufwand 90 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden verstehen Algorithmen und numerische Aspekte in der theoretischen Teilchenphysik mit Hochleistungsrechnern effizient zu implementieren.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40945	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	3

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
HTTP-a	Vertiefungsseminar Hochleistungsrechnen in der theoretischen Teilchenphysik	PF	Seminar	2	90 h
Inhalte: Aktuelle Themen und Methoden des Hochleistungsrechnens in der Theoretischen Teilchenphysik. Algorithmen zur Datengewinnung und -analyse, performance aktueller und künftiger Hardware, Parallelisierungs- und Vektorisierungsstrategien, hardwarenahe Optimierung etc. Die Themen stehen üblicherweise in direktem Zusammenhang mit der Masterarbeit und dienen der Optimierung der Datennahme.					

NuDM	Neutrinos und Dunkle Materie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Physik und Astronomie mit Neutrinos und der dunklen Materie. Sie sind in der Lage, die grundlegenden Methoden der wissenschaftlichen Literaturrecherche anzuwenden, ein spezielles Thema ausgehend von wissenschaftlichen Veröffentlichungen aufzubereiten und in einem Vortrag darstellen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 40854	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41026	Integrierte Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
NuDM-a	Vorlesung Neutrinos und Dunkle Materie	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Neutrino nachweis • Neutrinoerzeugung • Neutrinooszillation • kosmische Beschleuniger • Neutrinoastronomie • Phänomenologie der Dunklen Materie • Nachweis dunkler Materie • Signaturen von schweren Teilchen jenseits des Standardmodells der Teilchenphysik 					
NuDM-b	Übungen zu Neutrinos und Dunkle Materie	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

MMA	Multimessenger-Astronomie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Physik und Astrophysik der geladenen und neutralen kosmischen Strahlung, beginnend von ihrer gemeinsamen Entstehung an verschiedenen Quellentypen, über die Propagation durch den intergalaktischen Raum und die Galaxis, bis zur Interpretation der Multimessenger-Messdaten. Sie sind in der Lage, die grundlegenden Methoden der wissenschaftlichen Literaturrecherche anzuwenden, astrophysikalische Zusammenhänge zu analysieren und darzustellen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 41059	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41122	Integrierte Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MMA-a	Vorlesung Multimessenger-Astronomie	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Kosmische Teilchenbeschleuniger (Supernovae, Aktive Galaxien, verschmelzende Neutronensterne und schwarze Löcher, etc.) • Propagation von geladenen Teilchen, Photonen und Neutrinos im intergalaktischen Raum • Propagation in der Galaxis • kosmische Magnet- und Hintergrundstrahlungsfelder • kosmogene Photonen und Neutrinos • Teilchenphysik jenseits der terrestrischen Teilchenbeschleuniger • Gravitationswellen aus koaleszierenden Binärsystemen • Analyse und Interpretation von Multimessenger-Beobachtungsdaten 					
MMA-b	Übungen zu Multimessenger-Astronomie	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

NwKT	Methoden zum Nachweis hochenergetischer Teilchen aus dem Universum	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden haben ein fundiertes Verständnis über die vielfältigen experimentellen Methoden zum Nachweis hochenergetischer Teilchen aus dem Universum. Sie sind in der Lage, die grundlegenden Methoden der wissenschaftlichen Literaturrecherche anzuwenden und die Physik der jeweiligen Teilchennachweismechanismen vergleichend zu analysieren und darzustellen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 40948	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41175	Integrierte Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
NwKT-a	Vorlesung Methoden zum Nachweis hochenergetischer Teilchen aus dem Universum	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Wechselwirkung von Strahlung und Teilchen mit Materie • Entstehung ausgedehnter Luftschauer • Simulation ausgehnter Luftschauer und hadronischer Wechselwirkung bei höchsten Energien • atmosphärische Neutrinos und Muonen • Luftschauernachweis mit einem Array aus Teilchendetektoren • Entstehung und Nachweis von Cherenkov- und Fluoreszenzlicht aus Lichtschauern • Radio- und Mikrowellenemission aus Luftschauern • Abbildende Cherenkov-Teleskope • Nachweis von Neutrinos oberhalb von TeV-Energien 					
NwKT-b	Übungen zu Methoden zum Nachweis hochenergetischer Teilchen aus dem Universum	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

Schwerpunkt Teilchenphysik
Allgemeine Vertiefungsfächer

DA	Advanced Data Analysis	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen fortgeschrittene mathematische Konzepte und Methoden zur Analyse von Messdaten. Sie sind in der Lage, physikalische Parameter mit Hilfe der erweiterten Maximum Likelihood Methode zu bestimmen. Sie können diese Methoden insbesondere im Bereich Datenauswertung der experimentellen Teilchenphysik anwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 41028	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41086	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
DA-a		Advanced Data Analysis	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Erweiterte Likelihood-Methode - Statistische Test inklusive systematische Fehler - Signifikanz-Maße / CLs Methode - Profiling / Marginalisierung - Vertrauensintervalle - Entfaltungsmethoden - Resampling Verfahren - Multivariate Methoden						
DA-b		Übungen Advanced Data Analysis	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

GETA	Grundlagen der Elementarteilchenphysik und der Teilchenastrophysik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Struktur des Standardmodells der Elementarteilchenphysik und möglicher Erweiterungen und verfügen über die Grundlagen zur theoretischen Berechnung und experimentellen Messung der Eigenschaften von Elementarteilchen an Teilchenbeschleunigern höchster Energie. Die Studierenden sind in der Lage, die Wechselbeziehung zwischen der Teilchenphysik und Astroteilchenphysik darzulegen. Sie können die Mechanismen, die der Entstehung kosmischer Teilchenstrahlung zugrunde liegt, erklären und darlegen, wie kosmische Strahlung experimentell nachgewiesen werden kann.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41115	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
GETA-a	Grundlagen der Elementarteilchenphysik und der Teilchenastrophysik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Theorie der Feynman-Diagramme - Grundlagen der Starken und der Elektroschwachen Wechselwirkung - Fermionsektor: Top-Quark, CKM-Matrix, Neutrinos - Mögliche Erweiterungen (u.a. Supersymmetrie, Extra Dimensionen) - Experimentelle Daten und allg. Eigenschaften der Teilchen-, Gamma- und Neutrino-Strahlung, Entstehungsprozesse, aktive Galaxien, Rätsel der höchstenergetischen Teilchen - TeV Gamma-Strahlung, solare Neutrinos, TeV-Neutrino-Astronomie, neue experimentelle Techniken - Bezug zur Kosmologie					
GETA-b	Übung Grundlagen der Elementarteilchenphysik und der Teilchenastrophysik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

KOS	Kosmologie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der Kosmologie. Sie verstehen das Urknall-Modell und seine wichtigsten Säulen (Hubble-Expansion, Mikrowellenhintergrundstrahlung, Synthese der leichten Elemente) und begreifen die Notwendigkeit der Existenz dunkler Materie und dunkler Energie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39095	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
KOS-a	Kosmologie	PF	Vorlesung	3	90 h
Inhalte: Allgemeine Koordinatentransformationen, Metrik der Raumzeit, Geodäten, Lösungen der Einsteinschen Gleichungen, Schwarze Löcher, kosmische Dynamik und Weltmodelle, Hubble Gesetz, kritische Dichte des Universums, kosmologische Konstante, Altersbestimmungen, Mikrowellenhintergrundstrahlung, Primordiale Nukleosynthese, Dunkle Materie					
KOS-b	Übung Kosmologie	PF	Übung	1	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

MSV	Messtechnik und Signalverarbeitung	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen moderne Messverfahren und besitzen die erforderlichen Kenntnisse aus den Bereichen analoge und digitale Signalverarbeitung, Systemtheorie und physikalische Messtechnik. Die Studierenden sind in der Lage, Systeme zur Aufnahme und Verarbeitung von Messdaten nach Kriterien wie Empfindlichkeit, Auflösung oder Dynamik zu beurteilen und zu optimieren.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 41097	Schriftliche Prüfung (Klausur)	150 Minuten	unbeschränkt	5
Modulabschlussprüfung ID: 40978	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	5
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL 40855 ist in Komponente b zu erbringen.				
Unbenotete Studienleistung ID: 40855	Präsentation mit Kolloquium		unbeschränkt	1

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MSV-a	Messtechnik und Signalverarbeitung	PF	Vorlesung	3	150 h
Inhalte: Signale im Zeit- und Frequenzbereich, Digitalisierung, FT - DFT, LTI-Systeme, Übertragungsfunktionen, komplexe Frequenzebene, Laplacetransformation, z-Transformation, passive und aktive Filter, Signale und Rauschen, Rauschquellen, Rauschfortpflanzung, Methoden zur Empfindlichkeitsverbesserung, Modulation, Demodulation, Mischung (analog/digital), Spektrumanalyse, Netzwerkanalyse, Digitale Filter, Algorithmen zur digitalen Signal- und Bildverarbeitung, Wavelet-Transformation, Tomographische Rekonstruktionsverfahren, Messverfahren (beispielhaft), z.B. Messung ionisierender Strahlung, Spektroskopie, Tomographische Verfahren					
MSV-b	Übung Messtechnik und Signalverarbeitung	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

ART	Allgemeine Relativitätstheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien der allg. Relativitätstheorie als theoretisches Fundament der Kosmologie. Sie sind in der Lage, das erlernte Wissen in Übungsaufgaben anzuwenden und zu vertiefen. Sie verstehen die Grundlagen von Fachartikeln zu Themen der Raumzeitkosmologie (z.B. Urknallmodell, beschleunigte Expansion, Inflationsmodelle und deren Manifestation in der Hintergrundstrahlung und Strukturbildung, dunkle Energiesowie dunkle Materie).					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 38971	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
ART-a	Vorlesung Allgemeine Relativitätstheorie	PF	Vorlesung	3	120 h
Inhalte: Allgemeine Koordinatentransformationen, Metrik der Raumzeit, Geodäten, Lösungen der Einsteinschen Gleichungen, kosmische Dynamik und Weltmodelle, Hubble Gesetz, Beiträge zur Energiedichte im Universum, Zustandsgleichung, thermodynamische Entwicklung des Universums, beschleunigte Expansion, Evidenz für dunkle Energie und dunkle Materie, Inflationsmodelle, Zusammenhang zwischen Quantenfluktuationen und Strukturbildung					
ART-b	Übung Allgemeine Relativitätstheorie	PF	Übung	1	60 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

EQFT	Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Grundprinzipien der relativistischen Quantenmechanik aus der feldtheoretischen Formulierung. Sie kennen grundlegende Rechentechniken der Quantenfeldtheorie und ihre Anwendungen in der Teilchenphysik und Statistischen Feldtheorie.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: nur im Sommersemester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.				
Modulabschlussprüfung ID: 40901	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 40963	Mündliche Prüfung	45 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
EQFT-a	Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: - Relativistischen Quantenmechanik - Nöthertheorem - Feldquantisierung im Impulsraum - Dirac-Propagator des freien Skalarfeldes - Wick-Theorem - Wechselwirkung, Normalordnung, Zeitordnung - Feynman-Diagramme - Wirkungsquerschnitte und Zerfallsraten - Regularisierung und Renormierung - Darstellungen der Poincare-Gruppe - Grassmann-Variablen - Pfadintegrale - Quantisierung von Eichtheorien - Quantenelektrodynamik					
EQFT-b	Übungen zu Einführung in die Quantenfeldtheorie	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Die Inhalte der Vorlesung werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

FQM	Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen fortgeschrittene Methoden und Techniken der Quantenmechanik, insbesondere die relativistische Formulierung und Feldquantisierung der Quantenmechanik. Sie sind in der Lage, Ableitung und Behandlung von fortgeschrittenen quantenmechanischen Problemen zu formulieren. Sie besitzen einen Überblick über verschiedene Rechenmethoden und Näherungen sowie die fundamentale Bedeutung relativistischer Phänomene in der Physik. Die Studierenden kennen die Grundlagen der theoretischen Teilchenphysik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39291	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39113	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
FQM-a		Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: - Invarianz der Bewegungsgleichungen und Erhaltungssätze - Zeitumkehr - Zeitabhängige Störungstheorie - Variationsmethoden - Hartree-Fock-Gleichung - Struktur der Moleküle - Streutheorie: Wirkungsquerschnitt, Bornsche Reihe, Einfach- und Mehrfachstreuung - S- und T-Matrix - Relativistische Quantenmechanik: Klein-Gordon und Dirac-Gleichung - Feldquantisierung - Quantentheorie der Strahlung - Grundlagen der Teilchenphysik						
FQM-b		Übung Fortgeschrittene Quantenmechanik	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

GDP	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die mathematischen Grundlagen der Gruppen- und Darstellungstheorie und besitzen Kenntnisse über die Anwendbarkeit der Gruppentheorie in der Physik und Vermittlung der Bedeutung von Symmetrien und des Zusammenhangs von gruppentheoretischen Methoden. Sie besitzen einen Überblick über die mathematischen Strukturen der Symmetrien in der Physik. Die so gewonnen Erkenntnisse können eigenständig auf andere und neue Probleme übertragen werden.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird vom Prüfungsausschuss zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet. Umfang der Hausarbeit: 20 - 25 Seiten Die Sammelmappe besteht aus schriftlichen oder digitalen Übungen.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 41161	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6
Modulabschlussprüfung ID: 41072	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
GDP-a	Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF	Vorlesung	2	90 h
<p>Inhalte: Eine Auswahl aus den Themen: - Elementare Gruppentheorie - Kristallographische Gruppen - Darstellungen endlicher Gruppen - Lie-Gruppen und Lie-Algebren - Die Drehgruppe und ihre Darstellungen - Wigner-Eckart-Theorem - Lorentz- und Poincaregruppe und ihre Darstellungen - Spinoren - Harmonische Oszillatorgruppe</p>					
GDP-b	Übung Gruppen- und Darstellungstheorie in der Physik	PF	Übung	2	90 h
<p>Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.</p>					

Praktika

PP	Projekt-Praktikum	PF/WP PF	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen typische Fragestellungen der aktuellen physikalischen Forschung in verschiedenen Bereichen der Physik und besitzen einen Überblick über in den Forschungsgruppen bearbeitete Projekte. Sie sind zu eigenständiger Forschung in der Lage und besitzen ausreichende Kenntnisse für die Auswahl eines Themas der Masterarbeit.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 41095	Präsentation mit Kolloquium	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
PP-a Projekt-Praktikum	PF	Praktikum	2	180 h
Inhalte: Es werden zwei Projekte in den Forschungsgruppen der Fachgruppe, die nahe an Fragestellungen der Forschung angesiedelt sind, in 2er Gruppen durchgeführt. Folgende Projekte stehen regelmäßig zur Auswahl: <ul style="list-style-type: none"> • Atmosphärenphysik • Exp. kondensierte Materie: Feldemissionseigenschaften einer kalten Kathode, Rasterkraftmikroskopie, Herstellung und Charakterisierung dünner Schichten, Auger-Elektronenspektroskopie zur Elementanalyse, Röntgenstrukturanalyse • Theo. kondensierte Materie: Thermodynamische Eigenschaften von Spinketten, Numerische Lösungsverfahren nichtlinearer Gleichungssysteme • Theoretische Chemische Physik: Simulation von Lennard-Jones Fluiden • Astroteilchenphysik: Messungen mit einem Radioteleskop, Messung der kosmischen Strahlung durch Nachweis ausgedehnter Luftschauer • Teilchenphysik/Computing: Automatisierte Datennahme, Ereignis Selektion von Top-Quark Ereignissen mit Neuronalem Netz, Messung der Top-Quark-Masse aus der Flugstrecke von B-Hadronen, GRID, Renormierungsgruppe und große Vereinheitlichung • Rechnergestützte Physik: kritische Exponenten mit MC Renormierungsgruppe, Ising-Modell, Chaos in der klassischen Mechanik, Quantenmechanik am Computer • Angewandte Physik: Projekte zu Bildgebenden Verfahren in Industrie und Medizin Die Projekte sollen dokumentiert und in einem Seminarvortrag in der Forschungsgruppe dargestellt werden				

MP	Master-Praktikum	PF/WP PF	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Die Studierenden gehen vertraut mit modernen physikalischen Experimentiermethoden und Messgeräten um. Sie kennen deren Anwendungsmöglichkeiten in der Grundlagenforschung und in der aktuellen industriellen Produktentwicklung. Die Studierenden sind in der Lage, physikalische Experimente selbstständig durchzuführen, diese Durchführung wissenschaftlich zu protokollieren, die resultierenden Ergebnisse zu interpretieren und Fehlerquellen zu diskutieren. Die Studierenden können überschaubare Projekte selbstständig und im Team planen, strukturieren, kommunizieren und reflektieren.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen:</p> <p>Das Praktikum kann im Sommer- oder im Wintersemester begonnen werden. Das Praktikum wird an fünf ganzen Tagen durchgeführt. Es kann sowohl während der Vorlesungszeit als auch in der vorlesungsfreien Zeit durchgeführt werden.</p>					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 40991	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	6
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung:</p> <p>Die Sammelmappe umfasst folgende exemplarische Einzelleistungen, welche die oder der Studierende zusammenzustellen und der Prüferin oder dem Prüfer zur abschließenden Begutachtung vorzulegen hat:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Versuchsprotokolle (vorbegutachtet), • Fachgespräche (vorbegutachtet). <p>Die Einzelleistungen werden durch die zur Prüferin bestellte Lehrende oder den zum Prüfer bestellten Lehrenden jeweils für eine Modulkomponente zusammenfassend unverbindlich vorbereutachtet und vorbewertet, die oder der diese Vorbegutachtung und Vorbewertung gegenüber dem Fach-Prüfungsausschuss dokumentiert. Im Anschluss an die Vorbegutachtungen und -bewertungen der Einzelleistungen aller Modulkomponenten begutachtet und bewertet die hierzu bestellte Prüferin oder der hierzu bestellte Prüfer die Ergebnisse der Einzelleistungen für das gesamte Modul in einer Gesamtbetrachtung. Der Prüfungsausschuss stellt der Prüferin oder dem Prüfer diese Vorbewertung für die abschließende Gesamtbegutachtung und -bewertung der Sammelmappe zur Verfügung.</p>				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MP-a	Master-Praktikum	PF	Praktikum	3	180 h
Inhalte: Im Praktikum müssen fünf Versuche durchgeführt werden. Es stehen Versuche aus 4 Kategorien zur Wahl, wobei aus jedem Bereich mindestens ein Versuch durchgeführt werden muss. <ul style="list-style-type: none"> • Atom- und Molekülphysik Hyperfeinstruktur+Isotopieverschiebung Stern-Gerlach Versuch NH₃-Inversionsspektrum • Kern- und Elementarteilchenphysik Lebensdauer von Myonen Silizium-Streifen-Zähler • Festkörperphysik Mößbauerspektroskopie Ellipsometrie • Angewandte Physik Rastertunnel/Rasterelektronenmikroskopie HTSL-SQUID 					

Master-Phase

MMP	Methodenerkenntnis und Projektplanung	PF/WP PF	Gewicht der Note 0	Workload 15 LP	Aufwand 450 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die nötigen Methoden zur Strukturierung des vorgesehenen Forschungsprojektes der Master-Arbeit. Sie können mit wissenschaftlicher Literatur umgehen und eigenständig recherchieren. Sie können wissenschaftliche Projekte planen und organisieren. Sie kennen den aktuellen Forschungsstand im Spezialgebiet.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Absolvierung des Masterstudiums in dem in der Prüfungsordnung spezifizierten Rahmen, empfohlen sind die vertiefenden Schwerpunktfächer.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss oder dem betreuenden Dozenten bekannt gegeben.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 41114	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	15

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
MMP-a		Fachgruppen-Kolloquium Physik	PF	Seminar	2	30 h
<p>Inhalte: Das Fachgruppen-Seminar der Physik ist das zentrale Seminar der Physik. Es werden aktuelle Themenbereiche der Forschung, sowie die neuesten Fortschritte aus der eigenen Fachgruppe präsentiert. Das Seminar findet in jedem Semester statt.</p>						
MMP-b		Methodenerkenntnis und Projektplanung	PF	Form nach Ankündigung	0	420 h
<p>Inhalte: Einarbeitung in das spezielle Fachgebiet, auf dem die Master-Arbeit geschrieben werden soll. Das Modul bildet mit dem Modul Fachliche Spezialisierung und der Master-Arbeit eine untrennbare Einheit und muss daher in der gleichen Arbeitsgruppe belegt werden, in der auch die Master-Arbeit geschrieben werden soll. Die eigentlichen Themen der Methodenerkenntnis und Projektplanung wird in den Arbeitsgruppen definiert und kann in verschiedenen Lehrformen, wie Pratika, Kolloquia, Vorlesungen, Übungen, Seminare, Blockurse oder anderen Formen spezifiziert sein.</p>						

MFS	Fachliche Spezialisierung	PF/WP PF	Gewicht der Note 15	Workload 15 LP	Aufwand 450 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen den aktuellen Forschungsstand im Spezialgebiet und besitzen fachliche Spezialkenntnisse im direkten Zusammenhang mit der Master-Arbeit.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistung wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss oder dem betreuenden Dozenten bekannt gegeben.				
Modulabschlussprüfung ID: 41029	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	15

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MFS-a	Fachliche Spezialisierung	PF	Form nach Ankündigung	0	450 h
Inhalte: Einarbeitung in das spezielle Fachgebiet, auf dem die Master-Arbeit geschrieben werden soll. Das Modul bildet mit dem Modul Methodenkenntnis und Projektplanung und der Master-Arbeit eine untrennbare Einheit und muss daher in der gleichen Arbeitsgruppe belegt werden, in der auch die Master-Arbeit geschrieben werden soll. Die eigentliche fachliche Spezialisierung wird in den Arbeitsgruppen definiert und kann in verschiedenen Lehrformen, wie Praktika, Seminaren, Vorlesungen, Übungen oder anderen Formen spezifiziert sein. Der Schwerpunkte der Inhalte liegt auf der fachlich inhaltlichen Seite des gesamten Arbeitsgebietes.					

Nichtphysikalische Wahlpflichtmodule

Mathematik

Alg1	Algebra 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden werden in ein Spezialgebiet der Algebra eingeführt. Sie beherrschen zentrale Begriffe und fortgeschrittene Methoden und werden in die Lage versetzt, tiefliegende Fragestellungen der Algebra zu verstehen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39283	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39209	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Alg1-a Algebra 1	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse in Algebra aus dem Bachelor.				
Inhalte: Eine Auswahl aus Themen der Algebra, wie z.B.: - Darstellungstheorie - Lie-Theorie - Homologische Algebra - Zahlentheorie				

Alg2	Algebra 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen ein Teilgebiet der Algebra so gut, dass sie Originalliteratur lesen und ein kleines Forschungsproblem bearbeiten können.					
Allgemeine Bemerkungen: In der Regel wird das Modul in jedem 2. Jahr angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 38948	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Alg2-a	Algebra 2	PF	Vorlesung	4	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Algebra 1. Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.					
Inhalte: Eine Auswahl aus den Themen der Algebra: - Darstellungstheorie - Lie-Theorie - Homologische Algebra - Zahlentheorie					

AlgGeo1	Algebraische Geometrie 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden werden in ein Spezialgebiet der Algebraischen Geometrie eingeführt. Sie beherrschen zentrale Begriffe und fortgeschrittene Methoden und werden in die Lage versetzt, tiefliegende Fragestellungen der Algebraischen Geometrie zu verstehen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 38998	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39048	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AlgGeo1-a	Algebraische Geometrie 1	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse in Kommutativer Algebra oder Algebraischer Geometrie aus dem Bachelor.					
Inhalte: Auswahl aus den Themen der Algebraischen Geometrie, wie z.B.: - Schemata - Invariantentheorie - Algebraische Gruppen					

AlgGeo2	Algebraische Geometrie 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen ein Teilgebiet der Algebraischen Geometrie so gut, dass sie Originalliteratur lesen und ein kleines Forschungsproblem bearbeiten können.					
Allgemeine Bemerkungen: In der Regel wird das Modul in jedem 2. Jahr angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39116	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AlgGeo2-a	Algebraische Geometrie 2	PF	Vorlesung	4	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Algebraische Geometrie 1. Im Regelfall wird die Veranstaltung im Sommersemester angeboten. Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.					
Inhalte: Eine Auswahl aus den Themen der Algebraischen Geometrie, wie z.B.: - Schemata - Invariantentheorie - Algebraische Gruppen					

FunkAna1	Funktionalanalysis 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind mit den Aspekten und Methoden der Spektraltheorie sowie der Banachalgebren oder mit anderen grundlegenden Gebieten der Funktionalanalysis vertraut und sie sind in der Lage, diese auf theoretische wie auf anwendungsbezogene Probleme anzuwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39227	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39263	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FunkAna1-a	Funktionalanalysis 1	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse aus der Weiterführung Analysis: Funktionalanalysis.					
Inhalte: Eine Auswahl aus Themen der Funktionalanalysis, wie z.B.: <ul style="list-style-type: none"> - Banachalgebren - Spektralsätze für beschränkte und unbeschränkte Operatoren - Spektraltheorie - Funktionalkalküle - Lokalkonvexe Räume und Distributionen - Operatoralgebren 					

FunkAna2	Funktionalanalysis 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind mit einem Teilgebiet der Funktionalanalysis soweit vertraut, dass sie eine Masterthesis in diesem Gebiet verfassen können. Sie sind in der Lage besonders vertiefte Literatur vorlesungsbegleitend zu studieren.					
Allgemeine Bemerkungen: In der Regel wird das Modul in jedem 2. Jahr angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39233	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39285	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FunkAna2-a Funktionalanalysis 2	PF	Vorlesung	4	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Funktionalanalysis 1. Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.				
Inhalte: Eine Auswahl aus Themen der Funktionalanalysis, wie z.B: - Stark stetige Halbgruppen und Evolutionsgleichungen - Systemtheorie unendlich dimensionaler Systeme - Frécheträume und ihre Dualitätstheorie - Funktionalanalytische Methoden bei partiellen Differentialgleichungen - Ergodentheorie und Asymptotik von Operatorhalbgruppen				

KompAna1	Komplexe Analysis 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden werden mit Phänomenen aus der mehrdimensionalen Funktionentheorie, die im frappanten Gegensatz zu Standardresultaten aus der Funktionentheorie einer Veränderlichen stehen, bekannt gemacht. Sie lernen die zentralen Begriffe und Methoden dieser Theorie kennen und werden an Fragestellungen herangeführt, die Gegenstand moderner Forschung sind. Ferner sind sie im Stande, elementare Theorie auf einfache Probleme der Komplexen Analysis mehrerer Veränderlicher anzuwenden.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39066	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 38954	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
KompAna1-a	Komplexe Analysis 1	PF	Vorlesung/ Übung	6 270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse aus der Einführung in die Funktionentheorie.				
Inhalte: Einführung in die Theorie der holomorphen Funktionen mehrerer Veränderlicher Holomorphiegebiete, Holomorphiekonvexität, Pseudokonvexität Subharmonische und plurisubharmonische Funktionen Leviform und Levi-Pseudokonvexität				

KompAna2	Komplexe Analysis 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die wichtigen Grundlagen der Komplexen Analysis von mehreren Veränderlichen und haben darüber hinaus exemplarisch Kenntnisse in einer oder mehreren Teildisziplinen der Komplexen Analysis erworben. Sie haben unter Anleitung die wissenschaftlichen Arbeitsmethoden in diesen Disziplinen kennen gelernt und beherrschen die nötigen Werkzeuge und Techniken, um eine Master-Thesis in der Komplexen Analysis zu schreiben.					
Allgemeine Bemerkungen: In der Regel wird das Modul in jedem 2. Jahr angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39060	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
KompAna2-a Komplexe Analysis 2	PF	Vorlesung	4	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Komplexe Analysis 1. Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.				
Inhalte: Eine Auswahl aus den folgenden Schwerpunkten und Themen: Geometrische Methoden (Polynomiale und rationale Hüllen, Fast-komplexe und CR-Mannigfaltigkeiten, Pluripotentialtheorie und pluripolare Mengen, Holomorphiehüllen, Levi-flache Hyperflächen) Analytische Methoden (Komplexe Differentialformen, Dolbeault-Theorie, Hörmanders Theorie des $\bar{\partial}$ -quer Operators, Lösung des Leviproblems, Abbildungstheorie, Geometrische und analytische Invarianten bei glatten pseudokonvexen Hyperflächen) Kohomologische Methoden (Komplexe Mannigfaltigkeiten, Vektorbündel und Garben, Kohomologietheorie, meromorphe Funktionen und Cousin-Verteilungen, Komplexe Differentialformen und Dolbeault-Theorie, Weierstrass-Theorie und kohärente Garben, Analytische Mengen und komplexe Räume, q -Konvexität und Steinsche Mannigfaltigkeiten, Projektive Mannigfaltigkeiten, Sigma-Prozess, positive und negative Bündel)				

PDGI	Partielle Differentialgleichungen	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die grundlegenden analytischen bzw. numerischen Methoden um elliptische, parabolische und hyperbolische lineare und einfache nichtlineare partielle Differentialgleichungen qualitativ und quantitativ studieren zu können.					
Allgemeine Bemerkungen: Es wird eine der beiden Komponenten studiert.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39194	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39049	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
PDGI-a	Functional Analytic Methods for Partial Differential Equations	WP	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Weiterführung Analysis: Funktionalanalysis.					
Inhalte: - Einführung geeigneter Funktionenräume (wie Sobolevräume, Distributionen) - Anwendung funktionalanalytischer Methoden auf Problemstellungen aus dem Bereich der linearen partiellen Differentialgleichungen, wie z.B. elliptische Randwertprobleme - Regularitätstheorie - Halbgruppen beschränkter Operatoren und ihre Anwendung auf Anfangs- oder Anfangs-Randwertprobleme hyperbolischer oder parabolischer Differentialgleichungen - Existenz von Elementarlösungen, globale Lösbarkeit, Regularität der Lösungen - Lösungstechniken nichtlinearer partieller Differentialgleichungen.					
PDGI-b	Numerical Analysis of Partial Differential Equations	WP	Vorlesung/ Übung	6	180 h
Inhalte: - PDE models in science, economics and engineering - Classification and well-posedness of PDEs - Elliptic problems - Parabolic problems - Hyperbolic problems - Heterogeneous problems					

StochDGI	Stochastische Differentialgleichungen	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen Eigenschaften von Martingalen, die Definition einer strengen Lösung einer reell-wertigen stochastischen Differentialgleichung (SDG) mit Lévy und Gauß'schem Rauschen und können einfache lineare SDG anwenden.					
Allgemeine Bemerkungen: In der Regel wird das Modul in jedem 2. Jahr angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 38981	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39229	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
StochDGI-a	Einführung in die stochastischen Differentialgleichungen	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Wahrscheinlichkeitstheorie.					
Inhalte: Stochastische Prozesse auf filtrierten Wahrscheinlichkeitsräumen werden eingeführt. - Chaotisches Verhalten, Rauschverhalten in angewandten Problemen wird beobachtet (Bachelier und Einstein im 19. Jh.) und somit Lévy-Prozesse, insbesondere die Brownsche Bewegung eingeführt, definiert und untersucht. - Durch die Beobachtung, dass die meisten Lévy-Prozesse, insbesondere die Brownsche Bewegung, Pfade mit unendlicher Variation haben, wird die Notwendigkeit erkannt, das kolorierte Rauschen durch ein Ito-Integral einzuführen. - Das Ito-Integral wird durch Isometrie (nach der Theorie von K. Ito) für Lévy-Prozesse (insbesondere Brownsche Bewegung) definiert und somit die Definition einer strengen Lösung einer stochastischen Differentialgleichung eingeführt. - Die Ito-Formel wird eingeführt und einfache Stochastische Differentialgleichungen (z.B. lineare) anwendungsbezogen untersucht.					

Top1	Topologie 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden werden in aktuelle Gebiete der Topologie eingeführt. Sie beherrschen zentrale Methoden und Begriffe und werden in die Lage versetzt, tiefliegende Fragestellungen der Topologie zu verstehen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 38999	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39148	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Top1-a	Topologie 1	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist die Einführung in die Topologie aus dem Bachelor. Für Teile der Vorlesung können Kenntnisse aus „Einführung in die Algebra“ und „Kommutative Algebra“ hilfreich sein.					
Inhalte: - Homologie- und Kohomologie-Theorie mit Anwendungen - simpliziale Mengen - Grundzüge der homologischen Algebra					

Top2	Topologie 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen ein Teilgebiet der Topologie so gut, dass sie Originalliteratur lesen und ein kleines Forschungsproblem bearbeiten können.					
Allgemeine Bemerkungen: In der Regel wird das Modul in jedem 2. Jahr angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39320	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Top2-a	Topologie 2	PF	Vorlesung	4	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Topologie 1. Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.					
Inhalte: Themen aus: - Homotopietheorie - verallgemeinerte Homologie- und Kohomologietheorien - topologische und algebraische K-Theorie - motivische Homotopietheorie					

Wath	Wahrscheinlichkeitstheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse von diskreten und nicht diskreten Zufallsvariablen und deren unterschiedlichen Konvergenzen (fast sicher, in Wahrscheinlichkeit, in Verteilung, in L_p-Norm). Sie kennen den Beweis des zentralen Grenzwertsatzes durch die Fourier-Transformation. Sie haben auch Produkt- und Wahrscheinlichkeitsräume untersucht.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: nur im Wintersemester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses:</p> <p>Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 39187	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39075	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
WaTh-a	Wahrscheinlichkeitstheorie	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
<p>Bemerkungen:</p> <p>Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse aus der Einführung Stochastik und Maß- und Integrationstheorie aus dem Bachelor. Analysis I und II, Grundlagen aus der Linearen Algebra aus dem Bachelor.</p>					
<p>Inhalte:</p> <p>Die Studierenden kennen die 1-1 Zuordnung von Verteilungen und Verteilungsfunktionen und durch diese für die Anwendungen wichtige Zufallsvariablen und deren Eigenschaften. Die Studierende lernen die unterschiedlichen Konvergenzen von Folgen von Zufallsvariablen (in L_p, in Wahrscheinlichkeit, fast sicher, in Verteilung) auf Probleme der Modellierung und Annäherungsverfahren anzuwenden. In diesem Zusammenhang haben sie auch gelernt, die Technik der Fourier-Transformation von Zufallsvariablen und Konvolutionen von Verteilungen auf Summenfolgen unabhängiger Zufallsvariablen anzuwenden. Der zentrale Grenzwertsatz wird durch die Fouriertransformierte bewiesen.</p>					

Opt1	Optimierung 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden haben umfassende Kenntnisse in der Theorie kontinuierlicher und/oder diskreter Optimierungsaufgaben erworben. Sie kennen die wichtigsten numerischen Verfahren und sind in der Lage, sich aktuelle Forschungsergebnisse aus diesem Gebiet zu erarbeiten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39286	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Opt1-a	Grundlegende Methoden und Techniken der Optimierung	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse in Optimierung auf Bachelor-Level.					
Inhalte: Aktuelle Ergebnisse aus der kontinuierlichen und/ oder der diskreten Optimierung, wie z.B.: - Nichtlineare Optimierung: Anwendungen; Optimalitätsbedingungen; Kovergenztheorie; unrestringierte Optimierung, Quadratische Optimierung, verschiedene Verfahren der restringierten Optimierung - Ganzzahlige Optimierung: Anwendungen und Motivation; Grundlagen; Verbindung zur linearen Optimierung; ganzzahlige Polyeder; Polyedertheorie; Schnittebenenverfahren; Relaxierung und Dualität; partielle Enumeration; dynamische Programmierung; Branch-and-Bound und Branch-and-Cut					

Opt2	Optimierung 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden haben weitreichende Kenntnisse in einem aktuellen Spezialgebiet der Optimierung und Approximation erworben. Sie sind in der Lage, die Verfahren zu implementieren und in Bezug auf ihre Leistungsfähigkeit numerisch zu testen. Sie sind in der Lage vertiefte Literatur selbständig zu studieren.					
Allgemeine Bemerkungen: In der Regel wird das Modul in jedem 2. Jahr angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 39063	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Opt2-a	Methoden und Techniken wichtiger Teilgebiete der Optimierung	PF	Vorlesung	4	270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse in Optimierung auf Bachelor-Level. Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.					
Inhalte: Aktuelle Spezialgebiete der Optimierung und Approximation wie z.B.: - Multikriterielle Optimierung: Anwendungen; Optimalitätskonzepte; Skalarisierungsverfahren und ihre Eigenschaften; multikriterielle lineare Optimierung; multikriterielle diskrete Optimierung; Ausblick - Standortoptimierung: Anwendungen; kontinuierliche 1-Standortprobleme; kontinuierliche Mehrstandortprobleme; Diskrete und Netzwerkstandortprobleme; Ausblick - Approximationstheorie: Existenz, Eindeutigkeit, Charakterisierung Bestapproximation in normierten, linearen Räumen; Bestapproximation durch trigonometrische und algebraische Polynome; verschiedene Methoden der Approximation					

RiTh	Risikothorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden haben sich ein Methodenspektrum angeeignet, das ihnen erlaubt Risiken in Prozessen zu modellieren und zu analysieren. Sie kennen Eigenschaften der Risikomaße und haben Verteilungen besprochen, welche sich zur Modellierungen von Risiken eignen (fat tails). Sie haben durch die Theorie von Copulas gelernt systemische Risiken zu untersuchen.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Wahrscheinlichkeitstheorie. Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 39167	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39278	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
RiTh-a	Risikothorie	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
<p>Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung ist das Modul Wahrscheinlichkeitstheorie. Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.</p>					
<p>Inhalte: Darstellung von Risiken: individuelle und kollektive Modelle.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wert von Risiken und Konfidenzintervalle werden definiert. • Unterschiedliche Verteilungen, insbesondere mit „fat tails“, werden eingeführt. • Unterschiedliche Risikokennzahlen und ihre Eigenschaften werden untersucht (Value at Risk, Tail Value at Risk, Conditional Value at Risk). • Copulas werden definiert und deren Eigenschaften untersucht. • Vergleich von Risiken und Systemisches Risiko werden untersucht. • Zahlprozesse, Poisson-Prozesse und Risikoprozesse mit deren Komponenten werden eingeführt, Ruinwahrscheinlichkeiten untersucht. 					

Algo1	Discrete Methods for Numerical Computation	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: The students are familiar with graph theoretic concepts and methods and are able to apply these to problems in Scientific Computing, e.g. for grid partitioning or in algorithms for factorizing sparse matrices.					
Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English. In der Regel wird das Modul in jedem 2. Jahr angeboten.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39123	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39001	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Algo1-a	Discrete Methods for Numerical Computation	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Prerequisites: Numerical methods and basic knowledge of data structures from a Bachelors' programme.					
Inhalte: Theory and use of discrete structures (graphs) in numerical computation, for example data structures for sparse matrices, symmetric permutations, connected components, minimum degree, dissection, stability for nonsymmetric factorizations, strong components, transversals and digraphs, bipartite graphs, Markowitz methods, symmetric and nonsymmetric elimination trees, graph partitionings, minimal cuts, advanced topics.					

Algo2	Parallel Algorithms	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: The students know the special algorithmic demands in High Performance Computing. They are able to design parallel algorithms and to analyze them, in particular with respect to efficiency.					
Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39166	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39109	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
Algo2-a		Parallel Algorithms	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Prerequisites: Basic knowledge of numerical mathematics and fundamental algorithms.						
Inhalte: Parallel architectures and parallel programming models, speedup, efficiency, scalability, linear systems of equations, sparse matrices and graphs, partitioning methods, iterative methods, coloring schemes, incomplete factorizations, domain decomposition and Schwarz iterative methods.						

CompFi1	Computational Finance 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: The students are familiar with basic concepts in Computational Finance. They have learnt how to model in finance, develop and use simulation tools and judge their efficiency and practicability in front offices.					
Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39158	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 38959	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
CompFi1-a		Computational Finance 1	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Prerequisites: Numerical analysis at bachelor level.						
Inhalte: E.g. modelling of financial markets, Black-Scholes model, stochastic differential equations						

CompFi2	Computational Finance 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: The students are familiar with basic concepts numerical methods applied in Computational Finance. They are able to solve numerically partial differential equations arising in finance, and can interpret the numerical results.					
Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 38978	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 38992	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
CompFi2-a		Computational Finance 2	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Bemerkungen: Prerequisites: Numerical analysis at bachelor level.						
Inhalte: E.g. finite difference methods, finite element methods, partial differential equations arising in finance, numerical solution of initial boundary value problems						

VerNum	Verifikationsnumerik	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Tücken von mit dem Rechner erzielten numerischen Ergebnissen (ungenauere Ergebnisse, falsche Ergebnisse, Vortäuschung von Lösungen ...). Ihnen sind selbstverifizierende numerische Verfahren vertraut, mit denen zum Beispiel lineare und nichtlineare Gleichungssysteme und Optimierungsprobleme sicher durch Berechnung von verifizierten Schranken gelöst werden können. Sie haben Erfahrung mit dem Aufbau, der Entwicklung und dem Einsatz entsprechender Softwarewerkzeuge.					
Allgemeine Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse in der numerischen Mathematik aus dem Bachelorstudium.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39031	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39251	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
VerNum-a	Verifikationsnumerik	PF	Vorlesung/ Übung	6 270 h
Bemerkungen: Voraussetzung für die Teilnahme an der Veranstaltung sind Kenntnisse in der numerischen Mathematik aus dem Bachelorstudium.				
Inhalte: Beispielsammlung „numerische Katastrophen“				
<ul style="list-style-type: none"> • Mengenarithmetik, Intervallararithmetik, Containment-Berechnungen, Maschinenintervallararithmetik, verifizierte Ausdrucksauswertung, Intervallrechnung im Komplexen, Rechteckarithmetik, Kreisscheibenarithmetik • Nullstellenverfahren mit Verifikation, Automatische Differentiation, Taylorarithmetik, verifizierte Integration, Verifikation bei nichtlinearen Gleichungen, Intervall-Newton-Verfahren • selbstverifizierende Optimierungsverfahren, Intervall-Gauß-verfahren, Krawczyk-Operator, Hansen-Sengupta-Operator • Methoden für schwachbesetzte positiv definite Gleichungssysteme, parameterabhängige Gleichungssysteme, Verifikation bei funktionalen Problemen (z.B. bei Anfangswertproblemen, Integralgleichungen) 				

NumAna1	Numerical Analysis and Simulation 1	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: The students are familiar with complex algorithms for the numerical simulation of ordinary differential equations. They are able to analyze and classify such algorithms, to apply them properly and develop them further.					
Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39070	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 38977	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
NumAna1-a		Numerical Analysis and Simulation 1	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Inhalte: ODE models in science, economics and engineering Short synopsis on theory of ODEs One-step and extrapolation methods Multi-step methods Numerical methods for stiff systems Application-oriented models and schemes (e.g., DAEs and geometric integration)						

NumAna2	Numerical Analysis and Simulation 2	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Students are familiar with complex algorithms for the numerical simulation of partial differential equations and are able to analyze and classify them, apply them properly and develop them further.					
Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: The form of the examination of the module is announced at the beginning of the semester in which the examination will be conducted.				
Modulabschlussprüfung ID: 39157	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39027	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
NumAna2-a		Numerical Analysis and Simulation for PDEs	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Inhalte: PDE models in science, economics and engineering Classification and well-posedness of PDEs Elliptic problems Parabolic problems Hyperbolic problems Heterogeneous problems						

Wei.KomAlg	Weiterführung Algebra: Kommutative Algebra	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen vertiefte Begriffsbildungen und Methoden der kommutativen Algebra. Durch die Beschäftigung mit abstrakten Begriffen und Methoden und durch das Kennenlernen von tiefer liegenden mathematischen Ergebnissen werden die Studierenden zur Abstraktion und zum selbstständigen Umgang mit anspruchsvollen mathematischen Fragestellungen befähigt.					
Allgemeine Bemerkungen: In jedem Wintersemester wird eines der Module Weiterführung Algebra angeboten. Sporadisch ist ein zusätzliches Angebot im Sommer möglich.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 5	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39578	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39694	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Wei.KomAlg-a	Kommutative Algebra	PF	Vorlesung	4	180 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Einführung in die Algebra					
Inhalte: Bereitstellung grundlegender Begriffe für die Zahlentheorie oder algebraische Geometrie: Ringerweiterungen; Noethersche und Artinsche Ringe; Theorie der Moduln (injektive und projektive Moduln, Tensorprodukte etc.), Flachheit, Vervollständigung					
Wei.KomAlg-b	Übung zu Kommutative Algebra	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

Wei.AlgGeo	Weiterführung Algebra: Algebraische Geometrie	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen vertiefte Begriffsbildungen und Methoden der algebraischen Geometrie. Durch die Beschäftigung mit abstrakten Begriffen und Methoden und durch das Kennenlernen von tiefer liegenden mathematischen Ergebnissen werden die Studierenden zur Abstraktion und zum selbstständigen Umgang mit anspruchsvollen mathematischen Fragestellungen befähigt.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: In jedem Wintersemester wird eines der Module Weiterführung Algebra angeboten. Sporadisch ist ein zusätzliches Angebot im Sommer möglich.</p>					
Moduldauer: 1 Semester	Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 5		

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 39640	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39665	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Wei.AlgGeo-a Algebraische Geometrie	PF	Vorlesung	4	180 h
<p>Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Einführung in die Algebra</p>				
<p>Inhalte: Grundlegendes zur Modultheorie (z.B. Noethersche und endliche Moduln), Hilbertscher Basissatz, topologische Grundbegriffe, Hilbertscher Nullstellensatz, Affine und projektive Varietäten, Dimensionen, Morphismen von Varietäten, Garben regulärer Funktionen, Funktionenkörper</p>				
Wei.AlgGeo-b Übung zu Algebraische Geometrie	PF	Übung	2	90 h
<p>Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Inhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.</p>				

Wei.KompAna	Weiterführung Analysis: Komplexe Analysis	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen vertiefte Begriffsbildungen und Methoden der Analysis. Sie können sie für die Analyse und Lösung von typischen Fragestellungen aus der Komplexen Analysis einsetzen. Durch die Beschäftigung mit abstrakten Begriffen und Methoden und durch das Kennenlernen von tieferliegenden mathematischen Ergebnissen werden die Studierenden zur Abstraktion und zum selbstständigen aktiven Umgang mit anspruchsvollen mathematischen Fragestellungen befähigt.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 5	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39544	Mündliche Prüfung	40 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39550	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Wei.KompAna- a	Elemente der Komplexen Analysis	PF	Vorlesung	4	270 h
Inhalte: Eine Auswahl aus den folgenden Schwerpunkten und Themen: Rungesche Approximationstheorie und Anwendungen, Existenzsätze für meromorphe Funktionen (Mittag-Leffler, Weierstraß), Geometrische Funktionentheorie (Spiegelungsprinzip, Holomorphe Fortsetzung, Werteverteilungstheorie) Einführung in die Funktionentheorie mehrerer Veränderlicher: Holomorphiebegriff, Holomorphe Fortsetzung, Hartogsphänomen, Holomorph-Konvexität, plurisubharmonische Funktionen, Abbildungstheorie					
Wei.KompAna- b	Übung zu Elemente der Komplexen Analysis	PF	Übung	2	270 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

Wei.Num	Weiterführung Numerik	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden haben weitergehende Kenntnisse in einem Gebiet der Numerischen Mathematik erworben und können fortgeschrittene Methoden anwenden. Sie können selbstständig weitergehende Methoden und Konzepte der Numerik entwickeln und auf neue Situationen anwenden.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: Voraussetzung für den Besuch der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist die Absolvierung des Moduls "Einführung in die Numerik". Die Sammelmappe umfasst 2 Komponenten nach Wahl der Studierenden mit insgesamt 270h Arbeitsaufwand.</p>					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 5	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: Inhalt, Frist und Form der jeweiligen Einzelleistungen der Sammelmappe wird zu Semesterbeginn vom Prüfungsausschuss bekannt gegeben.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 39631	Sammelmappe mit Begutachtung		unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Wei.Num-a	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (Teil A)	WP	Vorlesung/ Übung	3	150 h
Bemerkungen: Dies ist der Auftakt einer kompakten Lehrveranstaltung, die es erlaubt innerhalb eines Semesters alle 9 LP für das Modul Wei.Num zu erhalten. Teil A wird in der ersten Hälfte des Semesters angeboten. In der zweiten Hälfte des Semesters werden die Anwendungen in der Finanzwirtschaft (Teil B) oder der Technik (Teil C) angeboten. Es ist auch möglich Teil A einzeln zu belegen.					
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Analysis gewöhnlicher Differentialgleichungen: Existenz und Eindeutigkeit, sachgemäße Gestelltheit • Numerische Lösungsverfahren für Anfangswertprobleme: Einschrittverfahren, Mehrschrittverfahren, Extrapolationsverfahren • Einführung in Randwertaufgaben 					
Wei.Num-b	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (Teil B) Anwendungen in der Finanzmathematik	WP	Vorlesung/ Übung	3	120 h
Bemerkungen: Belegung nur in Verbindung mit Teil A.					
Inhalte: Modelle von gewöhnlichen Differentialgleichungen in der Finanzwirtschaft und ihre numerische Lösung					
Wei.Num-c	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen (Teil C) Anwendungen in der Technik	WP	Vorlesung/ Übung	3	120 h
Bemerkungen: Belegung nur in Verbindung mit Teil A.					
Inhalte: Modelle von gewöhnlichen Differentialgleichungen in technischen Anwendungen und ihre numerische Lösung					

Wei.Stat	Weiterführung Stochastik: Angewandte Statistik	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen fundamentale Methoden aus der beschreibenden Statistik. Sie sind in der Lage, Parameterschätzungen und Hypothesentests durchzuführen, und sind mit wichtigen statistischen Verfahren aus dem Bereich Linearer Modelle vertraut. Sie sind in der Lage, durch diese Methoden fachgerecht statistische Modelle aufzustellen und zu beurteilen sowie Ergebnisse zu interpretieren.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 4	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39773	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39745	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Wei.Stat-a	Angewandte Statistik	PF	Vorlesung	4	180 h
Bemerkungen: Voraussetzungen: Einführung in die Stochastik					
Inhalte: Beschreibende Statistik; Punktschätzer und Intervallschätzer für Parameter einer Verteilung; Maximum Likelihood Methoden, Testen von Hypothesen. Allgemeines zu Linearen Modellen, Regressionsanalyse, Varianzanalyse, Chiquadrat-Anpassungstests, Einführung und Ausblick in verteilungsunabhängige Verfahren.					
Wei.Stat-b	Übung zu Angewandte Statistik	PF	Übung	2	90 h
Bemerkungen: Voraussetzungen: Einführung in die Stochastik					
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.					

Wei.Maß	Weiterführung Stochastik: Maß- und Integrationstheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis für die mathematischen Grundlagen der Erweiterungstheorie der Maße und der Integrationstheorie erworben und sind befähigt, fortgeschrittene Themen der Stochastik zu verstehen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 4	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39555	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39698	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand		
Wei.Maß-a		Maß- und Integrationstheorie	PF	Vorlesung	4	180 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzung für den Besuch der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist das Absolvieren der Module Grundlagen aus der Analysis I + II, Grundlagen aus der linearen Algebra, Einführung in die Stochastik.						
Inhalte: Die Studierenden können die Erweiterungstheorie der Maße auf endliche und zählbar unendliche Produktmaßräume anwenden, die in Modellierungen vorkommen. Das Lebesgueintegral wird jetzt nicht nur auf reellwertigen Räumen definiert, sondern auf Maßräumen im Allgemeinen und so auch in Zusammenhang mit der Definition von Erwartung aus der Wahrscheinlichkeitstheorie gebracht. Außerdem werden auch Stieltjes-Integrale eingeführt und in diesem Zusammenhang Funktionen mit endlicher Variation besprochen. Die Einführung von Stieltjesintegralen ermöglicht das Verständnis der Integration bzgl. Verteilungen, was durch erworbene Kenntnisse von Bildmaßen wiederum den Zusammenhang mit der Definition von Erwartungswert ermöglicht. Unterschiedliche Formen von Konvergenzen (in L_p , nach Maß, fast sicher) werden eingeführt und so der Unterschied zwischen deterministischer Modellierung und Modellierung durch die Maßtheorie verständlich gemacht.						
Wei.Maß-b		Übung zu Maß- und Integrationstheorie	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.						

Wei.TopGeo	Weiterführung Topologie und Geometrie	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen den Umgang mit lokalen differenzierbaren Koordinaten, sind mit dem Cartanschen Kalkül der Differentialformen und seinen Anwendungen in der Integrationstheorie vertraut und können den Kalkül in Formeln der klassischen Vektoranalysis übersetzen. Sie beherrschen wichtige Techniken der Höheren Analysis, die auch in der Algebraischen Geometrie, der Darstellungstheorie und der Theoretischen Physik gebraucht werden. Sie erwerben außerdem einen guten Überblick über die Geometrie und Topologie von Kurven und Flächen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 6	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39586	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39604	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
Wei.TopGeo-a Topologie und Geometrie	PF	Vorlesung	4	180 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzung für den Besuch der Lehrveranstaltungen dieses Moduls ist der Abschluss der Module Grundlagen aus der Analysis I und II, Grundlagen aus der Linearen Algebra I und II, Einführung in die Topologie und Geometrie.				
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Differenzierbare Mannigfaltigkeiten, Tangentialvektoren und Vektorfelder • Differentialformen, Integration auf Mannigfaltigkeiten, Satz von Stokes • Riemannsche Metriken und Krümmungsbegriffe • Vektoranalysis • Berechnungen von Fundamentalgruppen mit Seifert-van Kampen 				
Wei.TopGeo-b Übung zu Topologie und Geometrie	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Die in der Vorlesung behandelten Lehrinhalte werden an konkreten Beispielaufgaben geübt.				

Nichtphysikalische Wahlpflichtmodule Informatik

INF22	Automaten, Sprachen und Berechenbarkeit	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden sind mit den Konzepten der theoretischen Informatik vertraut. Sie können mit formalen Sprachen arbeiten und dazu Grammatiken und verschiedene Automatenmodelle nutzen. Weiter sind sie in der Lage, die Berechenbarkeit von Algorithmen sowie Eigenschaften aus dem Gebiet der Berechenbarkeit formal zu beweisen.					
Allgemeine Bemerkungen: Grundkenntnisse der Informatik und Kenntnisse in Algorithmen und Datenstrukturen aus den Veranstaltungen im Bachelor-Studiengang.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 39151	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 39087	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand	
INF22-a	Automaten, Sprachen und Berechenbarkeit	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Inhalte: Formale Sprachen, Chomsky-Hierarchie, endliche Automaten, Nichtdeterminismus, Kellerautomaten, Turingmaschinen, linear beschränkte Automaten, Inklusions- und Abschlusseigenschaften, Berechenbarkeit und das Halteproblem, Universelle Turingmaschinen, Gödelisierung, Gödelscher Unvollständigkeitssatz, Komplexitätstheorie, Komplexitätsklassen, NP-Vollständigkeit					

INF52	Introduction to Data Science	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: This module provides students with key techniques in data analytics and statistical learning. It combines an elementary introduction of foundational concepts in data science with hands-on exercises that show how to practically apply data analytics techniques using state-of-the-art python packages for data analysis, visualisation, and machine learning.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Zusammensetzung des Modulabschlusses: Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.				
Modulabschlussprüfung ID: 34934	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 35053	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
INF52-a	Introduction to Data Science	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h
Inhalte: Basic concepts and algorithms of data science					

AKapData	Ausgewählte Kapitel in Data Analytics	PF/WP WP	Gewicht der Note 6	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden haben im Bereich der Datenanalyse, -visualisierung, maschinellen Lernen oder im Bereich der Speicherung und Verarbeitung großer Datenmengen vertiefte Kenntnisse erworben.					
Moduldauer: 1 Semester	Angebotshäufigkeit: Unregelmäßig		Empfohlenes FS: 3		

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 34876	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
AKapData-a	Ausgewählte Kapitel in Data Analytics	PF	Vorlesung/ Übung	4	180 h
Bemerkungen: Ggf. wird ein Teil des Selbststudiums durch eine Übung ersetzt.					
Inhalte: Wechselnde Themen aus dem Bereich Data Analytics.					

INF56	Special Topics in Scientific Computing	PF/WP WP	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
<p>Qualifikationsziele: The students are familiar with special topics in scientific computing, including application fields, advanced methods or modern computer architectures. They have a detailed understanding of these topics and are able to apply the methodology in the respective context.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen: The language for this module is English. The lecture may take place in the winter or summer term. Knowledge of Introduction to Numerical Analysis and Fundamentals of Computer Science and Programming are required.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses: The form of the examination will be announced in that semester, when the examination will be conducted.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 34911	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	9
Modulabschlussprüfung ID: 35003	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
INF56-a	PF	Vorlesung/ Übung	6	270 h

Nichtphysikalische Wahlpflichtmodule
Wirtschaftswissenschaften

MWiWi 1.1	Risikocontrolling	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden haben ein tiefgehendes Verständnis des unternehmerischen Risikos als Einflussfaktor auf Entscheidungen des Managements. Sie beherrschen Instrumente und Methoden des operativen und strategischen Controllings zur Unternehmenssteuerung unter Unsicherheit. Studierende sind in der Lage, Preisentwicklungen zu simulieren, Risiken zu messen und Risiken nach Art und Herkunft zu attribuieren. Bei Investitionsentscheidungen mit mehreren Unsicherheitsfaktoren sind die Studierenden in der Lage, Handlungsalternativen zu berücksichtigen und entsprechend zu bewerten. Die Studierenden können zudem das Risiko bereits getroffener Investitionsentscheidungen steuern und absichern bzw. die Risikopositionen anpassen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 36731	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 1.1-a Risikocontrolling	PF	Vorlesung	6	300 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Einführung: Risikobegriff, Operative vs. finanzielle Risiken • Visualisierung von Entscheidungen unter Unsicherheit: Zustands- und Entscheidungsbäume, flexible Planung • Planungs- und Entscheidungsrechnungen unter Unsicherheit (mit Anwendungsbeispielen aus der Energiewirtschaft) • Risikomessung, Aggregation und Bewertung von Risikopositionen, Attribution von Risikoquellen • Risikosimulation auf Basis stochastischer Prozesse • Kapitalmarkttheoretische Bewertung unter Unsicherheit • Bewertung flexibler Projekte und Handlungsspielräume („Realoptionen“) • Risikosteuerung unter Berücksichtigung der behandelten Bewertungsmethoden • Anpassung bzw. Absicherung der Risikoposition (Hedging) 				

MWiWi 1.4	Innovations- und Technologiemanagement	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden haben ein tiefgehendes Verständnis der Strategien und Maßnahmen des Innovations- und Technologiemanagements. Sie beherrschen Instrumente und Methoden, um innovations- und technologiepolitische Problemstellungen in Unternehmen zu lösen. Sie sind in der Lage Innovationsprozesse sowie technologische Projekte von der Phase der Ideengenerierung bis zur Kommerzialisierung zu analysieren und zu steuern.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 37089	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 1.4-a	Innovationsmanagement	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Grundbegriffe und Konzepte des Innovationsmanagements • Gesellschaftliche Einstellungen zu Innovationen • Staatliche Innovationspolitik • Innovationsstrategien • Innovationsinitiativen • Innovationscontrolling • Die Steuerung von Innovationsprozessen • Die Organisation von Forschung und Entwicklung • Promotoren der Innovation • Widerstände gegen Innovationen • Innovation und Kooperation • Vermarktung von Innovationen • Fallbeispiele von Innovationsprojekten 					
MWiWi 1.4-b	Technologiemanagement	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Begriff und Konzept des Technologiemanagements • Technologieorientierte Umweltanalyse • Technologieorientierte Unternehmensanalyse • Organisation des Technologiemanagements • Formulierung einer Technologiestrategie • Interne Technologieentwicklung • Patentierung von Technologien • Technologiebeschaffung von anderen Unternehmen • Technologiebeschaffung von Hochschulen und Erfindern • Finanzierung von Technologieentwicklung und -beschaffung • Technologieverwertung und -vermarktung • Fallstudien des Technologiemanagements 					
MWiWi 1.4-c	Fallstudien / Übungen	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: <p>Es werden Anwendungen und Fallstudien zum Innovations- und Technologiemanagement vermittelt. Dabei kommen internationale Unternehmen und Beispiele aus verschiedenen Branchen zur Sprache.</p>					

MWiWi 1.6	Informationsmanagement und IT-Projektmanagement	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden erfassen das Wissensgebiet des Informationsmanagements. Sie können Grundkonzepte des Informationsmanagements einordnen und die Bedeutung der Information als unternehmerische Ressource erklären. Darüber hinaus beherrschen sie die Instrumente und Methoden des Datenmanagements einerseits und des IT Projektmanagements andererseits. Weiterhin können ausgewählte Bereiche des Informationsmanagements wie Datenmanagement und Projektmanagement vertieft werden und die Studierenden lernen methoden- und werkzeuggestützt die Nutzung der Ressource Information anhand ausgewählter praktischer Beispiele kennen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 6506	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 1.6-a	Informationsmanagement	PF	Vorlesung	4	210 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in das Informationsmanagement • Information als unternehmerische Ressource • Informationsinfrastrukturen • Datenmanagement und -analyse: Methoden, Konzepte und Technologien • Informationsnutzung und -visualisierung • Geschäftsprozessmanagement in digitalisierten Prozesshierarchien 					
MWiWi 1.6-b	IT-Projektmanagement	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Einführung in das Projektmanagement • Vorgehensmodelle der industriellen Praxis • Projektorganisation und -planung • Projektsteuerung • Multiprojektmanagement und Aufwandsschätzung • Risiko- und Qualitätsmanagement 					

MWiWi 1.9	Kapitalmarkttheorie und Portfoliomanagement	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Studierende haben die für einen erfolgreichen Einstieg in die Finanzbranche notwendigen Qualifikationen. Sie können aktuelle Kapitalmarktthemen diskutieren, und u.a. die Zinsentwicklung mit den sich daraus ergebenden Investitionsmöglichkeiten und -notwendigkeiten analysieren. Die Studierenden können verschiedene Assetklassen anhand ihrer jeweiligen Vor- und Nachteile differenzieren, was die Basis für das Assetmanagement schafft. Sie kennen alle elementaren Grundlagen des Portfoliomanagements, wie beispielsweise den Aufbau eines Portfolios oder die Berechnung der verschiedenen Kostenfaktoren.</p> <p>Die Studierenden können sich kritisch mit der Frage nach der Effizienz von Kapitalmärkten auseinandersetzen, die Grundvoraussetzung für eine Entscheidung zwischen aktivem und passivem Management ist. Im Bereich des Investmentmanagements sind die Studierenden fähig zur analytischen Erstellung eines Portfolios, indem sie in drei Schritten zuerst die Menge aller möglichen Investitionsmöglichkeiten ermitteln, aus diesen die effizienten filtern und schließlich das individuell optimale Portfolio nach der Portfoliotheorie von Markowitz ermitteln. Die Anwendung dieses Modells versetzt die Studierenden in die Lage, das Capital Asset Pricing Model herzuleiten und die Trennung des Portfoliorisikos in systematisches und unsystematisches Risiko nachvollziehen sowie fehlende Renditefaktoren ermitteln zu können.</p> <p>Vor dem Hintergrund der stetig steigenden Sicherheitsmaßnahmen an Banken können die Studierenden Risiken in diesem Kontext definieren und einordnen. Mit diesem Wissen wenden sie intensiv Verfahren zum Management, der Messung und der Steuerung von Risiken mittels Derivaten auf Gesellschaftsebene an.</p> <p>Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls können die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktuelle Zins- und Kapitalmarktentwicklungen deuten und den Handlungsbedarf antizipieren. • Verschiedene Assetklassen unterscheiden und in einem Asset Mix kombinieren. • Kostenpositionen von Aktien und Portfolios ermitteln. • Die Frage nach der Effizienz von Kapitalmärkten kritisch hinterfragen. • Aktives und passives Management unterscheiden und deren Sinnhaftigkeit auf verschiedene Märkte überprüfen. • Das Modell der Portfoliotheorie bei gegebenen Inputfaktoren anwenden und erwartete Renditen sowie Risiken berechnen. • Inputfaktoren mittels der verschiedenen Modelle Single Index Modell, CAPM und Dividenden Barwert Modell ermitteln. • Verfahren zur Quantifizierung des Investmenterfolges und dessen Herkunft anwenden. • Die Risiken auf den zwei Ebenen Investmentgesellschaft und Investmentvermögen erklären und analysieren, sowie diese bezüglich ihrer Wesentlichkeit und Erläuterung der Ursachen einordnen. • Die Anforderungen an Risikomaße und die Übersetzung auf das konkrete Beispiel Value at Risk anwenden. • Das Risikopotential von Kapitalanlagen anhand praxisnaher Beispiele unter Verwendung verschiedener Methoden berechnen. • Ansätzen für den Umgang mit operationellen Risiken, Reputationsrisiken und Finanzrisiken verstehen und konkrete zugehörige Handlungsempfehlungen für das Risikocontrolling formulieren. 					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 6510	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 1.9-a	Asset Management	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Aktuelle Entwicklungen auf den Kapitalmärkten • Die Eigenschaften der wichtigsten Assetklassen • Aktien und Fonds • Kapitalmarkteffizienz • Investmentansätze 					
MWiWi 1.9-b	Investment Management	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Portfoliotheorie von Markowitz • Modelle zur Bestimmung von Inputfaktoren • Beurteilung des Investmenterfolgs 					
MWiWi 1.9-c	Risikomanagement	PF	Vorlesung	2	60 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen des Risikomanagements bei Kapitalverwaltungsgesellschaften • Wesentliche Risiken auf Gesellschaftsebene und Fondsebene • Verfahren für das Management der Risiken auf Gesellschaftsebene • Risikomessung als Basis des Risikocontrollings und zugehörige Praxisverfahren • Steuerung von Finanzrisiken mittels Derivaten 					

MWiWi 1.12	Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden haben ein vertieftes und systematisiertes Wissen über wesentliche Tätigkeitsfelder von Wirtschaftsprüfern in einer international vernetzten Wirtschaft. Dazu gehören Kenntnisse über das Vorgehen bei der Prüfung von Jahres- und Konzernabschlüssen nach nationalen und internationalen Normen. Weiterhin haben die Studierenden vertiefte Kenntnisse darüber, wie spezielle Bilanzierungsfragen nach nationalen und/oder internationalen Rechnungslegungsnormen zu lösen sind. Sie beherrschen Spezialregelungen der HGB- und IFRS-Vorschriften und können diese auf neue Sachverhalte anwenden. Dadurch sind sie in der Lage, die Auswirkungen unternehmerischer Entscheidungen auf die Darstellung der wirtschaftlichen Lage in der externen Rechnungslegung zu beurteilen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 36957	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 1.12-a Rechnungslegung für komplexe Sachverhalte	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: Darstellung und Diskussion aktueller oder schwieriger Einzelfragen der Rechnungslegung, z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Bilanzierung von Finanzinstrumenten • Leasing-Bilanzierung • Bilanzierung von Unternehmenserwerben 				
MWiWi 1.12-b Jahresabschlussprüfung	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen • Berufspflichten als Rahmenbedingungen der Abschlussprüfung • Prüfungspflicht, Prüfungsgegenstand und Prüfungsumfang • Der Prüfungsauftrag • Rahmenbedingungen des Prüfungsprozesses • Der Prüfungsprozess im Rahmen der risikoorientierten Abschlussprüfung • Ausgewählte Prüfungsfelder • Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle 				
MWiWi 1.12-c Übung zur Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: Vertiefung des in den Vorlesungen erworbenen Wissens in Übungen und Fallstudien.				

MWiWi 1.13	Supply Chain Management	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls besitzen die Studierenden ein grundlegendes und umfassendes Verständnis der Prozesse und Akteure globaler Supply Chains. Sie können qualitative und quantitative Methoden zur Gestaltung und Lenkung von Supply Chains eigenständig entwickeln und auf neuartige Problemstellungen anwenden. Hierbei wird insbesondere auf Ansätze zur Berücksichtigung von Fragen der Nachhaltigkeit in Supply Chains eingegangen. Die Studierenden sind daher nach erfolgreichem Abschluss des Moduls in der Lage, weltweit vernetzte Supply Chains unter Berücksichtigung von Nachhaltigkeitsaspekten zu gestalten, zu planen und zu steuern.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 1120	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 1.13-a Supply Chain Management	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen des Supply Chain Management • Modellierung von Supply Chains • Optimierungsprobleme im Supply Chain Management • Strategische Planung von Supply Chains • Koordination in Supply Chains • quantitative Optimierungsmodelle und -verfahren 				
MWiWi 1.13-b Sustainable Supply Chain Management	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Operationalisierung und Messung von Nachhaltigkeit in Supply Chains • Stoffströme entlang der Supply Chain • quantitative Optimierungsmodelle und -verfahren • Integration von Nachhaltigkeitsaspekten in klassische Optimierungsmodelle im SCM 				
MWiWi 1.13-c Fallbeispiele und Übungen im Supply Chain Management	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung konkreter Planungsprobleme ausgewählter Branchen • Erarbeitung von Lösungsansätzen durch Übertragung des in Lehrveranstaltung 1 und 2 erworbenen Wissens auf diese Fallbeispiele • Anwendung von Methoden zur Simulation und Optimierung von Supply Chains 				

MWiWi 1.19	International Corporate Governance	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>The students have a thorough understanding of the underlying concepts of international corporate governance within the contemporary business environment. Students are familiar with a myriad of issues arising from asymmetric information and conflicts of interest in large corporations where ownership and control are separated. They are capable of critical thinking and assessing modern agency problems from an economic, managerial, political, social and financial perspective. The students, among other things, know the importance of a firm's shareholders and stakeholders, the role and responsibilities of a firm's management and advisory board as well as the effectiveness of incentives schemes in aligning the interests of the principal and the agent. As such the students are familiar with the courses multi-disciplinary approach and can combine major concepts from the disciplines of accounting, economics, finance, law and management. Based on state-of-the-art scientific literature in the discipline of corporate governance, appropriate mechanisms they can discuss which are designed to mitigate the presence of agency issues. The students can integrate the concepts of market for corporate control, shareholder activism and behavioral corporate governance. They can account for differences in competing corporate governance regimes around the world and reviews the different regulatory processes in-depth. They know the existing codes of best practice and legal frameworks and can discuss the real-world implications of developing and implementing an effective compliance management system in a corporate entity.</p> <p>By the end of this course, students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contrast the different definitions of corporate governance • Critically review the principal-agent model • Describe differences in corporate control across the world • Explain the reasons why control may be different from ownership • Assess the effectiveness of the different corporate governance mechanisms, such as for example the board of directors • Critically assess the empirical evidence on the importance and effectiveness of various corporate governance mechanisms 					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 6520	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 1.19-a	International Corporate Governance I	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Introduction • Principal-Agent Problem • Financing under Asymmetric Information • Assessing Corporate Governance • Corporate Governance Systems • Ownership and Control 					
MWiWi 1.19-b	International Corporate Governance II	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • The market for corporate control, institutional investors and shareholder activism • Board of Directors • Executive Compensation • Behavioral Corporate Governance 					
MWiWi 1.19-c	International Corporate Governance III	PF	Vorlesung	2	60 h
Inhalte: The third part of the course deals with the general setting of various corporate governance systems in important western industrial nations. Thereby, the course highlights the existing codes of best practice and legal frameworks and reviews the different regulatory processes in-depth. In addition, the course discusses the real-world implications of developing and implementing an effective compliance management system in a corporate entity.					

MWiWi 2.1	Allgemeine Steuerlehre	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Grundlagen der Steuertheorie, unter Berücksichtigung der aktuellen Steuerrechtslage. Die Studierenden verstehen die Wirkungen von Steuern auf Entscheidungen und lernen insbesondere die Auswirkung von Steueränderungen einzuordnen. Neben der allgemeinen Steuertheorie und Steuerpolitik sind sie vertraut mit Fragen der internationalen Besteuerung. Die Studierenden sind in der Lage, steuertheoretische Modelle zu analysieren und Ergebnisse aus der Theorie der Besteuerung auf aktuelle steuerpolitische Fragestellungen anzuwenden. Darüber hinaus können sie juristische Methoden auf konkrete Fälle aus der Steuerpraxis anwenden. Die Studierenden sind in dem dafür notwendigen Umgang mit Gesetzestexten, Erläuterungen, aktueller Rechtsprechung und Doppelbesteuerungsabkommen geübt.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 6619	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 2.1-a Steuertheorie und Steuerpolitik	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Grundbegriffe der Steuerlehre • Steuertechnik und Tariflehre • Überwälzung • Effiziente Besteuerung 				
MWiWi 2.1-b Internationale Besteuerung	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Grundzüge des internationalen Steuerrechts • Effiziente internationale Besteuerung • Doppelbesteuerungsabkommen • Internationale Unternehmensbesteuerung • Internationaler Steuerwettbewerb 				
MWiWi 2.1-c Übung zur Allgemeinen Steuerlehre	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: Die in den Vorlesungen erarbeiteten theoretischen Grundlagen werden in der Übung vertieft.				

MWiWi 2.5	International Macroeconomics and Globalization	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Students know theoretical, empirical, and policy frameworks and understand international macroeconomics, including trade dynamics, FDI aspects and portfolio flow dynamics as well as key concepts and developments of globalization. Students acquire knowledge to</p> <ul style="list-style-type: none"> • understand the basics of financial market globalization, • understand policy alternatives on the fixed and flexible exchange rates, • understand and compare traditional and New Keynesian economics, • understand neoclassical growth models and new growth approaches, • critically assess the role of monetary and fiscal policy in open economies, • discuss the empirics of policy intervention, • get a basic understanding of simulation models for policy analysis, • understand patterns of conditional international economic convergence and divergence. <p>Students have the necessary knowledge to explain international economic interdependencies and symmetric as well as asymmetric linkages – thus they have knowledge to derive consistent policy conclusions for open economies.</p>					
Moduldauer: 1 Semester	Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1		

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 36934	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 2.5-a	Modern International Macroeconomics	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Basics of open economy macro models and relevant policy issues • Mundell-Fleming model for the medium term analysis • The role of foreign direct investments for the dynamics of GDP and GNP • Debate on the New Keynesian Economics • Modern growth models, including endogenous growth • Issues of green growth (OECD approach) • Problems of quantitative easing • Dynamics of growth and convergence • Simulation Models for Policy Analysis 					
MWiWi 2.5-b	Macroeconomics and Global Financial Markets	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Analysis of financial globalization • Transatlantic banking crisis • Short term Branson model for open economies under flexible exchange rates • The problem of overshooting • The problem of sudden stop • International debt crisis: macroeconomic dynamics • Sovereign debt crisis in a monetary union • Interaction of banking and sovereign debt crisis 					
MWiWi 2.5-c	Globalization, Integration and International Organizations	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Real and financial globalization: interaction and potential instabilities • Economic integration and globalization: the role of international organizations • Comparing regional integration: EU, ASEAN, MERCOSUR etc. • Shaping the rules of economic globalization: European perspectives • IMF and the World Bank • Bank of International Settlements • G8/G20 • OECD • The interaction of leading international organizations • Perspectives on international policy cooperation 					

MWiWi 2.18	Public Economics	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: After completion of the course, the students will be familiar with the structure and the working of the public sector in modern economies. Students are able to work with theoretical models and can derive testable hypotheses. They know how to apply theoretical knowledge to policy questions and how to evaluate public policy. Moreover, they will be able to critically assess results of research and apply their knowledge to assess public policy and policy reforms. In the empirical parts of the module, they will also use statistical software to replicate empirical studies and to conduct their own empirical analysis.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 36861	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 2.18-a The public sector: Theory and policy	PF	Vorlesung	2	120 h
Inhalte: - The public sector - Public goods - Externalities - Education policy - Social insurance - Taxation <ul style="list-style-type: none"> • Tax incidence • Optimal taxation - International taxation				
MWiWi 2.18-b Empirical public economics	PF	Vorlesung/ Übung	2	120 h
Inhalte: Empirical applications to topics covered in the lecture „The public sector: Theory and policy“				
MWiWi 2.18-c Tutorial	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: Discussion of assignments and exercises that repeat and deepen the understanding of topics covered in „The public sector: Theory and policy“ and „Empirical public economics“.				

MWiWi 4.1	Advanced OR-methods in Operations Management	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls besitzen die Studierenden ein grundlegendes und umfassendes Verständnis von modernen Methoden des Operations Research zur Lösung spezieller ganzzahliger Problemstellungen des Operations Managements. Sie können verschiedene grundlegende Optimierungstechniken der aktuellen OR-Literatur analysieren, kennen ihre Vor- und Nachteile und können daher ihre Einsetzbarkeit zur Lösung einer gegebenen praktischen Problemstellung beurteilen. Der Aufbau der Veranstaltung ist nach der Wahl der Methoden strukturiert. Zur Erläuterung, Analyse und Validierung der jeweiligen Methoden werden Problemstellungen des Operations Managements betrachtet. Die Definition der zu lösenden Probleme und die Evaluation der vorgestellten Lösungsalgorithmen erfolgt jeweils mit Hilfe geeigneter mathematischer Modellformulierungen.					
Allgemeine Bemerkungen: Vorkenntnisse in Linearer Optimierung, Dualität und Ganzzahliger Optimierung, wie sie üblicherweise in einem Bachelor Kurs zur Optimierung vermittelt werden, werden vorausgesetzt. In der ersten Vorlesung wird darüber abgestimmt, ob das Modul in deutscher oder englischer Sprache gelesen wird.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 6659	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 4.1-a	Advanced OR-methods in Operations Management	PF	Vorlesung	4	240 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> • Einführung • Dynamische Programmierung • Branch & Bound Ansätze • Column Generation • Lagrangian Relaxation • Heuristiken und Metaheuristiken • Konzepte der Echtzeitsteuerung 					
MWiWi 4.1-b	Übung zu Advanced OR-methods in OM	PF	Übung	2	60 h
Inhalte: Übungsaufgaben zu den in der Vorlesung behandelten Problemstellungen.					

MWiWi 4.9	Regression and Time Series Analysis	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: After completion of the course, the students are familiar with basic multiple linear regression analysis. They also have profound knowledge of the statistical methods that are relevant for the analysis of time series data. They know how to implement the respective methods via a statistical software program. Moreover, they are able to apply the methods and to conduct their own empirical studies, to infer extrapolations, to interpret and critically assess their results, and to draw corresponding conclusions.					
Allgemeine Bemerkungen: Familiarity with statistical inference on the level of an undergraduate course in statistics or econometrics is recommended.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 36782	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	10

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MWiWi 4.9-a	Regression and Time Series Analysis	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: Regression Analysis: <ul style="list-style-type: none"> The Multiple Linear Regression Model Model Assumptions Estimation and Inference Model Diagnostics and Residual Analysis Parameter Interpretation, Dummy Variables and Interactions of Regressors The Problem of Endogeneity Time Series Analysis: <ul style="list-style-type: none"> Time Series Data and Stochastic Processes Autoregressive and Moving Average Models Seasonalities Unit Roots and Integrated Processes Forecasting and Forecast Evaluation Volatility Models Introduction to Multivariate Time Series Analysis 					
MWiWi 4.9-b	Exercise in Regression and Time Series Analysis	PF	Übung	2	120 h
Inhalte: <ul style="list-style-type: none"> Derivations and proofs Exercises that repeat and deepen the understanding of the statistical models and methods. Application of the methods developed in the lecture by means of real data using statistical software Presentation and interpretation of results and conclusions 					

BWiWi 1.3	Grundzüge der Betriebswirtschaftslehre III (Finanzierung, Investition, Organisation und Unternehmensführung)	PF/WP PF	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Die Studierenden besitzen fundierte Kenntnisse zu betriebswirtschaftlichen Lehrmeinungen und Grundlagen auf den Gebieten Finanzierung, Investition, Organisation und Unternehmensführung. Die Studierenden sind in der Lage, Ziele, Institutionen und Prozesse von Betrieben unter unterschiedlichen realen Bedingungen zu analysieren. Sie sind befähigt, grundlegende Wirkungszusammenhänge zu beobachten in Abhängigkeit von typischen internen und externen Einflussgrößen der Realität.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 5066	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	9

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
BWiWi 1.3-a	Investition und Finanzierung	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: I. Einführung II. Grundlagen der Investitions- und Finanzierungstheorie (Fisher Separation) III. Verfahren der Investitionsrechnung IV. Finanzierungskosten einzelner Finanzierungsarten V. Kapitalstruktur und Kapitalkosten					
BWiWi 1.3-b	Organisation und Unternehmensführung	PF	Vorlesung	2	90 h
Inhalte: Grundlagen: - Über den Nutzen einer theoretischen Beschäftigung mit Organisation und Unternehmensführung - Organisationstheorien - Grundlegende Begriffe - Managementprozess und -kontext - Ideengeschichte Strategische Unternehmensführung: - Umweltanalyse - Unternehmensanalyse - Strategische Optionen - Strategische Wahl und Programme, Strategieimplementierung Organisatorische Strukturgestaltung: - Grundlagen - Organisatorische Differenzierung - Organisatorische Integration - Einflussgrößen der Organisationsgestaltung Führung und Personaleinsatz: - Motivationstheorien - Gruppenverhalten - FührungChange-Management und Innovation - Organisatorisches Lernen und Wissensmanagement - Personal als Managementaufgabe					
BWiWi 1.3-c	Übung zu Finanzierung, Investition	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Übung zu Finanzierung und Investition					

BWiWi 1.6	Grundzüge der Volkswirtschaftslehre III (Wirtschaftspolitik)	PF/WP PF	Gewicht der Note 9	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen die Grundlagen wissenschaftlich fundierter Wirtschaftspolitik und können unterschiedliche Formen des Marktversagens einordnen. Sie verstehen den Bezug zwischen ökonomischer Theorie und Wirtschaftspolitik und können wirtschaftspolitische Fragestellungen analysieren. Die Studierenden sind in der Lage, die theoretischen Bezüge auch aktueller wirtschaftspolitischer Probleme zu identifizieren, unterschiedliche Positionen zu hinterfragen und wirtschaftspolitische Maßnahmen zu evaluieren.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 3	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 5397	Schriftliche Prüfung (Klausur)	90 Minuten	2	9

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand	
BWiWi 1.6-a	Vorlesung zu Grundzüge der Volkswirtschaftslehre III (Wirtschaftspolitik)	PF	Vorlesung	4	180 h
Inhalte: Grundlagen der Wirtschaftspolitik - Methodische Grundlagen - Theoretische Wirtschaftspolitik und wirtschaftspolitische Beratung - Wirtschaftspolitik in der Demokratie Marktversagen aus mikroökonomischer Perspektive - Wohlfahrtstheoretische Grundlagen - Externalitäten - Marktmacht - Asymmetrische Information Marktversagen aus makroökonomischer Perspektive - Stabilisierungspolitik - Makroökonomische Analyse von Finanzkrisen - Fiskalpolitik - Geldpolitik					
BWiWi 1.6-b	Übung zu Grundzüge der Volkswirtschaftslehre III (Wirtschaftspolitik)	PF	Übung	2	90 h
Inhalte: Durch die begleitende Übung wird der Stoff problematisiert und vertieft.					

Nichtphysikalische Wahlpflichtmodule Chemie

MChP1	Struktur und Reaktivität	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen erweiterte Bindungsmodelle und können diese auf anorganische Moleküle anwenden. Sie kennen die Grundlagen der bioanorganischen Chemie und die Bedeutung von Metallen in Lebewesen. Sie kennen grundlegende katalytische Prozesse mit und ohne Metalle und können sie auf die Synthese von organischen Verbindungen anwenden.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 5365	Sammelmappe mit Begutachtung	180 Minuten	unbeschränkt	10
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: Die Sammelmappe besteht aus vorbenoteten Teilleistungen der Komponenten a, b und c in Form von Fachgesprächen oder einer schriftlichen Arbeit unter Aufsicht.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MChP1-a	Anorganische Molekülchemie	PF	Vorlesung	2	90 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse der Anorganischen Chemie und spektroskopischer Methoden aus dem Bachelor-Chemie-Studium					
Inhalte: - Verständnis von Wechselbeziehungen zwischen atomaren, elektronischen und sterischen Eigenschaften vertiefen. - Spezielle Stoffkenntnissen aneignen. - Bedeutung ausgewählter Verbindungen für die Wissenschaft, Umwelt und Technik einschätzen. - Methoden zur Strukturaufklärung anwenden (NMR-, Schwingungs- und Photoelektronen-Spektroskopie; Beugungsmethoden). - Methodische Grundlagen moderener Molekülchemie kennenlernen - Molekulare Käfigverbindungen, Cluster, Ketten, Ringe und Polycyclen - Anorganische Polymere - Chemie in Supersäuren - frustrierte Lewis-Paare - Edelgaschemie - Mehrfachbindungssysteme - Elektronenreiche Verbindungen - subvalente Verbindungen - Anwendungen moderner anorganischer Materialien					
MChP1-b	Bioanorganische Chemie	PF	Vorlesung	2	90 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse der Anorganischen Chemie und spektroskopischer Methoden aus dem Bachelor-Chemie-Studium					
Inhalte: - Bedeutung von Metallen in Lebewesen. - Kennenlernen von katalytischen Reaktionszyklen in biologischen Systemen. - Anwendungen von Metallverbindungen in der Medizin. Grundlagen der bioanorganischen Chemie: Liganden, entatischer Zustand, biologische Struktur- und Mechanismusaufklärung mittels NMR, ESR, EXAFS usw. Beispiele für metallhaltige Enzyme: Strukturen und Funktionen von Enzymen mit Eisen, Cobalt, Kupfer, Nickel, Zink und Mangan Metallkatalysierte Reaktionszyklen in der bioanorganischen Chemie: Beispiele für biologisch wichtige Prozesse wie z.B. Transport von Sauerstoff, Oxidationsreaktionen, Spaltung von Wasser, Photosynthese, Stickstoffaktivierung Metalle in der Medizin: Metallverbindungen für therapeutische und diagnostische Zwecke, Radioisotope, toxische Schwermetalle. Biomineralisation					
MChP1-c	Katalytische Synthesemethoden	PF	Vorlesung	2	90 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen der Chemie (B.Sc. Chemie)					
Inhalte: Kenntnis zu grundlegenden Konzepten der Katalyse Kenntnis zu Anwendungen von katalytischen Methoden in der organischen Übergangsmetallkatalysierte Reaktionen: Hydrierungen Epoxidierungen					

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand	
Kreuzkupplungen Direkte Arylierungen Metathese Katalyse mit Lewis-Basen und Lewis-Säuren Autokatalyse Duale Katalyse Photokatalyse Elektrokatalyse Synthese					
MChP1-c1	Übung zu Katalytische Synthesemethoden	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden anhand von Beispielaufgaben vertieft und eingeübt.					

MChP3	Dynamik, Spektroskopie und Berechnung von Molekülstrukturen	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: - Erwerb vertiefter Kenntnisse über den Aufbau der Moleküle sowie ihrer Reaktionsprozesse - Erlernen der Grundlagen spektroskopischer Techniken zur experimentellen Untersuchung von Molekülaufbau und Reaktionsverläufen. - Erwerb von Kenntnissen über Techniken zur Auswertung und Analyse von Molekülspektren - Elektronenzustände und Elektronenstrukturberechnungen (ab initio-Verfahren, DFT-Rechnungen) - Rotation und Schwingung - Molekülspektren und die entsprechenden experimentellen Techniken - Beschreibung chemischer Reaktionen auf der molekularen Ebene - Spektroskopie in der Zeitdomäne					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 5401	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich schriftlicher Prüfung	180 Minuten	unbeschränkt	10
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: Die Sammelmappe besteht aus den vorbenoteten Praktikumsleistungen, den Übungsaufgaben und den vorbenoteten schriftlichen Arbeiten von jeweils 90 Minuten Dauer zu den Komponenten MChP3-b und MChP3-c.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MChP3-a	Praktikum Computergestützte Berechnung von Molekülstrukturen	PF	Praktikum	2	60 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse der Grundlagen der Naturwissenschaften und Grundkenntnisse der Theoretischen Chemie					
Inhalte: Erlernen methodischer Anwendungen zur Berechnung von Molekülstrukturen und anderen Molekülparametern Kennenlernen von Programmen zur Berechnung von Molekülparametern Abschätzen von Fehlermöglichkeiten Praktischer Umgang mit Programmen ab initio Berechnungen elektronischer Strukturen (Born-Oppenheimer-Näherung, Molekülorbitale, LCAO-Näherung, Hartree-Fock-Verfahren, CI-Methode) DFT-Methoden (Hohenberg-Kohn-Theoreme, Kohn-Sham-Methode, Dichtefunktionale) Geometrieoptimierung (Energiegradienten)					
MChP3-b	Molekültheorie und Spektroskopie	PF	Vorlesung	2	90 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse der Grundlagen der Naturwissenschaften und der Chemie dem Bachelor-Abschluss in Chemie entsprechend					
Inhalte: Vertiefte Kenntnis der theoretischen Beschreibung eines Moleküls Erlernen und Anwendung von grundlegenden Methoden der Molekülspektroskopie Die Born-Oppenheimer Näherung: Elektronenzustände, Elektronenenergien, Potentialfunktionen. ab initio Berechnungen elektronischer Strukturen: Born-Oppenheimer-Näherung, Molekülorbitale, LCAO-Näherung, Hartree-Fock-Verfahren, CI-Methode DFT-Methoden Hohenberg-Kohn-Theoreme, Kohn-Sham-Methode, Dichtefunktionale Das harmonisch schwingende Molekül: Normalkoordinaten und Normalschwingungen. Der starre, mehratomige Rotator: Kreiseltypen, Rotationskonstanten, Rotationsenergien. Wechselwirkungen: Zentrifugalverzerrung, Corioliswechselwirkung, Rotations-Schwingungsresonanzen. Wechselwirkungen zwischen elektronischen Zuständen. Symmetrierauswahlregel. Intensitäten und Auswahlregel: Die Intensität eines elektrischen Dipolübergangs, Symmetrierauswahlregel, Grundbegriffe der Spektrenzuordnung und -analyse. Beispiele für Spektren mit Einführung in die entsprechenden spektroskopischen Methoden: Rotationspektren, Rotations-Schwingungsspektren, Elektronische Übergänge, Mehrphotonenspektren.					
MChP3-b1	Übung zu Molekültheorie und Spektroskopie	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden anhand von Beispielaufgaben vertieft und eingeübt.					
MChP3-c	Molekulare Reaktionsdynamik	PF	Vorlesung	2	90 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse der Grundlagen der Naturwissenschaften und der Chemie dem Bachelor Abschluss in Chemie entsprechend					
Inhalte:					

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand	
<p>Erlernen der Vorgänge bei chemischen Reaktionen auf molekularer Ebene; Dynamik des Bindungsbruches sowie der Bindungsbildung.</p> <p>Erweiterte Stoßtheorie: Energieabhängigkeit des Verlaufs chemischer Reaktionen. Reaktionsquerschnitte Einführung in die molekulare Energieübertragung</p> <p>Molekularstrahlexperimente: Experimentelle Anordnungen und Interpretation experimenteller Ergebnisse</p> <p>Charakterisierung der Maxwell-Boltzmann, Fermi-Dirac und Bose-Einstein Statistik.</p> <p>Einführung in die Statistische Thermodynamik: Grundgleichungen, Energiezustände, Zustandssummen, Gleichgewichtskonstanten.</p> <p>Energiehyperflächen und Dynamik chemischer Reaktionen auf molekularer Ebene: Reaktionskoordinate, klassische Trajektorien, kollinear und gewinkelter Stoß, massengewichtete Koordinaten.</p> <p>Übergangszustand und Eyring'sche Gleichung: Bi-molekulare Gasphasenreaktionen, Aktivierungsgleichgewicht. Unimolekularer Zerfall: Die RRK und RRKM Erweiterungen.</p> <p>Zeitaufgelöste molekulare Begegnungen: Einführung in die femto-Sekunden-Spektroskopie, Echtzeitbeobachtungen molekulardynamischer Vorgänge, Femtochemie.</p>					
MChP3-c1	Übung zu Molekulare Reaktionsdynamik	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden anhand von Beispielaufgaben vertieft und eingeübt.					

MChS13	Weiche Materialien	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: - Kennenlernen moderner Methoden der Synthese und Charakterisierung von Makromolekülen in Theorie und Praxis - Kennenlernen moderner Methoden der Synthese und Charakterisierung von Kolloiden - Vertiefung des Verständnisses für synthetische Arbeiten mit dem Schwerpunkt Polymere - Syntheseverfahren - Synthesetechniken - Charakterisierungstechniken					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 5500	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich schriftlicher Prüfung	60 Minuten	unbeschränkt	10
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: Die Sammelmappe besteht aus den vorbenoteten Einzelleistungen der Komponente MChS13-c, dem vorbenoteten Vortrag im Abschlusskolloquium zur Komponente MChS13-c, dem vorbenoteten Seminarvortrag zur Komponente MChS13-a sowie der vorbenoteten Klausur zur Komponente MChS13-b.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MChS13-a	Kolloid- und Grenzflächenchemie	PF	Vorlesung	1	30 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Fundierte Kenntnisse in Physikalischer Chemie					
Inhalte: Kennenlernen und Erlernen der wichtigsten Aspekte der Kolloid- und Grenzflächenchemie. Erkennen der Bedeutung von Grenzflächenphänomenen im Alltag und in der industriellen Praxis. Erwerben der Fähigkeit zur Anwendung der theoretischen Kenntnisse. Kolloide: Kolloidale Teilchen, Wechselwirkungen zwischen kolloidalen Teilchen, Elektrochemische Doppelschicht. Fluide Oberflächen: Oberflächen- und Grenzflächenspannung, Messmethoden Monomolekulare Filme: Herstellung und Charakterisierung Tenside: Struktur und Wirkungsweise, Mizellbildung, Struktur-Wirkung Zusammenhänge, Schäume, Emulgatoren, Waschprozess. Adsorption an festen Oberflächen: Adsorptionsisothermen Heterogene Katalyse: Oberflächenreaktionen					
MChS13-a1	Seminar zu Kolloid- und Grenzflächenchemie	PF	Seminar	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden anhand von Beispielaufgaben vertieft und eingeübt. Es ist ein Seminarvortrag zu erbringen.					
MChS13-b	Polymere Materialien	PF	Vorlesung	2	60 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Fundierte Kenntnisse in Organischer und Makromolekularer Chemie					
Inhalte: Kennlernen wichtiger Klassen von Kunststoffadditiven Kennenlernen der Prinzipien der Kunststoffstabilisierung Erlernen der wichtigsten Methoden der Polymeranalytik Erlernen der Grundbegriffe der physikalischen Chemie der Polymere Polymeradditive: Füllstoffe, Weichmacher, Stabilisatoren Polymerdegradation und Polymerstabilität: Oxidative und photooxidative Degradation Polymeranalytik: Molekulargewicht und Molekulargewichtsverteilung, Methoden der Molekulargewichtsbestimmung, Bestimmung thermischer Eigenschaften (Glasübergangstemperatur) Einführung in die physikalische Chemie der Polymere: Kettenkonformation, Löslichkeit, Mischbarkeit, Kristallinität, mechanische Eigenschaften, thermische Eigenschaften					
MChS13-b1	Übung zu Polymere Materialien	PF	Übung	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden anhand von Beispielaufgaben vertieft und eingeübt.					
MChS13-c	Praktikum Makromolekulare Chemie	PF	Praktikum	4	120 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Fundierte Kenntnisse in Makromolekularer Chemie und in Physikalischer Chemie					
Inhalte:					

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand	
- Kennenlernen der Methodik und spezifischen Techniken bei der Herstellung von Polymeren anhand ausgewählter Polymerstrukturen - Erlernen von ausgewählten Methoden der Polymercharakterisierung Polymerherstellung: Synthese von 3-4 ausgewählten Polymeren. Polymercharakterisierung: Molekulargewichtsbestimmung (GPC mit verschiedener Detektion, VPO), thermische Analyse (DCS, TGA), optische Spektroskopie (IR, UV-Vis, PL), Mikroskopie (Polarisationsmikroskopie optisch anisotroper Polymere: kristalline und flüssigkristalline Polymere)					
MChS13-c1	Seminar zum Praktikum Makromolekulare Chemie	PF	Seminar	1	30 h
Inhalte: Die im Praktikum durchgeführten Versuche werden vor- und nachbereitet. Es ist ein Seminarvortrag zu erbringen.					

MChS21	Umweltchemie (Böden und Wasser)	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden erwerben vertiefte Fachkompetenz zur Umweltchemie mit dem Schwerpunkt Wasser und Boden. Sie können entsprechende Untersuchungen durchführen und die Ergebnisse kritisch bewerten Sie verstehen den Zusammenhang zwischen Boden, Wasser und den erforderlichen Maßnahmen zum Schutz sowie deren Aufbereitung.					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 5492	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich mündlicher Prüfung	40 Minuten	unbeschränkt	10
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: Die Sammelmappe besteht aus den vorbenoteten Seminarvorträgen, den vorbenoteten Praktikumsleistungen und dem Abschlusskolloquium.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MChS21-a	Wasserchemie und Technologie	PF	Vorlesung	2	90 h
<p>Bemerkungen:</p> <p>Inhaltliche Voraussetzungen: Grundkenntnisse in Analytischer Chemie</p> <p>Inhalte:</p> <p>Die Studierenden besitzen fachlich vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Böden und des Wassers. Sie sind mit der Problematik des Eintrages von Stoffen in die Umwelt vertraut und besitzen die Fähigkeit zur Untersuchung sowie zur Beurteilung von Böden und des Wassers. Kenntnisse über das Vorkommen und die Beschaffenheit verschiedener Wasserarten, Verständnis der Grundlagen technischer Verfahren zur Trinkwasseraufbereitung und Abwasserbehandlung, Erlernen der experimentellen Methoden der Wasseruntersuchung.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Natürliche Wasservorräte und ihre Bedeutung - Charakterisierung verschiedener Wasserarten - Aufbereitung von Wasser zu Trinkwasser - Aufbereiten von Wässern für industrielle Zwecke - Abwasser - Reinigung kommunaler Abwässer - Natürliche Gewässer - Experimentelle Methoden der Wasseruntersuchung - Wasserrecht 					
MChS21-b	Praktikum Wasserchemie	PF	Praktikum	4	120 h
<p>Bemerkungen:</p> <p>Inhaltliche Voraussetzungen: Grundkenntnisse in Analytischer Chemie</p> <p>Inhalte:</p> <p>Erlernen der experimentellen Methoden der Wasseruntersuchung. Beurteilung der Messwerte verschiedener Wasserarten im Hinblick auf die Wasserqualität. Untersuchung verschiedener Wasserarten: Flusswasser bzw. Oberflächenwasser, Zu- und Ablauf der hausinternen Abwasseraufbereitungsanlage, Trinkwasser (Leitungswasser, Mineralwasser), dotierte Wasserproben. Experimentelle Untersuchungsmethoden: Entsprechend den Eigenschaften der Wasserart bzw. den zu bestimmenden Parametern werden von den Studenten 2 bis 3 verschiedene Wasserarten mit den jeweiligen experimentellen Methoden untersucht.</p> <ul style="list-style-type: none"> - ICP-OES (Bestimmung von Metallkationen), - Mikrowellenaufschluss - Flammenphotometrie (Bestimmung von Alkali- und Erdalkalitionen), - Photometrie (Bestimmung von Ammonium), - Photometrie (Bestimmung von Nitrit), - Photometrie (Küvettschnelltests nach Dr. Lange zur Bestimmung von AOX, BSB, CSB, TC, TIC, TOC), - Volumetrie (Zweiphasentitration nach Epton zur Bestimmung von anionischen Tensiden), - Volumetrie (Titrationen zur Bestimmung der Carbonat- und der Gesamthärte), - Head-space GC-FID (Bestimmung von leichtflüchtigen Wasserinhaltsstoffen), - LC-MS (PFT-Analytik). Exkursion: Am Ende des Praktikums findet eine Exkursion zu einer Trinkwasseraufbereitungsanlage oder einer Kläranlage statt. <p>Seminarthemen zu den Praktikumsversuchen</p>					
MChS21-b1	Seminar zum Praktikum Wasserchemie	PF	Seminar	1	30 h
<p>Inhalte:</p> <p>Die im Praktikum durchgeführten Versuche werden vor- und nachbereitet. Es ist ein Seminarvortrag zu erbringen.</p>					

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MChS21-c	Chemie der Böden	PF	Vorlesung	1	30 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Grundkenntnisse in der Herkunft, Bedeutung und Untersuchung von Inhaltsstoffen natürlicher Böden; Grundkenntnisse der physikalisch-chemischer Methoden zur Bodenuntersuchung					
Inhalte: Anwendung erworbener Kenntnisse zur chemischen Charakterisierung von Böden; Erlernen von den natürlichen chemischen Vorgängen im Boden; Betrachtung zum Abbau von Stoffen im Boden. 1. Böden: Herkunft und Entstehung von Böden und deren natürlichen Inhaltsstoffen 2. Bodenreinigung: Natürliche und künstliche Reinigungsvorgänge im Boden; Verhalten eingebrachter Stoffe in Böden und deren Abbau / Metabolisierung; Verfahren zur Beseitigung bestimmter Schadstoffe 3. Zusammenwirkung der Umweltkompartimente Boden, Wasser und Luft am exemplarischen Beispiel zum Zusammenhang der Umweltkompartimente, Darstellung besonderer Kapitel der vorbeugenden und reparativen Umweltschutzes im Bereich Böden					
MChS21-c1	Seminar zu Chemie der Böden	PF	Seminar	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden anhand von Beispielaufgaben vertieft und eingeübt. Es ist ein Seminarvortrag zu erbringen.					

MChS22	Atmosphärenchemie	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
Qualifikationsziele: - Erwerb fachlicher Kompetenzen im Bereich der Atmosphärischen Chemie und deren Untersuchungsmethoden - Erwerb von praktischen Fähigkeiten in der Atmosphärenchemie - Erwerb von Präsentationskompetenz - Interdisziplinäres Arbeiten - Heranführen an Teamarbeit in einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe - Meteorologische Grundlagen - Spurengasquellen - Photochemie wichtiger Spurengase - Chemie der troposphärischen Hintergrundatmosphäre - Troposphärische Abbaureaktionen organischer Spurengase - Stratosphärische Chemie - Heterogene Chemie - Labormessungen, Feldmessungen					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 5483	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich mündlicher Prüfung	40 Minuten	unbeschränkt	10
Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: Die Sammelmappe besteht aus den vorbenoteten Praktikumsleistungen, den vorbenoteten Seminarvorträgen und den Abschlusskolloquien.				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MChS22-a	Chemie der Atmosphäre	PF	Vorlesung	2	90 h
<p>Bemerkungen:</p> <p>Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse der Grundlagen der Naturwissenschaften und der Chemie dem Bachelor-Abschluss in Chemie entsprechend. Grundlagen der Physikalischen Chemie (Thermodynamik, Reaktionskinetik, Spektroskopie).</p> <p>Inhalte: Erlernen der grundlegenden atmosphärisch-chemischen Vorgänge in der unbelasteten und belasteten Troposphäre, Grundlagen der stratosphärischen Chemie. Einführung in die Atmosphärendynamik: Druck- und Temperaturgradienten, Schichtung der Atmosphäre, Inversion, globale Luftbewegungen, Walker und Hadleyzellen, Corioliskräfte und Luftströmungen, chemische Charakterisierung der Troposphäre und Stratosphäre, potenzielle Temperatur, Stabilitätskriterien, Isentropen Strahlungshaushalt und -spektrum Zusammensetzung der Atmosphäre: Biogene und anthropogene Quellen atmosphärischer Spurengase. Atmosphärische Photochemie: Absorptionsspektren und primäre Photolyseprodukte ausgesuchter Spurengase. Chemie der Troposphäre: Hintergrundchemie und photostationäres Gleichgewicht, radikalinduzierter Methanabbau in der Atmosphäre. Abbau von Nichtmethanverbindungen durch OH, O₃ und NO₃. Erarbeitung detaillierter Reaktionsmechanismen. Ozonbudget und NO_x. Einführung in die heterogene Chemie: Reaktionen an Oberflächen, Charakterisierung von heterogenen Reaktionen, chemische Zusammensetzung des atmosphärischen Aerosols, atmosphärisches Wasser. Überblick der Chemie der Stratosphäre: Chapman-Modell, HO_x-, NO_x-, XO_x-Zyklen und deren Kopplung. Polarstratosphärische Wolken und heterogene Chemie der Stratosphäre. Antarktisches und Arktisches Ozonloch</p>					
MChS22-b	Stoffzyklen und Umweltchemikalien	PF	Vorlesung	1	30 h
<p>Bemerkungen:</p> <p>Formale Voraussetzungen: Vorlesung Chemie der Atmosphäre Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen der Physikalischen Chemie (Thermodynamik, Reaktionskinetik, Spektroskopie) sowie Grundlagen der atmosphärischen Chemie</p> <p>Inhalte: Erwerb von Kenntnissen über bio-geochemischen Stoffzyklen Stoffzyklen und Bilanzen von Spurenstoffen: - CO₂: Globaler Energieverbrauch - atmosphärischer CO₂ Gehalt, Speicherkapazität des Oberflächenwassers, CO₂-Gleichgewichte - HO_x: Berechnung atmosphärischer HO_x Konzentrationen für Methan-CO-NO_x Chemie - CH₄, CO: anthropogene und natürliche CH₄ Quellen, Vertikalverteilung, Jahresgang und Breitengradverteilung, CO Oxidation und Bestimmung mittlerer OH Konzentrationen. - NO_x: anthropogene und natürliche NO_x Quellen, Abschätzungen von OH und O₃ Konzentrationen in der freien Troposphäre über NO_x Bilanzen. Trockene Deposition Pflanzliche Emissionen: Grundlagen zur Synthese flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) in Pflanzen, VOC-Emissionen und Emissionsalgorithmen, Stressinduzierte VOC-Emissionen und Wechselwirkung zwischen atmosphärischen Ozonkonzentrationen und pflanzlichen Emissionen. Kreisläufe: Kohlenstoff-, Stickstoff-, Schwefel- und Phosphor-Kreislauf Abbau von Umweltchemikalien: Verteilungskoeffizienten, Bioakkumulation, Persistenz, Pestizide, PCB, Dioxine, Flammschutzmittel</p>					
MChS22-b1	Seminar zu Stoffzyklen und Umweltchemikalien	PF	Seminar	1	30 h
<p>Inhalte:</p>					

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand	
Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden vertieft. Es ist ein Seminarvortrag zu erbringen.					
MChS22-c	Praktikum Untersuchung atmosphärischer Prozesse	PF	Praktikum	4	120 h
Bemerkungen: Formale Voraussetzungen: Vorlesung Chemie der Atmosphäre Inhaltliche Voraussetzungen: Kenntnisse der Grundlagen der Naturwissenschaften und der Chemie dem Bachelor-Abschluss in Chemie entsprechend. Grundlegende Kenntnisse in der Chemie der Atmosphäre					
Inhalte: Tieferes Verständnis chemischer Prozesse in der Atmosphäre. Praktischer Umgang mit selektiven Nachweisverfahren für atmosphärische Spurenstoffe. Simulation atmosphärenchemischer Systeme. Praktische Versuche zur Untersuchung homogener Gasphasenreaktionen in Photoreaktoren mit Langweg FTIR-Spektroskopie, Gaschromatographie, HPLC und Massenspektrometrie Praktische Versuche zur Untersuchung heterogener Prozesse Feldmessungen atmosphärischer Spurenstoffe (NO _x , VOC, oxigenierte VOC, Partikel, NO _y , O ₃ , CO, CO ₂)					
MChS22-c1	Seminar zum Praktikum Untersuchung atmosphärischer Prozesse	PF	Seminar	1	30 h
Inhalte: Die im Praktikum durchgeführten Versuche werden vor- und nachbereitet. Es ist ein Seminarvortrag zu erbringen.					

MChS25	Nachhaltige Chemie	PF/WP WP	Gewicht der Note 10	Workload 10 LP	Aufwand 300 h
<p>Qualifikationsziele: Die Studierenden erwerben vertiefte Fachkenntnis auf dem Gebiet der Nachhaltigen Entwicklung. Sie erwerben vertiefte Kenntnisse auf dem Gebiet der Steuerung und Regelung chemischer Prozesse und der verschiedenen Arten des Umweltschutzes. Sie können dieses Wissen für die Bearbeitung von Konzepten und Handlungsanweisungen zum Thema der Nachhaltigkeit erstellen und kritisch bewerten.</p>					
Moduldauer: 2 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 2	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 5510	Sammelmappe mit Begutachtung einschließlich mündlicher Prüfung	40 Minuten	unbeschränkt	10
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung: Die Sammelmappe besteht aus den vorbenoteten Seminarvorträgen und dem Abschlusskolloquium.</p>				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
MChS25-a	Steuerung chemischer Prozesse	PF	Vorlesung	1	30 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen der Technischen Chemie					
Inhalte: Die Studierenden verstehen moderne Konzepte zur Steuerung und Optimierung chemischer Prozesse in der Industrie und können Lösungsmöglichkeiten unter Beachtung der Nachhaltigkeit erarbeiten und beurteilen. Sie sind in der Lage, Probleme aus diesem Bereich unter Verknüpfung der Aspekte von Ökonomie, Ökologie und sozialen Aspekten zu bewerten. Intensive Einführung in die Steuerung chemischer Prozesse mit dem Ziel der Effektivitätssteigerung, und der Minimierung der eingesetzten Ressourcen. Kennenlernen moderner automatisierter Steuerungsverfahren zur Prozesskontrolle sowie deren Integration in den Produktionsablauf. Aufbau eines Verständnisses für die verschiedenen Prinzipien der Automatisierung sowie eigenständige Anwendung des erworbenen Wissens zum Aufbau von Konzepten zur Prozess-Automatisierung. Verständnis für Optimierungsstrategien in der Produktion 1. Einführung in die Methoden der Prozess-Steuerung 2. Einführen in die Methoden der Prozess-Optimierung 3. Diskussion der Techniken und Möglichkeiten an Hand von verschiedenen Fallbeispielen					
MChS25-b	Moderne Prozess Analysen Technik (PAT)	PF	Vorlesung	2	90 h
Bemerkungen: Inhaltliche Voraussetzungen: Grundlagen der Analytischen Chemie					
Inhalte: Intensive Einführung in die Prozess-Analysatoren sowie deren Integration in den Produktionsablauf. Aufbau eines Verständnisses für die verschiedenen Prinzipien der PAT sowie der modernen Prozessanalytik; eigenständige Anwendung des erworbenen Wissens zum Aufbau von Konzepten zur PAT 1. Einführung in die Methoden der PAT 2. Kennenlernen der verschiedenen PAT-Sensoren 3. Kennenlernen der gängigen Integration in den Prozess 4. automatisierte Probenahme aus laufenden chemischen Prozessen 5. Vorstellung der gebräuchlichen instrumentellen Techniken zur automatisierten Analytik 5.1 Prozess-Gaschromatographie 5.2 Prozess-Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie 5.3 Automatisierte Titrationsen 5.4 Automatisierte Photometrische Verfahren / nichtdispersive Analysentechniken 5.5 NIR-Spektroskopie 5.6 Spezielle Sensortechnik 6. Diskussion der Techniken und Möglichkeiten an Hand von verschiedenen Fallbeispielen					
MChS25-b1	Seminar zu Moderne Prozess Analysen Technik (PAT)	PF	Seminar	1	30 h
Inhalte: Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden anhand von Beispielaufgaben vertieft und eingeübt. Es ist ein Seminarvortrag zu leisten.					
MChS25-c	Nachhaltigkeit als Handlungskonzept der Industrie	PF	Vorlesung	1	30 h
Inhalte: Vertiefte Kenntnisse des Konzeptes der Nachhaltigkeit im Bereich der Chemie, sowohl in Forschung und Entwicklung, Produktion und Anwendung					

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand	
<p>Kenntnisse zur Quantifizierung von Nachhaltigkeitskonzepten / Vergleich von Handlungskonzepten Kenntnisse zur Beurteilung von Verfahren und Produkten in Hinblick auf Nachhaltigkeit Historische Betrachtung zur Nachhaltigkeit und Übertragung auf die (chemische) Industrie; Leitbilder der Nachhaltigkeit und deren Ableitung für eine betriebliche Motivation. Erläuterung der Zusammenhänge Ökologie – Ökonomie – und sozialer Aspekte an Hand von Grenzen des reparativen Umweltschutzes Fallbeispielen aus der chemischen Industrie Intensive Betrachtung von angewandten Handlungskonzepten auf Basis der Grundzüge der „Green Chemistry“ und des „Green Engineering“ unter den Aspekten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressourcenschonung, • Nutzung nachwachsender Rohstoffe, • Nutzung neuer Verfahren in der chemischen Produktion, • Vermeidung von ökologischen Beeinträchtigungen <p>Diskussion der Umsetzung der Handlungskonzepte an Hand von Fall-Beispielen Einführung in die normativen Regelwerke im Bereich „Nachhaltigkeit“</p>					
MChS25-c1	Seminar zu Nachhaltigkeit als Handlungskonzept der Industrie	PF	Seminar	2	60 h
<p>Inhalte: Die in der Vorlesung besprochenen Themen werden anhand von Beispielaufgaben vertieft und eingeübt. Es ist ein Seminarvortrag zu erbringen.</p>					
MChS25-d	Aktuelle Themen der Nachhaltigkeit	PF	Seminar	1	60 h
<p>Inhalte: - Erstellung von Konzepten zum nachhaltigen Handeln an Hand von Fallstudien - Bewertung von Nachhaltigkeitskonzepten - Anwenden von Quantifizierungsmethoden zum Thema Nachhaltigkeit anhand von Praxisbeispielen zu verschiedenen Handlungsfeldern - Vorstellen und Erarbeiten von Konzepten für die Bewertung von Nachhaltigkeits-Konzepten - Konzepte zur ökologischen Bilanzierung und Quantifizierung -Besprechung an Hand aktueller Themen aus der chemischen Industrie bzw. der chemieverarbeitenden Industrie Es ist ein Seminarvortrag zu leisten.</p>					

Nichtphysikalische Wahlpflichtmodule
Elektrotechnik

FBE0181	Signale und Systeme	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 7 LP	Aufwand 210 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Die Studierenden sind mit den Gesetzmäßigkeiten von zeitkontinuierlichen und diskreten LTI-Systemen vertraut. Sie beherrschen die dazu notwendigen Verfahren der Spektraltransformationen und beherrschen die Verknüpfung zeitkontinuierliche und diskrete Signale mittels des Abtasttheorems. Sie kennen die Grundzüge der Zustandsraumbeschreibung von Systemen. Die Studierenden besitzen die Fähigkeit zur mathematischen Modellierung und zur Analyse komplexer Systeme.</p>					
<p>Allgemeine Bemerkungen:</p> <p>Das Modul baut auf Kompetenzen aus den Vorlesungen Grundlagen der Elektrotechnik I + II auf.</p> <p>Kenntnisse aus den Modulen Mathematik A und B werden erwartet.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 38996	Schriftliche Prüfung (Klausur)	180 Minuten	2	7

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FBE0181-a	Signale und Systeme	PF	Vorlesung/ Übung	6	210 h
<p>Inhalte:</p> <p>Beschreibung zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter Signale im Zeit- und Spektralbereich, Fourierreihen, Laplacetransformation, z-Transformation, zeitkontinuierliche LTI-Systeme, zeitdiskrete LTI-Systeme, ideale Filter, Analytisches Signal, Abtasttheorem, Zustandsraum.</p>					

FBE0166	Theoretische Nachrichtentechnik ET	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 7 LP	Aufwand 210 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Prinzipien der stochastischen Signaltheorie und können diese auf nachrichtentechnische Probleme anwenden. Es wird die Fähigkeit der mathematischen Modellierung gesteigert. Die Studierenden erlangen vertiefende Kenntnisse für Forschung und Entwicklung.					
Allgemeine Bemerkungen: Erwartet werden gute Mathematikkenntnisse.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 2103	Schriftliche Prüfung (Klausur)	180 Minuten	2	7

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FBE0166-a	Theoretische Nachrichtentechnik	PF	Vorlesung/ Übung	5	180 h
Inhalte: Begriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie, Definition der Wahrscheinlichkeit, Zufallsvariable, Verteilungs- und Dichtefunktion, Erwartungswerte, Momente, Verteilungen, Transformation von Zufallsvariablen, charakteristische Funktion - Informationstheorie, Informationsgehalt, Erwartungswert des Informationsgehaltes, Entscheidungsgehalt, Redundanz - Statistik, Stichprobenverteilungen, lineare Schätzer - Korrelationsfunktionen deterministischer Signale, Energiesignale, Leistungssignale, Periodogramm - Stochastische Signale, Verteilungs- und Dichtefunktion, Erwartungsfunktion, Kovarianzfunktion, stationäre Prozesse, physikalische Interpretation stochastischer Prozesse, lineare stochastische Prozesse - Schätzung der Korrelationsfunktion - Spektralanalyse deterministischer, zeitdiskreter Signale (DFT), periodische zeitdiskrete Signale, Folgen endlicher Länge, FFT, Fensterung - Spektralschätzung bei diskreten stochastischen Signalen, nichtparametrische Methoden zur Spektralanalyse, parametrische Methoden, Prewithening, Minimum-MSE-Analyse, nichtkausales Wiener-Filter, kausales Wiener-Filter, Signaldetektion im Rauschen, Prädiktionsfilter, nichtrekursives (FIR) Wiener-Filter. Verkehrstheorie.					
FBE0166-b	Praktikum zur Theoretischen Nachrichtentechnik	PF	Praktikum	1	30 h
Inhalte: Praktische Vertiefung des Vorlesungsstoffes.					

FBE0106	Regelungstheorie	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen den Reglerentwurf im Zustandsraum und ihnen sind die Grundlagen der Stabilitätstheorie nichtlinearer Systeme bekannt.					
Allgemeine Bemerkungen: Erwartet werden gute Kenntnisse der Höheren Mathematik und der Regelungstechnik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 38982	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FBE0106-a	Regelungstheorie	PF	Vorlesung/ Übung	5	180 h
Inhalte: Zustandsraum, Optimalregler, nichtlineare Systeme, harmonische Balance, Lyapunovsche Stabilitätstheorie.					

FBE0100	Optimierungsmethoden der Regelungstechnik	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 6 LP	Aufwand 180 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden besitzen tiefgehende Kenntnisse aus den Bereichen Regelungs-, Antriebstechnik, Mikrosystemtechnik, elektrische Energiesysteme und Prozessinformatik. Sie können Automatisierungssysteme auslegen.					
Allgemeine Bemerkungen: Erwartet werden gute Kenntnisse der Höheren Mathematik und der Regelungstechnik.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 38938	Mündliche Prüfung	30 Minuten	unbeschränkt	6

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
FBE0100-a	Optimierungsmethoden der Regelungstechnik	PF	Vorlesung/ Übung	5	180 h
Inhalte: Optimierungsmethoden der Regelungstechnik, robuste Regler, verifizierte Berechnung robuster Regler. Lokale Methoden: Notwendige und hinreichende Bedingungen, Iterative Algorithmen, Newtonverfahren, Abstiegsrichtungen, Schrittweitenregeln, Optimale Schrittweite, Armijoregel mit Aufweitung, Anwendung auf quadratische Funktionen, Automatische Differentiation, Motivation, Berechnung Globale Methode: Intervallarithmetik, Motivation, Arithmetik, naive Intervallerweiterung, Mittelpunktregel, Sekantenregel, Optimierungsalgorithmus, Algorithmus, Gradiententest, Konvexitätstest, Intervall-Newton-Verfahren, Garantierte Parameterschätzung, Lineare und Polynomiale Optimierung Variationsrechnung: Optimal Control					

Nichtphysikalische Wahlpflichtmodule Maschinenbau

STO	Strukturoptimierung	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 5 LP	Aufwand 150 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden erlangen vertiefte Kenntnisse der mathematischen Grundlagen der Optimierung und deren Anwendungen auf strukturmechanische Problemstellungen. Diese sind im Einzelnen: Mathematische Ansätze zur automatischen Verbesserung von Produktentwürfen, Kenntnisse zur Integration der strukturmechanischen Berechnungen in den Prozess der algorithmierten Optimierung, Übertragung der Kenntnisse auf praktische Probleme bzw. zur Abstraktion der praktischen Probleme in Rechenmodelle. Die Studierenden sind in der Lage, Berechnungssequenzen in Optimierungsschleifen zu integrieren, mathematischen Optimierungsverfahren in der Gestaltung und der Auslegung von Bauteilen einzusetzen, eigene Routinen bzw. Sub-Routinen zur Berechnung und Optimierung zu entwickeln und sich selbständig in neue Problemstellungen mit Hilfe von Literatur einzuarbeiten. Die Studierenden können sich eigenständig mit einem komplexen wissenschaftlichen Sachverhalt über einen längeren Zeitraum auseinandersetzen. Sie lernen, sich zu organisieren und sich die Zeit für vorgegebene Inhalte einzuteilen und diese einzuhalten. Durch positive Erfolgskontrollen steigt die Belastbarkeit und Lernbereitschaft. Bei Bedarf interagieren die Studierenden mit Lehrenden und Kommilitonen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 1873	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	2	5

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
STO-a	Strukturoptimierung	PF	Vorlesung/ Übung	4	150 h
<p>Bemerkungen:</p> <p>Zu dem Modul gibt es den Umdruck „Structural Optimization“ , der vom Lehrstuhl für Optimierung mechanischer Strukturen der Fakultät 7 herausgegeben wird. Zusätzlich wird folgende Literatur empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Harzheim, L.: Strukturoptimierung – Grundlagen und Anwendungen. Verlag Harry Deutsch, Frankfurt, 2008 • Schumacher, A.: Optimierung mechanischer Strukturen. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York (2013) 					
<p>Inhalte:</p> <p>Strukturoptimierung nutzt Simulationsmodelle zur automatischen Verbesserung der Struktureigenschaften. So werden Simulationen nicht nur zur Validierung bereits bestehender Entwürfe verwendet, sondern leisten einen fundamentalen Beitrag im Entwicklungsprozess komplexer Systeme. Es werden die neuesten Entwicklungen und Anwendungsbereiche auf dem Gebiet der Optimierung behandelt. Die Veranstaltung ist folgendermaßen gegliedert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ziel- und Restriktionsfunktionen • Mathematische Grundlagen • Optimierungsverfahren • Optimierungsprogrammsysteme • Optimierungsstrategien • Gestaltoptimierung • Topologieoptimierung <p>Neben den grundlegenden Übungen sind die meisten der von den Studierenden behandelten Rechnerübungen Aufgaben aus dem Maschinenbau, Flugzeugbau und Fahrzeugbau:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dickenoptimierung eines Trägers • Querschnittsoptimierung eines Fachwerks • Optimierung eines Trägers unter dynamischen Lasten • Bestimmung optimaler Lochformen • Topologieoptimierung eines Halters 					

TPO	Topologieoptimierung	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 5 LP	Aufwand 150 h
<p>Qualifikationsziele:</p> <p>Als Vertiefung zu dem Modul „STO - Strukturoptimierung“ liefert dieses Modul folgende Kompetenzen: Vertiefte theoretische Kenntnisse der für die Topologieoptimierung verwendeten Optimierungsalgorithmen, vertiefte Kenntnisse zur Einbeziehung der nichtlinearen Analyse in den Prozess der Topologieoptimierung, vertiefte Kenntnisse der heuristikbasierten Verfahren. Die Studierenden sind in der Lage, komplexe Topologieoptimierungsaufgaben zu lösen, eigene Routinen bzw. Sub-Routinen für die Topologieoptimierung zu entwickeln, Grenzen der jeweiligen Ansätze für spezielle Aufgabenstellungen zu erkennen und sich selbständig in neue Problemstellungen mit Hilfe von Literatur einzuarbeiten.</p> <p>Die Studierenden können sich eigenständig mit einer vorgegebenen wissenschaftlichen Aufgabenstellung auseinandersetzen. Sie lernen dabei, sich selbst und in einer Gruppe zu organisieren und sich die Zeit für die spezifischen Inhalte einzuteilen und diese einzuhalten. Sie können mit unterschiedlichen gesellschaftlichen und kulturellen Rahmenbedingungen umgehen und dabei gezielt Lösungen für die Aufgabenstellung erarbeiten. Bei Bedarf interagieren die Studierenden bei der Lösungsfindung mit Lehrenden und Kommilitonen. Die Studierenden können wesentliche Fakten identifizieren und sind in der Lage, diese für wissenschaftliche Veröffentlichungen zu nutzen.</p>					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
<p>Zusammensetzung des Modulabschlusses:</p> <p>Die Form der Modulabschlussprüfung wird zu Beginn des Semesters bekannt gegeben, in dem die Modulabschlussprüfung stattfindet.</p>				
Modulabschlussprüfung ID: 38395	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	2	5
Modulabschlussprüfung ID: 38369	Mündliche Prüfung	30 Minuten	2	5
Modulabschlussprüfung ID: 1894	Schriftliche Hausarbeit	12 Wochen	2	5
<p>Erläuterung zur Modulabschlussprüfung:</p> <p>Inhalt der schriftlichen Hausarbeit ist die Beschreibung der bearbeiteten Optimierungsaufgabe.</p>				

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
TPO-a	Topologieoptimierung	PF	Vorlesung/ Übung	4	150 h
<p>Bemerkungen:</p> <p>Zu dem Modul gibt es den Umdruck „Topology Optimization“ , der vom Lehrstuhl für Optimierung mechanischer Strukturen der Fakultät 7 herausgegeben wird.</p> <p>Zusätzlich wird folgende Literatur empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bendsøe M.P., Sigmund, O.: Topology Optimization - Theory, Methods and Applications, Springer-Verlag, 2003 • Harzheim, L.: Strukturoptimierung – Grundlagen und Anwendungen. Verlag Harry Deutsch, Frankfurt, 2008 • Schumacher, A.: Optimierung mechanischer Strukturen. 2. Auflage, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2013 <p>Das Modul baut auf dem Modul „STO Strukturoptimierung“ auf.</p>					
<p>Inhalte:</p> <p>Aus den verschiedenen Verfahren der Strukturoptimierung hat die Topologieoptimierung den schnellsten Einzug in die Entwicklungsprozesse industrieller Produkte gefunden. Mit dem Begriff Topologieoptimierung ist die Optimierung der Lage und Anordnung von Baugruppen gemeint. Eine vereinfachte Formoptimierung ist dabei i.d.R. integriert. Es werden die verschiedenen Ansätze der Topologieoptimierung behandelt. Die Veranstaltung ist folgendermaßen gegliedert:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Theorie der Topologieoptimierung mit der Pixelmethode • Theorie der Topologieoptimierung mit der kombinierten Topologie- und Formoptimierung • Theorie der heuristikbasierten Verfahren • Auswahl geeigneter Verfahren für eine vorliegende Problemstellung • Durchführung von Topologieoptimierungen • Möglichkeiten zur Erweiterung der vorhandenen Verfahren <p>Großen Wert wird auf die eigenständige Durchführung von Optimierungsabläufen gelegt. Hierzu bearbeitet jede*r Studierende ein eigenes Projekt zur Topologieoptimierung. Dieses Projekt soll an Entwicklungsaufgaben aus vorherigen bzw. parallelen Lehrveranstaltungen des Studierenden anknüpfen.</p>					

CFD	Numerische Strömungsberechnung	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 5 LP	Aufwand 150 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der numerischen Strömungsmechanik. Die Studierenden sind kompetent in der Auswertung und Bewertung von Strömungsanalysen und können die Ergebnisse kritisch beurteilen. In den praktischen Übungen wird Methodenkompetenz erreicht. Überfachliches Qualifikationsziel ist ein Grundverständnis der numerischen Strömungsmechanik und die Fähigkeit zur mathematischen Modellierung physikalischer Prozesse.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 2128	Schriftliche Prüfung (Klausur)	120 Minuten	2	5

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
CFD-a	Numerische Strömungsberechnung	PF	Vorlesung/ Übung	4	120 h
Bemerkungen: Literatur: Ferziger, J., Peric, M.: Computational Methods for Fluid Dynamics, Springer, 2010 Patankar, S. U.: Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Taylor and Francis, 1980 Versteeg, H., Malalasekera, W.: An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method, Prentice Hall, 2007 Moukalled, F., Mangani, L., Darwish, M.: The Finite Volume Method in Computational Fluid Dynamics, Springer, 2015 Wilcox, D. C.: Turbulence Modeling for CFD, DCW Industries, 2006					
Inhalte: Einführung in CFD, Zeitliche und örtliche Diskretisierungsverfahren in der CFD, Lösung der Navier-Stokes-Gleichungen (Algorithmen, Druckkorrektur-Verfahren), Modellierung turbulenter Strömungen, Modellierung von nicht-isothermen Strömungsvorgängen, Modellierungsprozess bei CFD-Rechnungen, Analyse und Qualität von CFD-Rechnungen, Laborübungen zur Gittergenerierung sowie Durchführung von CFD-Rechnungen.					

NBM	Numerische Berechnung von Mehrphasenströmungen	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 5 LP	Aufwand 150 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden beherrschen die Grundlagen der numerischen Berechnung von Mehrphasenströmungen. Die Studierenden sind kompetent in der Auswertung und Bewertung von Strömungsanalysen mehrphasiger Strömungen und können die Ergebnisse kritisch beurteilen. In den praktischen Übungen wird Methodenkompetenz erreicht. Überfachliches Qualifikationsziel ist die Kenntniss der numerischen Strömungsberechnung mehrphasiger Strömungen zielgerichtet und effektiv einzusetzen und die theoretischen Kenntnisse auf praktische Anwendungen zu übertragen. Die Studierenden können sich eigenständig mit einem komplexen wissenschaftlichen Sachverhalt über einen längeren Zeitraum auseinandersetzen. Sie lernen, sich zu organisieren und sich die Zeit für vorgegebene Inhalte einzuteilen und diese einzuhalten. Durch positive Erfolgskontrollen steigt die Belastbarkeit und Lernbereitschaft. Bei Bedarf interagieren die Studierenden mit Lehrenden und Kommilitonen.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: jedes 2. Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Modulabschlussprüfung ID: 1902	Mündliche Prüfung	30 Minuten	2	5

Komponente/n		PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
NBM-a	Numerische Berechnung von Mehrphasenströmungen	PF	Vorlesung/ Übung	4	150 h
Bemerkungen: Literatur: <ul style="list-style-type: none"> • Davies, C. N.: Aerosol Science, Academic Press, New York, 1966. • Gidaspow, D.: Multiphase flow and fluidization, Academic Press, 1994. • Elimelech, M., Jia, X., Gregory, J., Williams, R. A.: Particle Deposition & Aggregation: Measurement, Modelling and Simulation, Butterworth-Heinemann, 1998 					
Inhalte: Grundlagen und Grenzen der Berechnung von Mehrphasenströmungen, Mathematische Modellierung von Mehrphasenströmungen, Modellierung disperser Systeme (Euler-Lagrange, Euler-Euler-Modellierung), Modellierung separierter Systeme (Volume-of-Fluid-Modellierung), Ausgewählte Themen der Mehrphasenberechnung (Populationsbilanzen, volumetrisch aufgelöste Partikel, Discrete-Element-Methode (DEM)), Laborübungen mit CFD-Code.					

Nichtphysikalische Wahlpflichtmodule
Industrie-Praktikum

IndPM	Industriepraktikum - Master	PF/WP WP	Gewicht der Note 0	Workload 9 LP	Aufwand 270 h
Qualifikationsziele: Die Studierenden kennen industrielle Arbeitsmethoden und -abläufe. Sie sind in der Lage, sich in ein Thema selbstständig einzuarbeiten und können daraus einen Arbeitsplan entwickeln. Sie können sich eigenständig auch außerhalb des universitären Umfelds mit einer vorgegebenen Thematik auseinandersetzen, sich selbst organisieren, sich die Zeit für spezifische Aufgaben einteilen und diese einhalten. Sie können mit unterschiedlichen gesellschaftlichen und kulturellen Rahmenbedingungen umgehen und dabei gezielt Lösungen für die Thematik erarbeiten. Sie sind in der Lage, ihre Erfahrungen zu systematisieren und zu beschreiben.					
Moduldauer: 1 Semester		Angebotshäufigkeit: in jedem Semester		Empfohlenes FS: 1	

Nachweise	Form	Dauer/ Umfang	Wiederholbarkeit	LP
Organisation der Unbenoteten Studienleistung(en): Die UBL76001 ist als Präsentation im Rahmen des Seminars zu erbringen. Die UBL76002 ist der schriftliche Bericht gemäß Vorgaben des*r Studienbeauftragten.				
Unbenotete Studienleistung ID: 76001	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	1
Unbenotete Studienleistung ID: 76002	Form gemäß Erläuterung		unbeschränkt	8

Komponente/n	PF/WP	Lehrform	SWS	Aufwand
IndPM-a Seminar zum Industriepraktikum	PF	Seminar	1	30 h
Inhalte: Seminar zum Industriepraktikum				
IndPM-b Industriepraktikum	PF	Praktikum	0	270 h
Inhalte: Wird spezifiziert durch das Industrie-Praktikum nach Absprache mit dem*r Studienbeauftragten. Zu Beginn muss eine Kurzfassung der Aufgabenstellung formuliert werden. Der Studienbeauftragte kann bei der Kontaktaufnahme mit einem Industrieunternehmen behilflich sein. Ein Anspruch auf ein Industriepraktikum besteht nicht.				

Legende

PF	Pflichtfach
WP	Wahlpflichtfach
FS	Fachsemester
LP	Leistungspunkte
MAP	Modulabschlussprüfung
UBL	Unbenotete Studienleistung
SWS	Semesterwochenstunden