Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Modulhandbuch

für den Studiengang

Bachelor of Science Mathematik

(Prüfungsordnungsversion: 20192)

für das Sommersemester 2025

Weitere Informationen zum Studiengang sind in der allgemeinen Prüfungsordnung Data Science, Mathematik, Technomathematik und Wirtschaftsmathematik sowie in der Fachprüfungsordnung Mathematik zu finden. Hier ist ein Link.
Weitere Informationen zu den einzelnen Modulblöcken finden Sie auf der Webseite der Studienfachberatung Mathematik. Hier ist ein Link.

Inhaltsverzeichnis

Analysis I (65001)....8
Analysis II (65004)....10
Analysis III (65003)....12
Lineare Algebra I (65011)....14
Lineare Algebra II (65013)....16
Querschnittsmodul (65335)....18
Seminar (65332)....20
Bachelorseminar (65555)....22
Bachelorarbeit (B.Sc. Mathematik 20192) (1999)....24
Sichere Systeme (93105)....25
Grundlagen der Logik in der Informatik (93072)....27
Einführung in Datenbanken für Wirtschaftsinformatik (93078)....30
Berechenbarkeit und Formale Sprachen (93010)....32
Theorie der Programmierung (93121)....34
Algorithmik kontinuierlicher Systeme (93000)....36
Einführung in Datenbanken (93108)....38
Einführung in das Software Engineering (93097)....41
Systemnahe Programmierung in C (93170)....43
Grundlagen der Systemprogrammierung (93181)....46
Parallele und Funktionale Programmierung (93040)....48
Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (93080)....49
Einführung in Datenbanken für Wirtschaftsinformatik (93078)....52
Theoretische Mathematik
Algebra (65311)....55
Algebraische Kurven für Bachelor/Lehramt (65074)....57
Analytische Zahlentheorie (65973)....58
Approximationstheorie (65886)....59
Curves and surfaces (65913)....61
Distributionen, Sobolevräume und elliptische Differentialgleichungen (65938)....63
Efficient discretization of two-phase flow (65083)....65
Einführung in die Darstellungstheorie (65070)....66
Einführung in die gewöhnlichen Differentialgleichungen (65881)....68
Funktionalanalysis (65110)....70
Funktionalanalysis II (65927)....72
Funktionentheorie I (65351)....73
Funktionentheorie II (65087)....75
Geometrie (65621)....76
Geometrie von Mannigfaltigkeiten (65976)....77
Geometrische Maßtheorie I (65944)....79
Gewöhnliche Differentialgleichungen (65100)....81
Introduction to abstract harmonic analysis (65099)....83
Kommutative Algebra (65943)....84
Körpertheorie (65612)....85
Kryptographie I (65979)....86
Kryptographie II (65980)....88
Lie-Algebren (65981)....89
Lie-Gruppen (720057)....90
Mengentheoretische Topologie und elementare Homotopietheorie (65073)....91
Partielle Differentialgleichungen I (65123)....93
Reading Course in Spectral Theory (282073)....94

Seminar Approximationstheorie (65097)..... 95
Seminar für Drittsemester Mathematik (65871)..... 97
Spektraltheorie (65077)..... 99
Topics in Topology (65868)..... 101
Topologie (65080)..... 103
Topologie und Anwendungen (65063)..... 104
Wahrscheinlichkeitstheorie (65091)..... 106
Zeitgenössische Algebraische Geometrie (65726)..... 108
Angewandte Mathematik
Approximationstheorie (65886)..... 110
Diskretisierung und numerische Optimierung (65231)..... 112
Distributionen, Sobolevräume und elliptische Differentialgleichungen (65938)..... 114
Efficient discretization of two-phase flow (65083)..... 116
Einführung in die Numerik (65210)..... 117
Einführung in Stochastische Prozesse (65873)..... 119
Funktionalanalysis II (65927)..... 120
Internet Seminar on Evolution Equations (65893)..... 121
Introduction to abstract harmonic analysis (65099)..... 123
Introduction to Statistics and Statistical Programming (48071)..... 124
Kryptographie I (65979)..... 126
Kryptographie II (65980)..... 128
Lineare und Kombinatorische Optimierung (65161)..... 129
Lineare und nichtlineare Systeme (65072)..... 131
Mathematische Modellierung Theorie (65254)..... 133
Mathematische Modellierung Praxis (65255)..... 135
Nichtlineare Optimierung (65150)..... 137
Numerics of Partial Differential Equations (65993)..... 139
Numerics of Partial Differential Equations II (65999)..... 141
Numerik partieller Differentialgleichungen II (65937)..... 143
Partielle Differentialgleichungen I (65123)..... 145
Practical course on finite element methods for phase-separation equations (65095)..... 146
Robuste Optimierung 1 (65175)..... 147
Seminar Approximationstheorie (65097)..... 149
Spektraltheorie (65077)..... 151
Stochastische Methoden für die Wirtschaftswissenschaften (65740)..... 153
Stochastische Modellbildung (65062)..... 155
Wahrscheinlichkeitstheorie (65091)..... 157
Schlüsselqualifikationen
Programmierung (65050)..... 160
Computerorientierte Mathematik I (65181)..... 162
Introduction to Statistics and Statistical Programming (48071)..... 164
Seminar Data Science in Forschung und Industrie (65715)..... 166
Nebenfach Astronomie
Experimentalphysik 1 + 2: Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik (66061)..... 168
Astronomie (66082)..... 172
Binary stars and extrasolar planets (67194)..... 174
Extreme Astrophysics (67174)..... 175
Galaxien und Kosmologie (67159)..... 176
Interpreting astronomical spectra (66204)..... 177
Interstellar medium (538980)..... 179
Introduction to X-ray astronomy (67170)..... 180
Multiwavelength Astronomy (67128)..... 181

Nebenfach Anorganische Chemie
Allgemeine und Anorganische Chemie mit Experimenten (62065) 183
Physikalische Chemie (62491) 185
Theoretische Chemie 1 (62016) 187
Theoretische Chemie 2 (62059) 189
Nebenfach Betriebswirtschaftslehre
Betriebswirtschaftslehre I (74810) 192
Betriebswirtschaftslehre II (74830) 193
Betriebliches Rechnungswesen I (74860) 194
Betriebliches Rechnungswesen II (74880) 195
Alternative Betriebswirtschaftslehre .....
Betriebswirtschaftslehre III (Bilanzierung) (74920) 310
Hauptseminar Betriebswirtschaftslehre (75001) 311
Alternative Recht für Wirtschaftswissenschaftler .....
Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts (82101) 312
Nebenfach Geowissenschaften
Grundlagen der Geowissenschaften I (68800) 197
Kompetenzseminar zum Klimawandel: Grundlagen- u. Kompetenzen zu Nachhaltigkeitsherausforderungen (64930) 199
Dynamik des Systems Erde (68830) 201
Rohstoffe und Nachhaltigkeit (64935) 203
Angewandte Geologie I (68860) 205
Angewandte Geologie II (68865) 206
Nebenfach Informatik
Grundlagen der Programmierung (93104) 209
Einführung in die Algorithmik (93106) 211
Wahlbereich 1 .....
Sichere Systeme (93105) 25
Grundlagen der Logik in der Informatik (93072) 27
Einführung in Datenbanken für Wirtschaftsinformatik (93078) 30
Vertiefungsmodul 1 .....
Berechenbarkeit und Formale Sprachen (93010) 32
Theorie der Programmierung (93121) 34
Algorithmik kontinuierlicher Systeme (93000) 36
Einführung in Datenbanken (93108) 38
Vertiefungsmodul 2 .....
Einführung in das Software Engineering (93097) 41
Systemnahe Programmierung in C (93170) 43
Grundlagen der Systemprogrammierung (93181) 46
Parallele und Funktionale Programmierung (93040) 48
Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (93080) 49
Einführung in Datenbanken für Wirtschaftsinformatik (93078) 52
Nebenfach Informations- und Kommunikationtechnik
Einführung in die IuK-Technik (93520) 214
Praktikum Software für die Mathematik (93570) 216
Signale und Systeme I (92681) 219
Signale und Systeme II (92682) 221
Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK .....
Satellitenkommunikation (43460) 317
Echtzeitsysteme (43940) 321
Kommunikationssysteme (43950) 326
Introduction to Machine Learning (65718) 328
Verteilte Systeme (95280) 331

Kanalcodierung (96270)..... 334
Rechnerarchitektur (798810)..... 338
Information Theory and Coding / Informationstheorie und Codierung (93601)..... 340
Mobile Communications (43141)..... 343
Entwurf integrierter Schaltungen I (96590)..... 345
Analoge elektronische Systeme (96500)..... 347
Hardware-Software-Co-Design (43490)..... 349
Computer Graphics (43822)..... 351
Nebenfach Molekularbiologie
Grundlagen der Zellbiologie und Genetik (63160)..... 224
Molekularbiologie (63170)..... 227
Biochemie und Physiologie (63180)..... 230
Zell-Zellkommunikation, Signalverarbeitung und Entwicklung (63190)..... 232
Nebenfach Nanotechnologie
Grundlagen der Nanotechnologie I (95700)..... 235
Messtechnik und Werkstoffeigenschaften (95690)..... 237
Physikalische Chemie der Nanostrukturen (63450)..... 239
Physikalische Chemie der Werkstoffe (95542)..... 240
Wahlpflichtmodul Nanotechnologie.....
Grundlagen der Nanotechnologie II (95710)..... 285
Werkstoffe: Grundlagen (95581)..... 287
Nebenfach Philosophie
Einführung in die Philosophie (75290)..... 243
Logische Propädeutik (75300)..... 244
Grundkurs Theoretische Philosophie (75320)..... 245
Grundkurs Praktische Philosophie (75310)..... 247
Basismodul Theoretische Philosophie (75350)..... 248
Basismodul Praktische Philosophie (75340)..... 250
Basismodul Philosophie (75330)..... 252
Nebenfach Physik (experimentell)
Experimentalphysik 1 + 2: Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik (66061)..... 255
Grundpraktikum 1 (66070)..... 259
Vertiefungsmodule.....
Modern Optics 1: Advanced Optics (48311)..... 294
Experimentalphysik 3: Optik und Quanteneffekte (66120)..... 296
Grundpraktikum 2 (66130)..... 298
Experimentalphysik 4: Atom- und Molekülphysik (66151)..... 299
Physikalisches Experimentieren 1: Elektronikpraktikum (66161)..... 301
Detektoren für Teilchen und Strahlung 2 (353947)..... 303
Modern Optics 2: Nonlinear Optics (582360)..... 304
Machine Learning for Physicists (668977)..... 306
Theoretische Physik 1: Mechanik (66100)..... 308
Nebenfach Physik (theoretisch)
Experimentalphysik 1: Mechanik (66065)..... 262
Theoretische Physik 1: Mechanik (66100)..... 263
Theoretische Physik 3: Quantenmechanik (66190)..... 265
Vertiefungsmodul.....
Experimentalphysik 3 + 4: Optik und Quanteneffekte / Atom- und Molekülphysik (66121)..... 289
Machine Learning for Physicists (668977)..... 292
Nebenfach Theologie
Einführung in die Bibel: Neues Testament (73653)..... 268
Neues Testament (73654)..... 270

Altes Testament (73644)..... 272
Einführung in die Bibel: Altes Testament (73643)..... 274
Schwerpunkt-Wahlmodul Praktische Theologie (73555)..... 275
Nebenfach Volkswirtschaftslehre
Einführung in die Volkswirtschaftslehre (74820)..... 277
Makroökonomie (74850)..... 278
Mikroökonomie (74840)..... 281
Volkswirtschaftliches Seminar (74902)..... 283
Wirtschaftspolitik (74940)..... 284
Alternative Betriebswirtschaftslehre.....
Betriebswirtschaftslehre I (74810)..... 314
Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts (82101)..... 315
Grundlagen der Nanotechnologie II (95710)..... 285
Werkstoffe: Grundlagen (95581)..... 287
Experimentalphysik 3 + 4: Optik und Quanteneffekte / Atom- und Molekülphysik (66121)..... 289
Machine Learning for Physicists (668977)..... 292
Modern Optics 1: Advanced Optics (48311)..... 294
Experimentalphysik 3: Optik und Quanteneffekte (66120)..... 296
Grundpraktikum 2 (66130)..... 298
Experimentalphysik 4: Atom- und Molekülphysik (66151)..... 299
Physikalisches Experimentieren 1: Elektronikpraktikum (66161)..... 301
Detektoren für Teilchen und Strahlung 2 (353947)..... 303
Modern Optics 2: Nonlinear Optics (582360)..... 304
Machine Learning for Physicists (668977)..... 306
Theoretische Physik 1: Mechanik (66100)..... 308
Betriebswirtschaftslehre III (Bilanzierung) (74920)..... 310
Hauptseminar Betriebswirtschaftslehre (75001)..... 311
Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts (82101)..... 312
Betriebswirtschaftslehre I (74810)..... 314
Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts (82101)..... 315
Satellitenkommunikation (43460)..... 317
Echtzeitsysteme (43940)..... 321
Kommunikationssysteme (43950)..... 326
Introduction to Machine Learning (65718)..... 328
Verteilte Systeme (95280)..... 331
Kanalcodierung (96270)..... 334
Rechnerarchitektur (798810)..... 338
Information Theory and Coding / Informationstheorie und Codierung (93601)..... 340
Mobile Communications (43141)..... 343
Entwurf integrierter Schaltungen I (96590)..... 345
Analoge elektronische Systeme (96500)..... 347
Hardware-Software-Co-Design (43490)..... 349
Computer Graphics (43822)..... 351

1	**Modulbezeichnung** 65001	**Analysis I** Calculus I	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Emil Wiedemann
5	**Inhalt**	• Naive Mengenlehre und Logik • Grundeigenschaften der natürlichen, rationalen und reellen Zahlen: Vollständige Induktion, Körper- und Anordnungsaxiome, Vollständigkeit, untere / obere Grenzen, Dichtheit von Q in R, abzählbare und überabzählbare Mengen • Komplexe Zahlen: Rechenregeln und ihre geometrische Interpretation, quadratische Gleichungen • Konvergenz, Cauchy-Folgen, Vollständigkeit • Zahlenfolgen und Reihen: Konvergenzkriterien und Rechenregeln, absolute Konvergenz, Potenzreihen, unendliche Produkte • Elementare Funktionen, rationale Funktionen, Potenzen mit reellen Exponenten, Exponentialfunktion, Hyperbelfunktionen, trigonometrische Funktionen, • Monotonie und Umkehrfunktion, Logarithmus • Stetige reellwertige Funktionen: Zwischenwertsatz, Existenz von Minimum und Maximum auf kompakten Mengen, stetige Bilder von Intervallen und Umkehrbarkeit, gleichmäßige Stetigkeit, gleichmäßige Konvergenz • Differential- und Integralrechnung in einer reellen Veränderlichen • Rechenregeln für Differentiation, Mittelwertsatz der Differentialrechnung, Taylorformel, Extremwerte und Kurvendiskussion, Definition des Integrals und Rechenregeln, gliedweise Differentiation, Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung, Mittelwertsatz der Integralrechnung. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • definieren und erklären elementare Grundbegriffe der Analysis; • wenden das Basiswissen der Analysis an und reproduzieren grundlegende Prinzipien; • wenden grundlegende und einfache Techniken der Analysis an; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen elementare Zusammenhänge.

7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (120 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 180 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskripte zu diesem Modul • O. Forster: Analysis I, II; Vieweg • V. Zorich: Analysis I, II; Springer • S. Hildebrandt: Analysis I,II, Springer

1	**Modulbezeichnung** 65004	**Analysis II** Calculus II	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Analysis II (4 SWS) Übung: TAFELÜBUNG (2 SWS) Übung: Übungen zur Analysis II (2 SWS)	6 ECTS 2 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Emil Wiedemann
5	**Inhalt**	• Fourier-Reihen • Metrische Räume: Topologie metrischer Räume, stetige Abbildungen zwischen metrischen Räumen, Kompaktheit, Vollständigkeit, Fixpunktsatz von Banach, Satz von Arzela-Ascoli • Differentialrechnung in mehreren Veränderlichen: Partielle Ableitung und Jacobi-Matrix, Satz von Schwarz, totale Ableitung und Linearisierung, lineare Differentialoperatoren (Gradient, Divergenz, Rotation), Lipschitz-Stetigkeit und Schrankensatz, Extremwerte, Extrema mit Nebenbedingungen, Taylorformel, Sätze über implizite und inverse Funktionen, Untermannigfaltigkeiten Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erweitern ihr Spektrum an Grundbegriffen der Analysis und erklären diese; • wenden das Grundwissen der Analysis an, reproduzieren und vertiefen grundlegende Prinzipien und ordnen diese ein; • wenden Grundtechniken der Analysis an; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Module Analysis I • Lineare Algebra I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten) Übungsleistung Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 180 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskripte zu diesem Modul • O. Forster: Analysis I, II; Vieweg • V. Zorich: Analysis I, II; Springer • S. Hildebrandt: Analysis I, II; Springer

1	**Modulbezeichnung** 65003	**Analysis III** Calculus III	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Emil Wiedemann
5	**Inhalt**	• Äußere Maße, Maße, Sigma-Algebren, Lebesgue-Maß • Messbare Mengen, messbare Funktionen • Integral nach einem Maß, Konvergenzsätze, L^p-Räume • Produktmaße, Satz von Fubini • Transformationsformel für das Lebesgue-Maß • Hausdorff-Maß und Flächenformel • Kurvenintegrale, Differentialformen, Vektorfelder • Satz von Stokes für Differentialformen • Integralsätze von Gauß und Stokes Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erklären die Grundbegriffe der Maß- und Integrationstheorie und verwenden die Grundprinzipien; • definieren die wichtigsten Begriffe der Maß- und Integrationstheorie (u.a. Maß, Sigma-Algebra, Lebesgue-Integral, Produktmaß, absolute Stetigkeit) und erkennen und erklären die Zusammenhänge zwischen ihnen; • wenden zentrale Sätze der Maß- und Integrationstheorie sowohl in konkreten Beispielen (z.B. Volumenberechnungen) als auch in Beweissituationen korrekt an; • erkennen und benennen die Unterschiede zwischen Riemann- und Lebesgue-Integral; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Module Analysis I, II und Lineare Algebra I, II
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (120 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)

11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• J. Elstrodt: Maß- und Integrationstheorie; Springer • W. Rudin: Analysis; Oldenbourg • L.C. Evans, R.F. Gariepy: Measure Theory and fine properties of functions; CRC Press • O. Forster: Analysis III; Springer

1	**Modulbezeichnung** 65011	**Lineare Algebra I** Linear algebra I	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb
5	**Inhalt**	• Gruppen und Körper • Vektorräume • Lineare Abbildungen • Lineare Gleichungssysteme • Basen und Dimension • Koordinatentransformation • Determinante • Eigenwerte und Eigenvektoren • Diagonalisierung • Jordan Normalform Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erkennen lineare Zusammenhänge und behandeln sie quantitativ und qualitativ; • erläutern und verwenden den Gauß-Algorithmus zum Lösen linearer Gleichungssysteme; • verwenden die abstrakten Strukturen Körper und Vektorraum; • übersetzen zwischen linearen Abbildungen und zugehörigen Matrizen und berechnen so charakteristische Daten linearer Abbildungen; • beherrschen den Determinantenkalkül • erkennen und verwenden spezielle Eigenschaften linearer Abbildungen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (120 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (bestanden/nicht bestanden)

12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 180 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• G. Strang: Lineare Algebra; Springer • B. Huppert, W. Willems: Lineare Algebra; Vieweg • G. Fischer: Lineare Algebra; Vieweg • W.Greub: Lineare Algebra; Springer • H. J. Kowalsky, G. Micheler: Lineare Algebra; de Gruyter • F. Lorenz: Lineare Algebra I, II; Spektrum • P. Knabner, W. Barth: Lineare Algebra Grundlagen und Anwendungen; Springer

1	**Modulbezeichnung** 65013	**Lineare Algebra II** Linear algebra II	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Lineare Algebra II (4 SWS) Übung: Großübung (2 SWS) Übung: Intensivierungsübung (2 SWS) Übung: Übungen zur Linearen Algebra II (2 SWS) Übung: Tafelübungen zu Lineare Algebra II (2 SWS)	6 ECTS 2 ECTS 2 ECTS 2 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Thomas Creutzig	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb
5	**Inhalt**	• Jordan'sche Normalform • Anwendung der JNF: Matrixpotenzen und lineare Differentialgleichungssysteme • Quotientenvektorraum, Dualraum • Bilinearformen, hermitesche Formen • Adjungierte und normale Operatoren, Singulärwerte • Tensorprodukte • affine Geometrie Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erkennen lineare und nichtlineare Zusammenhänge und behandeln sie quantitativ und qualitativ; • verwenden und untersuchen quadratische Formen als die einfachsten nicht-linearen Funktionen; • formulieren und behandeln geometrische Probleme algebraisch; • verwenden Dual- und Quotientenräume zur Analyse linearer Abbildungen; • erkennen die Querverbindung zur Analysis; • führen exemplarische inner- und außermathematische Anwendungen durch.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Lineare Algebra • Analysis I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten) Übungsleistung Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)

11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 180 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• B. Huppert, W. Willems: Lineare Algebra; Vieweg • G. Fischer: Lineare Algebra; Vieweg • G. Fischer: Analytische Geometrie; Vieweg • W.Greub: Lineare Algebra; Springer • H. J. Kowalsky, G. Micheler: Lineare Algebra; de Gruyter • F. Lorenz: Lineare Algebra I, II; Spektrum • P. Knabner, W. Barth: Lineare Algebra Grundlagen und Anwendungen; Springer • G. Strang: Lineare Algebra; Springer

1	**Modulbezeichnung** 65335	**Querschnittsmodul** Interdisciplinary module	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (4 SWS)	7 ECTS
		Vorlesung: Einführung in die Darstellungstheorie (4 SWS)	7 ECTS
		Übung: Übungen zu Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (2 SWS)	2 ECTS
		Übung: Tafelübung Einführung in die Darstellungstheorie (2 SWS)	2 ECTS
		Übung: Tafelübung zu Einführung in die Darstellungstheorie (2 SWS)	2 ECTS
		Übung: Übungen zu Einführung in die Darstellungstheorie (2 SWS)	2 ECTS
		Tutorium: Tutorium zu Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (2 SWS)	1 ECTS
		Übung: Übungen zu Lineare und nichtlineare Systeme (Querschnittmodul) (2 SWS)	2 ECTS
		Vorlesung: Wahrscheinlichkeitstheorie (4 SWS)	10 ECTS
		Tutorium: Tutorien zur Wahrscheinlichkeitstheorie (1 SWS)	0 ECTS
		Übung: Zentralübung zur Wahrscheinlichkeitstheorie (1 SWS)	3 ECTS
		Übung: Tafelübung zu Lineare und nichtlineare Systeme (1 SWS)	1 ECTS
		Vorlesung: Funktionalanalysis I (4 SWS)	10 ECTS
		Übung: Programmier-Kurs zur Diskretisierung und Numerischen Optimierung (2 SWS)	-
		Vorlesung mit Übung: Lineare und nichtlineare Systeme (Querschnittmodul) (4 SWS)	10 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Daniel Tenbrinck Prof. Dr. Peter Fiebig Dr. Dieter Weninger Prof. Dr. Torben Krüger Prof. Dr. Carsten Gräser	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Timm Oertel
5	**Inhalt**	Die aktuellen Themen werden zeitnah von den Dozentinnen/den Dozenten bekannt gegeben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden

		• erarbeiten sich Fachkompetenzen in einem Teilgebiet der Mathematik und erklären die entsprechenden grundlegenden Begriffe; • stellen Verknüpfungen zwischen analytischem und algebraischem Wissen her; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Module der GOP
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung mündlich (20 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	jedes 2. Semester Das Querschnittsmodul wird regelmäßig im Sommersemester angeboten, manchmal auch im Wintersemester.
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	nach Vorgabe der Dozentin/des Dozenten

1	**Modulbezeichnung** 65332	**Seminar**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Seminar: Neural Network Approximation (2 SWS) Seminar: Seminar Markovketten (2 SWS) Seminar: Seminar Zahlentheorie (2 SWS) Seminar: Seminar über reelle Funktionen (2 SWS) Seminar: Bachelorseminar "Kontinuierliche Optimierung" (2 SWS) Seminar: Bachelor Seminar "Amenable Groups"	5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS - 5 ECTS -
3	Lehrende	PD Dr. Cornelia Schneider apl. Prof. Dr. Christophorus Richard Prof. Dr. Torben Krüger apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert Prof. Dr. Lea Boßmann Michael Schuster Prof. Dr. Kang Li	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Timm Oertel
5	**Inhalt**	Die aktuellen Themen werden zeitnah von den Dozenten/innen bekannt gegeben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erarbeiten sich vertiefende Fachkompetenzen in einem Teilgebiet der Mathematik; • verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken, präsentieren mathematische Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form und diskutieren diese kritisch; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Module der GOP
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h

14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Die zugrundeliegenden Vortragsunterlagen werden vom jeweiligen Dozenten bekannt gegeben.

1	**Modulbezeichnung** 65555	**Bachelorseminar** Bachelor’s seminar	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Hauptseminar: Bachelorseminar "Optimierung Praxis" (2 SWS) Hauptseminar: Bachelorseminar: "Risikobewertung in den Wirtschaftswissenschaften" (2 SWS) Seminar: Neural Network Approximation (2 SWS) Seminar: Seminar Markovketten (2 SWS) Seminar: Differentialgleichungsmodelle (Analysis und Numerik) (2 SWS) Seminar: Bachelorseminar "Kontinuierliche Optimierung" (2 SWS) Seminar: Bachelor Seminar "Amenable Groups"	5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS -
3	Lehrende	Florian Rösel Prof. Dr. Timm Oertel Prof. Dr. Wolfgang Stummer PD Dr. Cornelia Schneider apl. Prof. Dr. Christophorus Richard Prof. Dr. Torben Krüger Dr. Stefan Metzger Michael Schuster Prof. Dr. Kang Li	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Timm Oertel
5	**Inhalt**	• Das Bachelor-Seminar dient als methodische und arbeitstechnische Vorbereitung für die anschließend abzulegende Bachelorarbeit. • Die aktuellen Themen werden zeitnah von den Dozenten/ Innen bekannt gegeben. Die Präsentation des Stoffes erfolgt durch Vorträge der Seminarteilnehmer.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erarbeiten sich vertiefende Fachkompetenzen in einem Teilgebiet der Mathematik; • analysieren Fragestellungen und Probleme aus dem gewählten Teilgebiet der Mathematik und lösen diese mit wissenschaftlichen Methoden; • verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken, präsentieren mathematische Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form und diskutieren diese kritisch; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	• o Module der GOP

		○ Sichere Kenntnisse mit den Inhalten der Module, auf die das Bachelor-Seminar aufbaut.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Die zugrundeliegenden Vortragsunterlagen werden von den jeweiligen Dozentinnen/Dozenten im Voraus (bei der Vorbesprechung) bekannt gegeben.

1	**Modulbezeichnung** 1999	**Bachelorarbeit (B.Sc. Mathematik 20192)** Bachelor's thesis	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Timm Oertel
5	**Inhalt**	• selbständige Bearbeitung einer Fragestellung aus dem Bereich der Mathematik innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes (2 Monate)- Erstellung eines Berichtes (Bachelorarbeit)
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden - bearbeiten innerhalb eines vorgegebenen Zeitraumes eine Problemstellung aus dem Bereich der Mathematik mit wissenschaftlichen Methoden selbständig und stellen diese in schriftlicher Form dar (Bachelorarbeit); - wirken bei der Bearbeitung aktueller Forschungsthemen problemorientiert mit und definieren anhand dieses Wissens neue Forschungsziele
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Erwerb von mindestens 90 ECTS-Punkten im bisherigen Bachelorstudiengang
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Pflichtmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich (2 Monate)
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Wiederholung der Prüfungen**	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 0 h Eigenstudium: 300 h
15	**Dauer des Moduls**	1 Semester
16	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch oder Englisch
17	**Literaturhinweise**	wird von den jeweiligen Dozentinnen/Dozenten im Voraus bekannt gegeben

1	**Modulbezeichnung** 93105	**Sichere Systeme** Secure Systems	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Felix Freiling
5	**Inhalt**	Die Vorlesung gibt einen einführenden Überblick über Konzepte und Methoden der IT-Sicherheit. Themen (unter anderem): • Angreifer und Schutzziele • Cyberkriminalität und Strafbarkeit • Ethik und Privatsphäre • grundlegende Muster von Unsicherheit in technischen Systemen • grundlegende Sicherheitsmechanismen • Techniken der Sicherheitsanalyse • ausgewählte Beispiele aus dem Bereich der Kryptographie und Internetsicherheit (Web-Security) In der Übung werden die Themen der Veranstaltung beispielhaft eingeübt. Themen (unter anderem): • Kryptanalyse und Angreifbarkeit kryptographischer Protokolle • Schutzziele und Strafbarkeit • Zertifikate und Public-Key-Infrastrukturen • Web-Security • anonyme Kommunikation • formale Sicherheitsanalyse • Sicherheitstesten
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Teilnehmenden erwerben einen Überblick über Konzepte und Methoden aus dem Bereich der IT-Sicherheit und können diese im Kontext der Informatik und der Lebenswirklichkeit anhand von Beispielen einordnen und erläutern. Die Studierenden können die Schwächen in Internetprotokollen erkennen und benennen. Sie können außerdem erläutern, wie man diese Schwachstellen ausnutzt und welche technischen und organisatorischen Maßnahmen geeignet sind, diese Schwachstellen zu vermeiden. Die Studierenden lernen, die Wirksamkeit von IT-Sicherheitsmechanismen im gesellschaftlichen Kontext und in Kenntnis professioneller Strukturen der Cyberkriminalität aus technischen, ethischen und rechtlichen Perspektiven zu bewerten.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlbereich 1 Bachelor of Science Mathematik 20192

10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Dieter Gollmann: Computer Security. 3. Auflage, Wiley, 2010. • Joachim Biskup: Security in Computing Systems. Springer, 2008. Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben.

1	**Modulbezeichnung** 93072	**Grundlagen der Logik in der Informatik** Foundations of logic in informatics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Lutz Schröder
5	**Inhalt**	Aussagenlogik: • Syntax und Semantik • Automatisches Schließen: Resolution • Formale Deduktion: Korrektheit, Vollständigkeit Prädikatenlogik erster Stufe: • Syntax und Semantik • Automatisches Schließen: Unifikation, Resolution • Quantorenelimination • Anwendung automatischer Beweiser • Formale Deduktion: Korrektheit, Vollständigkeit
6	**Lernziele und Kompetenzen**	• Erwerb fundierter Kenntnisse zu den Grundlagen und der praktischen Relevanz der Logik mit besonderer Berücksichtigung der Informatik; • Verstehen und Erklären des logischen Schließens; • Einübung in das logische und wissenschaftliche Argumentieren, Aufstellen von Behauptungen und Begründungen; • Kritische Reflexion von Logikkalkülen, insbesondere hinsichtlich Entscheidbarkeit, Komplexität, Korrektheit und Vollständigkeit; • Erstellung und Beurteilung von Problemspezi;kationen (Kohärenz, Widerspruchsfreiheit) und ihre Umsetzung in Logikprogramme; • Beherrschung der praktischen Aspekte der Logikprogrammierung. Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben Definitionen zur Syntax und Semantik der verwendeten Logiken wieder beschreiben grundlegende Deduktionsalgorithmen geben Regeln der verwendeten formalen Deduktionssysteme wieder Verstehen Die Studierenden erläutern das Verhältnis zwischen Syntax, Semantik und Beweistheorie der verwendeten Logiken erklären die Funktionsprinzipien grundlegender Deduktionsalgorithmen erläutern die Funktionsweise automatischer Beweiser

		erläutern grundlegende Resultate der Metatheorie der verwendeten Logiken und deren Bedeutung Anwenden Die Studierenden wenden Deduktionsalgorithmen auf konkrete Deduktionsprobleme an formalisieren Anwendungsprobleme in logischer Form und verwenden automatische Beweiser zur Erledigung entstehender Beweisziele führen einfache formale Beweise manuell Analysieren Die Studierenden führen einfache metatheoretische Beweise, inbesondere durch syntaktische Induktion Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden beherrschen das grundsätzliche Konzept des Beweises als hauptsächliche Methode des Erkenntnisgewinns in der theoretischen Informatik. Sie überblicken abstrakte Begriffsarchitekturen. Sozialkompetenz Die Studierenden lösen abstrakte Probleme in Gruppenarbeit.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlbereich 1 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) Es werden wöchentlich Übungsblätter ausgegeben. Die Lösungen können abgegeben werden und werden in diesem Fall bewertet. Auf Basis des Ergebnisses dieser Bewertungen können bis zu 15% Bonuspunkte erworben werden, die zu dem Ergebnis einer bestandenen Klausur hinzugerechnet werden.
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Schöning, U.: Logik für Informatiker. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 2000 Barwise, J., and Etchemendy, J.: Language, Proof and Logic; CSLI, 2000.

		Huth, M., and Ryan, M.: Logic in Computer Science; Cambridge University Press, 2000.

1	**Modulbezeichnung** 93078	**Einführung in Datenbanken für Wirtschaftsinformatik** Introduction to databases in business information systems	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Einführung in Datenbanken (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG1: Fr 16 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG2: Do 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG3: Di 08 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG4: Do 16 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG5: Mo 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG6: Do 08 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG7: Di 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG8: Mi 14 (3 SWS)	5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz Felix Hanika David Haller Tobias Bittner Alexander Seifert Fabian Nitschke Joshua Orendt	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz
5	**Inhalt**	Ziel des Moduls ist die Vermittlung von Kenntnissen zur systematischen und bedarfsorientierten Erstellung konzeptioneller Datenbankschemata sowie die relationale Datenbanksprache SQL. Darüber hinaus werden Grundkenntnisse zur Funktionsweise und zur Implementierung von Datenbankmanagementsystemen vermittelt, im Einzelnen: • Grundbegriffe von Datenbanken • Entity-Relationship Modell und erweitertes E/R-Modell • UML Klassendiagramme • Das Relationale Datenmodell • Systematische Abbildung von ER-Diagrammen auf Relationale Datenbankschemata • Normalisierung • Relationale Algebra • SQL • Multidimensionale Modellierung und Data Warehousing

		• Schichtenmodell zur Implementierung von Datenbanksystemen • Pufferverwaltung • Transaktionen • Andere Datenmodelle, No-SQL Systeme • Ontologien, Semantic Web, RDF, SPARQL
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • Können die zentralen Begriffe aus der Datenbankfachliteratur definieren • Erstellen ER-Diagramme und erweiterte ER Diagramme • Können ER-Diagramme systematisch in geeignete relationale Datenbankschemata überführen • Definieren die Normalformen 1NF, 2NF, 3NF, BCNF und 4NF • Können ein nicht normalisiertes Relationenschema in 3NF überführen • Erstellen Anfragen auf der Basis der Relationalen Algebra • Erstellen Datenbankschemata mit Hilfe der SQL DDL • Erstellen Datenbankanfragen mit SQL • Erstellen multidimensionale ER-Diagramme und bilden diese auf Star- oder Snowflake-Schemata ab • Erklären die Funktionsweise von Datenbankpuffern • Erklären die ACID Eigenschaften von Transaktionen • Erklären die Funktionsweise des Zwei-Phasen-Freigabe-Protokolls • Erläutern die Funktionsweise des Zwei-Phasen-Sperr-Protokolls • Beschreiben und vergleichen verschiedene Datenmodelle
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 2 Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlbereich 1 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur mit MultipleChoice (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 93010	**Berechenbarkeit und Formale Sprachen** Theory of computation and formal languages	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Rolf Wanka
5	**Inhalt**	• Registermaschinen und Turingmaschinen als Modelle des Berechenbaren, die Church-Turing-These und unentscheidbare Probleme • NP-Vollständigkeit und das P-NP-Problem • Endliche Automaten • Grammatiken und die Chomsky-Hierarchie • Kontextfreie Grammatiken und Kontextfreie Sprachen • Kellerautomaten
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über die Grenzen der Berechenbaren, insbesondere lernen sie, wie man beweist, dass bestimmte Aufgaben unlösbar sind bzw. dass sie vermutlich nicht schnell gelöst werden können, und wenden diese Kenntnisse an; • lernen die wesentlichen Techniken kennen, mit denen man Programmiersprachen beschreiben und syntaktisch korrekte Programme erkennen kann, und wenden diese auf Beispiele an; • erwerben fundierte Kenntnisse in den Beweis- und Analyse-Methoden der algorithmisch orientierten Theoretischen Informatik und wenden diese an.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 1 Bachelor of Science Mathematik 20192 Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) Übungsleistung Zum Erreichen der Übungsleistung müssen die wöchentlichen bepunkteten Übungsaufgaben bearbeitet und abgegeben werden. Zum Ende der Vorlesungszeit müssen mindestens 50% der Punkte erreicht sein.
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• I. Wegener. Theoretische Informatik. • J. Hopcroft, J. Ullman. Introduction to Automata Theory, Languages and Computation. • U. Schöning. Theoretische Informatik - kurz gefasst.

1	**Modulbezeichnung** 93121	**Theorie der Programmierung** Theory of programming	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Theorie der Programmierung (4 SWS) Übung: Übungen zu Theorie der Programmierung (2 SWS) Übung: Intensivübung zu Theorie der Programmierung (2 SWS)	- - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Lutz Schröder Paul Wild	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Lutz Schröder
5	**Inhalt**	• Termersetzungssysteme, Normalisierung, Konfluenz • Getypter und ungetypter Lambda-Kalkül • Semantik von Programmiersprachen, Anfänge der Bereichstheorie • Datentypen, Kodatentypen, Induktion und Koinduktion, Rekursion und Korekursion • Programmverifikation, Floyd-Hoare-Kalkül • Reguläre Sprachen und endliche Automaten • Beschriftete Transitionssysteme, Bisimulation und Temporallogik
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Fachkompetenz Wissen Die Studierenden geben elementare Definitionen und Fakten zu den behandelten Formalismen wieder. Verstehen Die Studierenden • erläutern Grundbegriffe der Syntax und Semantik von Formalismen und setzen diese zueinander in Bezug • beschreiben und erklären grundlegende Algorithmen zu logischem Schließen und Normalisierung • beschreiben wichtige Konstruktionen von Modellen, Automaten und Sprachen Anwenden Die Studierenden • verfassen formale Spezifikationen sequentieller und nebenläufiger Programme • verifizieren einfache Programme gegenüber ihrer Spezifikation durch Anwendung der relevanten Kalküle • o führen einfache Beweise über Programme mittels Induktion und Koinduktion Analysieren Die Studierenden wählen für gegebene Verifikationsprobleme geeignete Formalismen aus erstellen einfache Meta-Analysen formaler Systeme, etwa Konfluenzprüfung von Termersetzungssystemen - führen einfache Meta-Beweise über Formalismen mittels

		Induktion und Koinduktion Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden beherrschen das grundsätzliche Konzept des Beweises als hauptsächliche Methode des Erkenntnisgewinns in der theoretischen Informatik. Sie überblicken abstrakte Begriffsarchitekturen. Sozialkompetenz Die Studierenden lösen abstrakte Probleme in kollaborativer Gruppenarbeit.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 1 Bachelor of Science Mathematik 20192 Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Glynn Winskel, Formal Semantics of Programming Languages, MIT Press, 1993 • Michael Huth, Mark Ryan, Logic in Computer Science, Cambridge University Press, 2. Auflage 2004 • Henk Barendregt, The lambda-Calculus: Its Syntax and Semantics, North Holland, 1984 • John E. Hopcroft, Jeffrey D. Ullman and Rajeev Motwani, Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation, 3rd ed., Prentice Hall, 2006 • Franz Baader, Tobias Nipkow, Term Rewriting and All That, Cambridge University Press, 1999

1	**Modulbezeichnung** 93000	**Algorithmik kontinuierlicher Systeme** Algorithms for continuous systems	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Tafelübung AlgoKS (2 SWS) Vorlesung: Algorithmik kontinuierlicher Systeme (4 SWS) Übung: Rechnerübung AlgoKS (0 SWS)	2,5 ECTS 5 ECTS -
3	Lehrende	Dominik Thönnes Frederik Hennig apl. Prof. Dr. Harald Köstler Prof. Dr. Ulrich Rüde	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Ulrich Rüde
5	**Inhalt**	• Grundlagen kont. Datenstrukturen (Gleitpunktzahlen, Rundungsfehleranalyse und Kondition, Diskretisierung und Quantisierung, Abtasttheorem, FFT) • Algorithmische Lineare Algebra (direkte und iterative Verfahren für lin. Gleichungssysteme, Ausgleichsprobleme) • Datenstrukturen für geometrische Objekte, Interpolation, Approximation, Grundlagen geometrischer Modellierung, Volumen- und Flächenberechnung. • Kontinuierliche und diskrete Optimierung, nichtlineare Probleme. • Grundlagen der Simulation: Algorithmen zur Lösung von Differentialgleichungen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse über Datenstrukturen und Algorithmen zur Behandlung kontinuierlicher Probleme. Die erworbenen Kompetenzen sind sowohl theoretisch-analytischer Art (Analyse von Komplexität, Konvergenz, Fehlerentwicklung) als auch von praktischer Natur (Implementierung der Algorithmen in einer objekt-orientierten Programmiersprache). Die Studierenden planen und bearbeiten kleine Programmierprojekte so, dass sie zeitgerecht fertig gestellt werden. Sie erwerben damit insbesondere die Grundlagen, die für ein vertieftes Studium in den Bereichen Systemsimulation, Mustererkennung, Graphischer Datenverarbeitung unabdingbar sind. Fachkompetenz Wissen Die Studierenden • geben die Definition von Gleitpunktzahlen wieder • reproduzieren Formeln zur Berechnung von Flächen und Volumina Verstehen Die Studierenden • erklären die Kondition von Problemen • veranschaulichen Methoden der Freiformflächenmodellierung • erläutern das Abtasttheorem und die Fouriertransformation Anwenden Die Studierenden

		• implementieren Algorithmen zur Lösung von linearen Gleichungssystemen • lösen Interpolations- und Approximationsaufgaben • berechnen iterativ Lösungen von nichtlinearen Gleichungen Analysieren Die Studierenden • klassifizieren Optimierungsprobleme • erforschen lineare Ausgleichsprobleme Lern- bzw. Methodenkompetenz Die Studierenden • ◦ lösen Aufgaben der Algorithmen kontinuierlicher Probleme in Gruppenarbeit
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 1 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) Übungsleistung in den Übungen müssen 5 Theorieaufgaben und 5 Programmieraufgaben bearbeitet werden. Es müssen jeweils 50% der möglichen Punkte erreicht werden.
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 93108	**Einführung in Datenbanken** Introduction to databases	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG1: Fr 16 (3 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG2: Do 18 (3 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG3: Di 08 (3 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG4: Do 16 (3 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG5: Mo 18 (3 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG6: Do 08 (3 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG7: Di 18 (3 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG8: Mi 14 (3 SWS)	2,5 ECTS
		Vorlesung: Einführung in Datenbanken (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Felix Hanika David Haller Tobias Bittner Alexander Seifert Fabian Nitschke Joshua Orendt Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz
5	**Inhalt**	Ziel des Moduls ist die Vermittlung von Kenntnissen zur systematischen und bedarfsorientierten Erstellung konzeptioneller Datenbankschemata sowie die relationale Datenbanksprache SQL. Darüber hinaus werden Grundkenntnisse zur Funktionsweise und zur Implementierung von Datenbankmanagementsystemen vermittelt, im Einzelnen: • Grundbegriffe von Datenbanken • Entity-Relationship Modell und erweitertes E/R-Modell • UML Klassendiagramme • Das Relationale Datenmodell • Systematische Abbildung von ER-Diagrammen auf Relationale Datenbankschemata • Normalisierung • Relationale Algebra • SQL • Multidimensionale Modellierung und Data Warehousing • Schichtenmodell zur Implementierung von Datenbanksystemen

		• Pufferverwaltung • Indexstrukturen (B-Bäume, B+-Bäume) • Anfrageverarbeitung • Transaktionen • Synchronisation • Recovery • Andere Datenmodelle, No-SQL Systeme • Ontologien, Semantic Web, RDF, SPARQL
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • Können die zentralen Begriffe aus der Datenbankfachliteratur definieren • Erstellen ER-Diagramme und erweiterte ER Diagramme • Können ER-Diagramme systematisch in geeignete relationale Datenbankschemata überführen • Definieren die Normalformen 1NF, 2NF, 3NF, BCNF und 4NF • Können ein nicht normalisiertes Relationenschema in 3NF überführen • Erstellen Anfragen auf der Basis der Relationalen Algebra • Erstellen Datenbankschemata mit Hilfe der SQL DDL • Erstellen Datenbankanfragen mit SQL • Erstellen multidimensionale ER-Diagramme und bilden diese auf Star- oder Snowflake-Schemata ab • Erklären die Funktionsweise von Datenbankpuffern • Erklären die Funktionsweise von Indexstrukturen • Erklären die Grundlagen der Anfrageoptimierung • Erläutern und bewerten die Funktionsweise verschiedener Join-Algorithmen • Erklären die ACID Eigenschaften von Transaktionen • Erklären die Funktionsweise des Zwei-Phasen-Freigabe-Protokolls • Erläutern die Funktionsweise des Zwei-Phasen-Sperr-Protokolls • Vergleichen die verschiedenen Klassen von Wiederherstellungs-Algorithmen • Erläutern die grundlegende Funktionsweise der Protokoll-basierten Wiederherstellung • Beschreiben und vergleichen verschiedene Datenmodelle
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 1 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur mit MultipleChoice (100%)

12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 93097	**Einführung in das Software Engineering** Introduction to software engineering	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	**Inhalt**	• Einführung in die einzelnen Phasen der Softwareentwicklung: Anforderungsanalyse, Spezifikation, Entwurf, Implementierung, Test, WartungProzessmodelle • Prozessmodelle • Agile Softwareentwicklung • Anforderungsanalyse und -verwaltung • Modellierung von Systemen (u.a. mit UML) • Software-Architekturen und Designmuster • Teststrategien • Umgang mit Software-Alterung • Projektmanagement • Software-Engineering im Bereich Machine Learning • Refactoring zur Unterstützung der Wartungsphase
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • Beschreiben Prozessmodelle und unterscheiden plangesteuerte (wie das Wasserfall- und V-Modell) und agile Prozessmodelle (wie XP, Scrum, RUP und Kanban) • Erläutern verschiedene Techniken der Anforderungsanalyse und –Ermittlung (wie Endliche Zustandsautomaten, Petri-Netze, Use Cases, User Stories) und wenden diese für plan-gesteuerte und agile Prozesse an • Stellen die Unterschiede zwischen agilem und plan-gesteuertem Requirements-Engineering dar • Verstehen und erläutern UML-Diagramme (wie Use Case-, Klassen-, Sequenz- und Kommunikationsdiagramme) und wenden diese auf praktische Beispiele der Objektorientierung an • Reproduzieren allgemeine Entwurfslösungen wiederkehrender Probleme des Software-Engineerings und wenden diese an • Wenden funktionale und strukturelle Testansätze an • Erklären Methoden zur Änderung und Weiterentwicklung von Software • Beschreiben Ansätze für das Projekt-Management von Softwareprojekten • Erläutern wie Methoden des Maschinellen Lernens für Software-Engineering eingesetzt werden können
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine

8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 2 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Software Engineering, Ian Sommerville, 10. Auflage, 2016 • Software-Engineering Kompakt, Anja Metzner, 2020 • Handbook of Software Engineering, Sungdeok Cha, Richard N. Taylor, Kyochul Kang (Hrsg.), 2019

1	**Modulbezeichnung** 93170	**Systemnahe Programmierung in C** Machine-oriented programming in C	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Systemnahe Programmierung in C (2 SWS) Übung: SPiC - R01 (2 SWS) Übung: SPiC - R02 (2 SWS) Übung: SPiC - R03 (2 SWS) Übung: SPiC - R04 (unbesetzt) (2 SWS) Übung: SPiC - R05 (2 SWS) Übung: SPiC - R06 (unbesetzt) (2 SWS) Übung: SPiC - R07 (2 SWS) Übung: SPiC - R08 (2 SWS) Übung: SPiC - R09 (2 SWS) Übung: SPiC - R10 (2 SWS) Übung: SPiC - R11 (unbesetzt) (2 SWS) Übung: SPiC - R12 (2 SWS) Übung: SPiC - T01 (2 SWS) Übung: SPiC - T02 (2 SWS) Übung: SPiC - T03 (unbelegt) (2 SWS) Übung: SPiC - T04 (2 SWS) Übung: SPiC - T05 (unbelegt) (2 SWS) Übung: SPiC - T06 (2 SWS) Übung: SPiC - T07 (2 SWS) Übung: SPiC - T08 (2 SWS) Übung: SPiC - T09 (2 SWS) Übung: SPiC - T10 (2 SWS) Übung: SPiC - T11 (2 SWS) Übung: SPiC - T12 (2 SWS)	2,5 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Volkmar Sieh Maxim Ritter von Onciul Eva Dengler Arne Vogel	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr.-Ing. Volkmar Sieh
5	**Inhalt**	• Grundlegende Konzepte der systemnahen Programmierung • Einführung in die Programmiersprache C (Unterschiede zu Java, Modulkonzept, Zeiger und Zeigerarithmetik) • Softwareentwicklung auf der nackten Hardware" (ATmega-µC) (Abbildung Speicher <> Sprachkonstrukte, Unterbrechungen (| interrupts|) und Nebenläufigkeit)

		• Softwareentwicklung auf einem Betriebssystem" (Linux) (Betriebssystem als Ausführungsumgebung für Programme) • Abstraktionen und Dienste eines Betriebssystems (Dateisysteme, Programme und Prozesse, Signale, Threads, Koordinierung)
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • erläutern die grundlegenden Elemente der Programmiersprache C: Datentypen, Operatoren, Ausdrücke, Kontrollstrukturen, Funktionen, Variablen, Präprozessor. • bewerten C im Vergleich zu Java im Bezug auf Syntax, Idiomatik und Philosophie. • nennen wesentliche Unterschiede der Softwareentwicklung für eine Mikrocontrollerplattform versus einer Betriebssystemplattform. • beschreiben die Funktionsweise von Zeigern. • beschreiben die Realisierung von Strings und Stringoperationen in C • verwenden spezifische Sprachmerkmale von C für die hardwarenahe Softwareentwicklung und den nebenläufigen Registerzugriff. • entwickeln einfache Programme in C für eine Mikrocontroller-Plattform (AVR ATmega) sowohl mit als auch ohne Bibliotheksunterstützung. • entwickeln einfache Programme für eine Betriebssystemplatform (Linux) unter Verwendung von POSIX Systemaufrufen. • erläutern Techniken der Abstraktion, funktionalen Dekomposition und Modularisierung in C. • beschreiben den Weg vom C-Programm zum ausführbaren Binärcode. • reproduzieren die grundlegende Funktionsweise eines Prozessors mit und ohne Unterbrechungsbearbeitung. • erläutern Varianten der Ereignisbehandlung auf eingebetteten Systemen. • verwenden Unterbrechungen und Energiesparzustände bei der Implementierung einfacher Steuergeräte. • erläutern dabei auftretende Synchronisationsprobleme (lost update, lost wakeup) und setzen geeignete Gegenmaßnahmen um. • beschreiben Grundzüge der Speicherverwaltung auf einer Mikrocontrollerplattform und einer Betriebssystemplattform (Stackaufbau, Speicherklassen, Segmente, Heap). • erläutern die Funktionsweise eines Dateisystems. • verwenden die grundlegende Ein-/Ausgabeoperationen aus der C-Standardbibliothek. • unterscheiden die Konzepte Programm und Prozess und nennen Prozesszustände. • verwenden grundlegende Prozessoperationen (fork, exec, signal) aus der C-Standardbibliothek.

		• erklären die Unterschiede zwischen Prozessen und Fäden und beschreiben Strategien zur Fadenimplementierung auf einem Betriebssystem. • erläutern Koordnierungsprobleme auf Prozess-/Fadenebene und grundlegende Synchronisationsabstraktionen (Semaphore, Mutex). • verwenden die POSIX Fadenabstraktionen zur Implementierung mehrfädiger Programme.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Grundlegende Kenntnisse der Programmierung (unabhängig von der Programmiersprache)
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 2 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Manfred Dausmann, Ulrich Bröckl, Dominic Schoop, et al. "C als erste Programmiersprache: Vom Einsteiger zum Fortgeschrittenen". Vieweg+Teubner, 2010. ISBN: 978-3834812216. Link • Brian W. Kernighan, Dennis M. Ritchie. "The C Programming Language". Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 1988. ISBN: 978-8120305960.

1	**Modulbezeichnung** 93181	**Grundlagen der Systemprogrammierung** Foundations of system programming	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: SP1-T01 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T02 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T03 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T04 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T05 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T06 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T07 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T08 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T09 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T10 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T11 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T12 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T13 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T14 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T15 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T16 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T17 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T18 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T19 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T20 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-T21 (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: SP1-Tutorenbesprechung (2 SWS)	2,5 ECTS
		Vorlesung: Systemprogrammierung 1 (2 SWS)	2,5 ECTS
3	Lehrende	Thomas Preisner Luis Gerhorst Tobias Häberlein Dr.-Ing. Jürgen Kleinöder Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Kapitza	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Schröder-Preikschat
5	**Inhalt**	• Grundlagen von Betriebssystemen (Adressräume, Speicher, Dateien, Prozesse, Koordinationsmittel; Betriebsarten, Einplanung, Einlastung, Virtualisierung, Nebenläufigkeit, Koordination/Synchronisation) • Abstraktionen/Funktionen UNIX-ähnlicher Betriebssysteme • Programmierung von Systemsoftware • C, Make, UNIX-Shell (Solaris, Linux, MacOS X)

6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erwerben Kenntnisse über Grundlagen von Betriebssystemen • verstehen Zusammenhänge, die die Ausführungen von Programmen in vielschichtig organisierten Rechensystemen ermöglichen • erlernen die Programmiersprache C • entwickeln Systemprogramme auf Basis der Systemaufrufschnittstelle UNIX-ähnlicher Betriebssysteme
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 2 Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlbereich 2 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur mit MultipleChoice (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Lehrbuch: Betriebssysteme Grundlagen, Entwurf, Implementierung, Wolfgang Schröder-Preikschat, 2008

1	**Modulbezeichnung** 93040	**Parallele und Funktionale Programmierung** Parallel and functional programming	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Intensivübungen zu Parallele und Funktionale Programmierung (2 SWS)	0 ECTS
3	Lehrende	David Schwarzbeck Dr.-Ing. Norbert Oster Prof. Dr. Michael Philippsen	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr.-Ing. Norbert Oster Prof. Dr. Michael Philippsen
5	**Inhalt**	• Grundlagen der funktionale Programmierung • Grundlagen der parallelen Programmierung • Datenstrukturen • Objektorientierung • Scala-Kenntnisse • Erweiterte JAVA-Kenntnisse • Aufwandsabschätzungen • Grundlegende Algorithmen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erlernen die Grundlagen der funktionalen Programmierung anhand der Programmiersprache Scala • verstehen paralleles Programmieren mit Java • kennen fundamentale Datenstrukturen und Algorithmen • können funktionale und parallele Algorithmen entwickeln und analysieren
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 2 Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlbereich 1 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 93080	**Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation** Foundations of computer architecture and computer organisation	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 1) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 2) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 3) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 4) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 5) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 6) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 7) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 8) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Übung: Übungen zu Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (PG 9) (2 SWS)	2,5 ECTS
		Vorlesung: Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation (2 SWS)	-
3	Lehrende	Tobias Baumeister Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	**Inhalt**	Ziel der Vorlesung ist, die Grundlagen beim Aufbau eines Rechners zu vermitteln. Dies beinhaltet die Grundkomponenten, wie das Leitwerk, das Rechenwerk, das Speicherwerk und das Ein-/Ausgabewerk. Ausgehend vom klassischen von Neumann-Rechner wird der Bogen bis zu den Architekturen moderner Rechner und Prozessoren geschlagen. Grundprinzipien der Ablaufstuerung bei der Berarbeitung von Befehlen werden ebenso behandelt wie Aufbau und Funktionsweise eines Caches und die Architektur von Speichern im Allgemeinen. Das Konzept der Mikroprogrammierung wird erläutert. Ferner wird der Einstieg in die hardwarenahe Programmierung moderner CPUs mittels Assembler vorgestellt und erprobt. Aufbau und Funktionsweise peripherer Einheiten und Bussysteme werden ebenfalls behandelt. Die Studierenden sollen am Ende der Vorlesung den Aufbau und die Funktionsweise der Architektur eines Rechners, z.B. eines PCs, und des darin enthaltenen Prozessors nicht nur kennen, sondern auch die Gründe für deren Zustandekommen verstanden haben.

6	**Lernziele und Kompetenzen**	Nach dem Besuch der Lehrveranstaltung kennen die Studierenden die Grundkomponenten eines Rechners, z. B. eines PCs, und können diese auch im Zusammenspiel als Gesamtsystem erklären, sowie die Eigenheiten verschiedener Architekturen diskutieren. Sie können die Funktionsweise von Grundkomponenten wie Leitwerk, Rechenwerk, Speicherwerk, Ein-/Ausgabewerk, Bussystemen, sowie peripherer Komponenten erläutern und in die Struktur eines Computerssystems einordnen. Sie kennen den Aufbau von Caches, bzw. von Speichern im Allgemeinen und verstehen die Funktionsweise der Ablaufstuerung, insbesondere in Bezug auf die Abarbeitung von Befehlen. Weiterhin können die Studierenden Konzepte der Mikroprogrammierung unterscheiden, sowie hardwarenahe Programme in Assembler verstehen, modifizieren und erstellen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 2 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A quantitative approach, 4.Auflage, 2006, MorganKaufmann. Patterson/Hennessy: Computer Organization & Design, 4.Auflage, 2008, MorganKaufmann. Stallings, Computer Organization & Architecture, 8.Auflage, 2009, Prentice Hall.

		Märtin, Rechnerarchitekturen, 2001, Fachbuchverlag Leipzig.

1	**Modulbezeichnung** 93078	**Einführung in Datenbanken für Wirtschaftsinformatik** Introduction to databases in business information systems	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Einführung in Datenbanken (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG1: Fr 16 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG2: Do 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG3: Di 08 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG4: Do 16 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG5: Mo 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG6: Do 08 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG7: Di 18 (3 SWS) Übung: Übung zu Einführung in Datenbanken - PG8: Mi 14 (3 SWS)	5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz Felix Hanika David Haller Tobias Bittner Alexander Seifert Fabian Nitschke Joshua Orendt	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Richard Lenz
5	**Inhalt**	Ziel des Moduls ist die Vermittlung von Kenntnissen zur systematischen und bedarfsorientierten Erstellung konzeptioneller Datenbankschemata sowie die relationale Datenbanksprache SQL. Darüber hinaus werden Grundkenntnisse zur Funktionsweise und zur Implementierung von Datenbankmanagementsystemen vermittelt, im Einzelnen: • Grundbegriffe von Datenbanken • Entity-Relationship Modell und erweitertes E/R-Modell • UML Klassendiagramme • Das Relationale Datenmodell • Systematische Abbildung von ER-Diagrammen auf Relationale Datenbankschemata • Normalisierung • Relationale Algebra • SQL • Multidimensionale Modellierung und Data Warehousing

		• Schichtenmodell zur Implementierung von Datenbanksystemen • Pufferverwaltung • Transaktionen • Andere Datenmodelle, No-SQL Systeme • Ontologien, Semantic Web, RDF, SPARQL
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • Können die zentralen Begriffe aus der Datenbankfachliteratur definieren • Erstellen ER-Diagramme und erweiterte ER Diagramme • Können ER-Diagramme systematisch in geeignete relationale Datenbankschemata überführen • Definieren die Normalformen 1NF, 2NF, 3NF, BCNF und 4NF • Können ein nicht normalisiertes Relationenschema in 3NF überführen • Erstellen Anfragen auf der Basis der Relationalen Algebra • Erstellen Datenbankschemata mit Hilfe der SQL DDL • Erstellen Datenbankanfragen mit SQL • Erstellen multidimensionale ER-Diagramme und bilden diese auf Star- oder Snowflake-Schemata ab • Erklären die Funktionsweise von Datenbankpuffern • Erklären die ACID Eigenschaften von Transaktionen • Erklären die Funktionsweise des Zwei-Phasen-Freigabe-Protokolls • Erläutern die Funktionsweise des Zwei-Phasen-Sperr-Protokolls • Beschreiben und vergleichen verschiedene Datenmodelle
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul 2 Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlbereich 1 Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur mit MultipleChoice (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

Theoretische Mathematik

1	**Modulbezeichnung** 65311	**Algebra**	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	**Inhalt**	• Gruppentheorie: Untergruppen, Quotienten, Operationen von Gruppen, endlich erzeugte abelsche Gruppen • Ringtheorie: Ideale, Quotienten, Polynomringe, maximale Ideale, • Irreduzibilität • Elementare Zahlentheorie: Restklassenringe, Eulersche phi-Funktion, Chinesischer Restsatz, quadratisches Reziprozitätsgesetz Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erklären algebraische Strukturen anhand von Gruppen, Ringen und Körpern und verwenden diese; • behandeln auch komplexe Symmetrien mittels Gruppentheorie selbständig; • lösen geometrische und zahlentheoretische Probleme mittels Ringtheorie und Zahlentheorie; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Module Lineare Algebra I und II
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur mit Übungsleistung Dauer Klausur: 120 min Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur mit Übungsleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• M. Artin: Algebra • Fischer: Algebra • N. Jacobson: Basic Algebra I, II + Skript • S. Lang: Algebra

1	**Modulbezeichnung** 65074	**Algebraische Kurven für Bachelor/Lehramt** Algebraic curves for Bachelor's/teacher training programs	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert
5	**Inhalt**	• Grundbegriffe der Algebraischen Geometrie • Nichtsinguläre Kurven • Divisoren • Differentialformen • Satz von Riemann-Roch • Kurven vom Geschlecht 1 • Rationale Abbildungen zwischen Kurven • Hyperelliptische Kurven • Anwendungen in Kryptographie und Zahlentheorie Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären und verwenden grundlegende Begriffe aus der Theorie der algebraischen Kurven, • setzen geeignete Software ein um praktisch mit algebraischen Kurven umzugehen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	solide Grundkenntnisse der Algebra und Körpertheorie
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zum Modul

1	**Modulbezeichnung** 65973	**Analytische Zahlentheorie** Analytic number theory	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Analytische Zahlentheorie (6 SWS)	10 ECTS
3	Lehrende		

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert
5	**Inhalt**	• Grundlegende Fragestellungen der Analytischen Zahlentheorie • Abschätzungen mit elementaren Methoden, partielle Summation • Dirichlet-Reihen und der Primzahlsatz • Dirchlet-L-Reihen und der Dirichletsche Primzahlsatz Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden erklären und verwenden grundlegende Begriffe der Analytischen Zahlentheorie. Sie wenden Methoden der Analysis und Funktionentheorie auf zahlentheoretische Fragestellungen an.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Grundkenntnisse der Analysis, Algebra und Funktionentheorie
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min.
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Vorlesungsskript zum Modul

1	**Modulbezeichnung** 65886	**Approximationstheorie** Approximation theory	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	PD Dr. Cornelia Schneider
5	**Inhalt**	Einführung in die klassische Approximationstheorie: z.B. • Satz von Weierstraß (Bernstein Polynome, Verallgemeinerungen) • Approximation periodischer Funktionen (Fejér Kerne, Fourier-Reihen) • Bestapproximation (Existenz und Eindeutigkeit in normierten Räumen), algebraische Polynome, Charaktierisierungssatz von Kolmogorov, orthogonale Projektionen in Hilberträumen • Approximationsraten und Funktionenräume, Stetigkeitsmoduli, Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ, Approximationsräume
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden sollen die Relevanz • der Approximationstheorie (als Teilgebiet der Analysis) für praktische Probleme erkennen und sich Kenntnisse über die Grundprinzipien von Approximation aneignen • erfahren, wie Methoden aus Analysis (Funktionalanalysis), Linearer Algebra und Numerik in der Approximationstheorie zusammenwirken • Kenntnisse aus Basis und Aufbaumodulen neu bewerten • die Beziehungen der Approximationstheorie zu anderen Bereichen der Mathematik und zu anderen Wissenschaften erkennen • mathematische Arbeitsweisen einüben (Entwickeln von mathematischer Intuition und deren formaler Begründung, Schulung des Abstraktionsvermögens, Beweisführung) in den Übungen ihre mündliche Kommunikationsfähigkeit durch Einüben der freien Rede vor Publikum und bei der Diskussion verbessern
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlpflichtmodul in • B.Sc. Bachelor Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik) • B.Sc. Technomathematik (Numerische Mathematik, Modellierung und Optimierung)

		• B.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) • M. Sc. Mathematik (Studienrichtungen “Analysis und Stochastik”, “Modellierung, Simulation und Optimierung”) • M.Sc. Computational and Applied Mathematics (Studienrichtung “Modellierung und Simulation”) • M.Sc. Wirschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) Freies Wahlmodul in - M.Sc. CAM - M.Sc. Data Science
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche) Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (30 min)
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (100%) Klausur oder mündliche Prüfung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• B. Carl und I. Stephani: Entropy, compactness, and the approximation of operators, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1990). • R.A. DeVore und G.G. Lorentz: Constructive Approximation, Springer, Berlin, 1993. • G.G. Lorentz: Approximation of functions, 2. Auflage, Chelsea, New York (1986). • M.W. Müller: Approximationstheorie, Studientexte Mathematik, Akad. Verlagsgesellsch. Wiesbaden (1978. • A. Schönhage: Approximationstheorie, De Gruyter, Berlin (1971).

1	**Modulbezeichnung** 65913	**Curves and surfaces**	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Kang Li
5	**Inhalt**	In this lecture, we cover theoretical aspects and solution strategies for difficult integer and mixed-integer optimization problems. First, we show the equivalence between separation and optimization. Then, we present solution strategies for large-scale optimization problems, e.g., decomposition methods and approximation algorithms. Finally, we deal with conditions for the existence of integer polyhedra. We also discuss applications for example from the fields of engineering, finance, energy or public transport.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Students • use basic terms of discrete optimization • model real-world discrete optimization problems, determine their complexity and solve them with appropriate mathematical methods.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Recommended: Knowledge in linear and combinatorial optimization, discrete optimization I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (20 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Lecture notes Bertsimas, Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, 2005 Conforti, Cornuéjols, Zambelli: Integer Programming, Springer 2014

		Nemhauser, Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley 1994 Schrijver: Combinatorial optimization Vol. A ? C, Springer 2003 Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986 Wolsey: Integer Programming, Wiley, 2021

1	**Modulbezeichnung** 65938	**Distributionen, Sobolevräume und elliptische Differentialgleichungen** Distributions, Sobolev spaces and elliptical differential equations	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	PD Dr. Cornelia Schneider
5	**Inhalt**	Distributionentheorie: • Testfunktionen, Distributionen und deren Eigenschaften • Fouriertransformation • Sobolevräume • Randwerte, Sobolevsche Einbettungssätze • Äquivalente Normen, Ungleichungen • Elliptische Differentialgleichungen: • Randwertprobleme • A-priori-Abschätzungen • L_2 Theorie für den Laplace Operator
6	**Lernziele und Kompetenzen**	• Einführung in die Theorie der Distributionen und deren Anwendungen • Erweiterung der Kenntnisse der Analysis Kennenlernen von modernen Methoden und Hilfsmitteln (zum Lösen partiellen Differentialgleichungen)
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%) Dauer der mündlichen Prüfung: 15 min
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• R.A. Adams, J.J.F. Fournier, Sobolev spaces, Pure and Applied Mathematics 140, Elsevier, Academic Press (2003). • D.D. Haroske, H. Triebel, Distributions, Sobolev spaces, Elliptic equations. European Math. Soc., Zurich, 2008.

		• H. Triebel, Higher Analysis, J.A. Barth, Leipzig, 1992.

1	**Modulbezeichnung** 65083	**Efficient discretization of two-phase flow**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Stefan Metzger
5	**Inhalt**	Based on recent scientific publications, different discretization approaches for two-phase flow are discussed.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Students • can use original literature to familiarise themselves with a current research topic, • can structure the content acquired both verbally and in writing and make their own contributions to its presentation and/or substance, • learn scientific content on the basis of academic lectures and actively discuss it at a plenary session, • learn to compare different discretization methods regarding their specific advantages and disadvantages.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Recommended: Numerics of Partial Differential Equations I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 7
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Vortrag (60 Min) + schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Depending on topic. Will be published on StudOn at the beginning of the semester.

1	**Modulbezeichnung** 65070	**Einführung in die Darstellungstheorie** Introduction to representation theory	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Einführung in die Darstellungstheorie (4 SWS) Übung: Tafelübung Einführung in die Darstellungstheorie (2 SWS) Übung: Tafelübung zu Einführung in die Darstellungstheorie (2 SWS) Übung: Übungen zu Einführung in die Darstellungstheorie (2 SWS)	7 ECTS 2 ECTS 2 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Peter Fiebig	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	**Inhalt**	• Darstellungen endlicher Gruppen • Module über Ringen • Halbeinfache Ringe • Kategorien und Funktoren • Anwendungen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erläutern die grundlegenden Begriffe der Darstellungstheorie anhand beispielhaft ausgewählter Kapitel und erkennen und erklären deren Zusammenhänge; • ordnen Methoden aus der Algebra in einen übergreifenden Kontext ein und wenden diese an; • analysieren und bewerten algebraische Strukturen und erkennen Zusammenhänge; • klassifizieren und lösen selbstständig algebraische Probleme
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Modul Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung mündlich (20 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• C. Meusburger, Vorlesungsskript "Einführung in die Darstellungstheorie" • S. Sternberg, "Group Theory and Physics", CUP 1994 • M. Artin, "Algebra", Pearson, 2011.

1	**Modulbezeichnung** 65881	**Einführung in die gewöhnlichen Differentialgleichungen** Introduction to ordinary differential equations	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Einführung in die gewöhnlichen Differentialgleichungen (2 SWS) Übung: Übungen zu Einführung in die gewöhnlichen Differentialgleichungen (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Emil Wiedemann	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes
5	**Inhalt**	Grundlagen zu folgenden Themen: • Typen von Differentialgleichungen und elementare Lösungsmethoden • Existenz-, Eindeutigkeits- und Stetigkeitssätze für das Anfangswertproblem • Differentialungleichungen (Lemma von Gronwall) • Fortsetzung von Lösungen • lineare und gestörte lineare Systeme • Stabilität Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • lösen einfache, insbesondere autonome lineare Differentialgleichungen selbständig • erklären und prüfen qualitative Eigenschaften wie Stabilität • wenden die relevanten Lösungsmethoden selbstständig an • klassifizieren konkrete Probleme und setzen theoretische Modelle zur Behandlung ein • überführen die Prinzipien in allgemeineren oder auch einfacheren Kontext
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis 1 und 2, Lineare Algebra 1 und 2
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskripte zu diesem Modul • H. Amann: Gewöhnliche Differentialgleichungen. de Gruyter • V.I. Arnol'd: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Springer • H. Heuser: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Teubner • W. Walter: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Springer

1	**Modulbezeichnung** 65110	**Funktionalanalysis** Functional analysis	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Funktionalanalysis I (4 SWS) Übung: Übung zur Funktionalanalysis I (2 SWS)	10 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Carsten Gräser	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Günther Grün
5	**Inhalt**	Grundlagen zu folgenden Themen: • Hilbert- und Banach-Räume • Sobolev-Räume • Lineare Operatoren • Lineare Funktionale und der Satz von Hahn-Banach • Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit • Kompakte Operatoren • Lösbarkeit linearer Gleichungen (inklusive Fredholm'sche Alternative) • Spektraltheorie kompakter Operatoren und Anwendungen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erklären die Grundprinzipien der linearen Funktionalanalysis und verwenden diese; • kennen und erklären die Topologien von Hilbert- und Banachräumen, weisen Konvergenz von Folgen in unterschiedlichen Topologien nach (stark, schwach) und zeigen Implikationen aus kompakten Einbettungen auf; • beweisen Aussagen zu Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen linearer Operatorgleichungen und zeigen insbesondere die Existenz schwacher Lösungen zu Randwertproblemen bei linearen elliptischen Differentialgleichungen; • treffen Aussagen zur Integrierbarkeit bzw. Glattheit von Sobolev-Funktionen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Drei der vier Module Lineare Algebra I und II, Analysis I und II müssen bestanden sein.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (20 Minuten) Übungsleistung Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)

11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskripte zu diesem Modul • H.W. Alt: Lineare Funktionalanalysis; Springer • D. Werner: Funktionalanalysis; Springer

1	**Modulbezeichnung** 65927	**Funktionalanalysis II** Function analysis II	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes
5	**Inhalt**	Ausgewählte vertiefende Kapitel der Funktionalanalysis,z. B. Spektraltheorie, Indextheorie, unbeschränkte Operatoren, Fixpunktsätze von Brouwer und Schauder, monotone Operatoren, selbstadjungierte Erweiterungen, Halbgruppen, Anwendungen in der Festkörperphysik oder bei nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden nennen und erklären vertiefte Aussagen und Techniken aus der Funktionalanalysis und ihrer Anwendungen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Funktionalanalysis I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Bücher von Lax, Reed-Simon, Showalter, Ruzicka, Alt, Brezis, Werner mit Titel Funktionalanalysis

1	**Modulbezeichnung** 65351	**Funktionentheorie I** Complex analysis I	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Funktionentheorie (2 SWS) Übung: Übungen zur Funktionentheorie I (2 SWS)	3 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Lea Boßmann	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes
5	**Inhalt**	Grundlagen zu folgenden Themen: • Holomorphe Abbildungen • Cauchy-Riemann'sche Differentialgleichungen • Wegintegrale und der Cauchy'sche Integralsatz • Satz von Liouville • Laurent-Reihen • Residuenkalkül Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären die Grundprinzipien der Funktionentheorie und wenden diese an; • erkennen die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen reell und komplex differenzierbaren Funktionen und erklären diese; • wenden komplex-analytische Methoden zur Lösung von Problemen der reellen Analysis selbständig an.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis I und II
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur mit Übungsleistung Dauer Klausur: 90 min Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur mit Übungsleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Freitag, Busam: Funktionentheorie I

		• Remmert: Funktionentheorie

1	**Modulbezeichnung** 65087	**Funktionentheorie II** Complex analysis II	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb
5	**Inhalt**	Behandelt werden folgende Themen: • Null- und Polstellenzählende Integrale • Folgen holomorpher Funktionen • Partialbruchentwicklung -Satz von Mittag-Leffler • Unendliche Produkte Satz von Weierstraß • Riemannscher Abbildungssatz • Riemannsche Zetafunktion Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt in den Übungen.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erlernen die zentralen Techniken der Funktionentheorie und wenden diese an; • erkennen die besonderen Phänomene im Komplexen und erklären diese; • wenden komplex-analytische Methoden zum Studium konkreter Funktionen selbstständig an.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Funktionentheorie I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (15 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Skript zur Funktionentheorie II • Freitag, Busam: Funktionentheorie • Remmer: Funktionentheorie

1	**Modulbezeichnung** 65621	**Geometrie** Geometry	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Geometrie (2 SWS) Übung: Übungen zur Geometrie (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Timm Oertel	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	**Inhalt**	Dieses Modul wird mit wechselnden Schwerpunkten angeboten: • Euklidische, hyperbolische, sphärische und projektive Geometrie (Symmetriegruppen geometrischer Strukturen, Invarianten, Geodäten, Dreiecke, Krümmung) • Elementare Differentialgeometrie: Kurventheorie (ebene Kurven, Raumkurven), Flächentheorie (Fundamentalformen, Krümmung, Integration, spezielle Klassen, Riemannsche Metriken) • Algebraische Geometrie: Kommutative Algebra, Nullstellensatz, Affine Varietäten, Projektive Varietäten, Normalisierung, Singularitäten, Algebraische Gruppen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • wenden Methoden einer der Vertiefungsrichtungen der Geometrie an; • analysieren konkrete Beispiele systematisch und behandeln diese im Rahmen der allgemeinen Theorie.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Die Module der Linearen Algebra, Analysis und Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur mit Übungsleistung
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur mit Übungsleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Bekanntgabe in der Vorlesung

1	**Modulbezeichnung** 65976	**Geometrie von Mannigfaltigkeiten** Geometry of manifolds	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb
5	**Inhalt**	Eine Auswahl aus den folgenden Themen: • Mannigfaltigkeiten (Tangentialvektoren, Vektorfelder, Flüsse) • Vektorbündel (Tensorbündel und (Semi-)Riemannsche Strukturen) • Differentialformen (Orientierung, Integration) • Affine Zusammenhänge (Paralleltransport, Krümmung) • Geodäten (Distanz, Jacobi Vektorfelder) • Einführung in der geometrischen Analysis • Symplektische und Poisson-Strukturen • Liegruppen und glatte Wirkungen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erklären die grundlegende Theorie der Mannigfaltigkeiten und ihrer Struktur, • erkennen und verwenden zusätzliche geometrische Strukturen auf Mannigfaltigkeiten wie zum Beispiel affine Zusammenhänge, Riemannsche Metriken oder symplektische Formen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Grundkenntnisse in Topologie, Analysis und Gewöhnliche Differentialgleichungen
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• S. Lang: "Differential and Riemannian manifolds" • J.M. Lee: "Introduction to Riemannian Manifolds" • R.L. Bishop and R.J. Crittenden, "Geometry of manifolds"

		• F. Warner: "Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups"

1	**Modulbezeichnung** 65944	**Geometrische Maßtheorie I** Geometric measure theory I	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Manuel Friedrich
5	**Inhalt**	• Grundlagen der Maßtheorie • Hausdorff-Maß • Obere und untere Dichte, Dichteabschätzungen • Der Darstellungssatz von Riesz • Schwache Konvergenz von Radon-Maßen • Der Satz von Lebesgue-Radon-Nikodym • Differentiationssatz von Lebesgue • Lipschitz-Funktionen, der Satz von Rademacher • Flächen- und Koflächenformel im Lipschitz Kontext • Rektifizierbare Mengen, approximativer Tangentialraum • Rektifizierbare Varifaltigkeiten Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden erarbeiten sich die grundlegenden Konzepte der Geometrischen Maßtheorie. Ziel ist das tiefere Verständnis der Kategorie der Lipschitz Funktionen und den daraus konstruierten rektifizierbaren Mengen bzw. Varifaltigkeiten, die in der Variationsrechnung eine zentrale Rolle spielen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Maß- und Integrationstheorie
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	• H. Federer, Geometric Measure Theory, Springer 1996 • L. Simon, Introduction to Geometric Measure Theory, ANU 1983

		• P. Mattila, Geometry of Sets and Measures in Euclidean spaces, Cambridge University Press 1999 • L.C. Evans, R.F. Gariepy, Measure Theory and Fine Properties of Functions, CRC Press 1991

1	**Modulbezeichnung** 65100	**Gewöhnliche Differentialgleichungen** Ordinary differential equations	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes
5	**Inhalt**	Grundlagen zu folgenden Themen: • Typen von Differentialgleichungen und elementare Lösungsmethoden • Existenz-, Eindeutigkeits- und Stetigkeitssätze für das Anfangswertproblem • Differentialungleichungen (Lemma von Gronwall) • Fortsetzung von Lösungen • lineare und gestörte lineare Systeme • autonome Systeme und Flüsse • Stabilität • Randwertprobleme Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • lösen einfache, insbesondere autonome lineare Differentialgleichungen selbständig • erklären und prüfen qualitative Eigenschaften wie Stabilität • wenden die relevanten Lösungsmethoden selbstständig an • klassifizieren konkrete Probleme und setzen theoretische Modelle zur Behandlung ein • überführen die Prinzipien in allgemeineren oder auch einfacheren Kontext
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis 1 und 2
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) Übungsleistung Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h

14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskripte zu diesem Modul • H. Amann: Gewöhnliche Differentialgleichungen. de Gruyter • V.I. Arnol'd: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Springer • H. Heuser: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Teubner • W. Walter: Gewöhnliche Differentialgleichungen. Springer

1	**Modulbezeichnung** 65099	**Introduction to abstract harmonic analysis**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Kang Li
5	**Inhalt**	• Haar Integration on Locally Compact Groups • The Fourier Transform • Duality for Abelian Groups • Plancherel Theorem • Pontryagin Duality • The Structure of LCA-Groups • The Peter-Weyl Theorem for Compact Groups • Stone-von Neumann Theorem
6	**Lernziele und Kompetenzen**	After following this course, the student (1) knows the integration on locally compact groups; (2) has acquired insight in the elementary theory on duality for abelian groups and compact groups; (3) can illustrate the various concepts and results treated in this course with relevant examples; (4) has gained basic intuition about unitary dual and is able to verify intuitive conjectures by giving either rigorous proofs or counterexamples; (5) -> is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Knowledge of set theoretic topology, Lebesgue integration, and functional analysis on an introductory level.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 15 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Principles of Harmonic Analysis-Springer International Publishing (2014), Second Edition by Anton Deitmar and Siegfried Echterhoff

1	**Modulbezeichnung** 65943	**Kommutative Algebra** Commutative algebra	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	**Inhalt**	• Kommutative Ringe • Module kommutativer Ringe • [weitere Themen nach Interesse] Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären und verwenden die grundlegenden Begriffe und Methoden der kommutativen Algebra • liefern Beispiele, die wichtige Definitionen und Sätze der kommutativen Algebra veranschaulichen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Grundkenntnisse in Algebra und Körpertheorie
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 240 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Atiyah, M. F.; Macdonald, I. G. Introduction to commutative algebra. Addison-Wesley Publishing Co., Reading, Mass.-London-Don Mills, Ont. 1969 ix+128 pp. • Eisenbud, David Commutative algebra. With a view toward algebraic geometry. Graduate Texts in Mathematics, 150. Springer-Verlag, New York, 1995. xvi+785 pp. ISBN: 0-387-94268-8; 0-387-94269-6 • Matsumura, Hideyuki Commutative algebra. Second edition. Mathematics Lecture Note Series, 56. Benjamin/Cummings Publishing Co., Inc., Reading, Mass., 1980. xv+313 pp. ISBN: 0-8053-7026-9

1	**Modulbezeichnung** 65612	**Körpertheorie** Algebraic theory of fields	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zur Körpertheorie (2 SWS) Vorlesung: Körpertheorie (2 SWS)	2 ECTS 3 ECTS
3	Lehrende	Dr. Bart van Steirteghem	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	**Inhalt**	• Körpererweiterungen • Konstruktionen mit Zirkel und Lineal • Galoiskorrespondenz • Auflösbarkeit von Gleichungen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen die grundlegenden Begriffe der Erweiterungstheorie von Körpern erkennen die Zusammenhänge zwischen ihnen und erklären diese; • wenden das erlernte Fachwissen auf klassische mathematische Probleme selbständig an und arbeiten mit Galoiskorrespondenzen; • analysieren und bewerten algebraische Strukturen und erkennen Zusammenhänge
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Modul Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zu diesem Modul • Lang: Algebra • Artin: Galois Theory

1	**Modulbezeichnung** 65979	**Kryptographie I** Cryptography I	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert
5	**Inhalt**	• Einführung in die Kryptographie • Klassische Chiffrierverfahren • Grundeigenschaften der Ringe Z und Z/nZ • Primzahltests • Public-Key-Kryptosysteme RSA • Die Pollard-rho-Methode zur Faktorisierung • Kryptographische Anwendungen diskreter Logarithmen • Kryptographische Hashfunktionen • Digitale Signaturen • Methoden zur Berechnung diskreter Logarithmen • Enigma Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären wichtige kryptographische Verfahren und wenden diese praktisch an • nützen Software wie Maple, Python3 oder Sage zur Ver- und Entschlüsselung sowie zur Kryptoanalyse • erläutern wichtige zahlentheoretische Algorithmen, ihre theoretischen Hintergründe und ihre Funktion bei der Konstruktion von Public-Key-Kryptosystemen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und Lineare Algebra I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h

14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zum Modul • J. Buchmann: Einführung in die Kryptographie • J. Hoffstein, J. Pipher, J. H. Silvermann: An Introduction to Mathematical Cryptography

1	**Modulbezeichnung** 65980	**Kryptographie II** Cryptography II	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Kryptographie II (6 SWS)	10 ECTS
3	Lehrende	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert
5	**Inhalt**	Die Vorlesung wird mit wechselnden Schwerpunkten angeboten, wobei jeweils ein spezielles zahlentheoretisches Gebiet (wie elliptische Kurven, quadratische Zahlkörper, Gitter) die Grundlage für kryptographische Anwendungen bildet. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären fortgeschrittene kryptographische Verfahren und ihre mathematischen Hintergründe • setzen geeignete Software zum praktischen Umgang mit den besprochenen Kryptosystemen ein
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Kryptographie I • Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Vorlesungsskript zum Modul

1	**Modulbezeichnung** 65981	**Lie-Algebren** Lie algebras	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	**Inhalt**	Grundlagen zu folgenden Themen: • Definition einer Lie-Algebra, • Definition von Darstellungen • Nilpotente und auflösbare Lie-Algebren • Halbeinfache Lie-Algebren • Wurzelsysteme und die Klassifikation halbeinfacher Lie-Algebren • Charakterformeln Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären und verwenden die grundlegenden Begriffe in der Struktur- und Darstellungstheorie von Lie-Algebren. • Insbesondere erläutern sie beispielhaft Klassifikationsprinzipien in der Mathematik.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Grundkenntnisse in Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zu diesem Modul • J. Humphreys: Introduction to Lie algebras and representation theory, Springer

1	**Modulbezeichnung** 720057	**Lie-Gruppen** Lie groups	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb
5	**Inhalt**	• Lie-Algebra einer Lie-Gruppe, Exponentialfunktion • Abgeschlossene Untergruppen, Quotienten, homogene Räume • Überlagerungen von Lie-Gruppen, Strukturtheorie, Integrationsprobleme • Elementare Anwendungen in der Darstellungstheorie Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt in den Uebungen.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden verwenden die grundlegenden Methoden der Lie'schen Gruppentheorie und insbesondere den Übersetzungsmechanismus von Lie-Algebra zur Gruppe mittels der Exponentialfunktion. Sie ordnen Methoden aus den Bereichen Algebra, Geometrie und Analysis in einen übergreifenden Kontext ein und wenden sie dort an.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Grundkenntnisse über Mannigfaltigkeiten (Vektorfelder, Flüsse), • Grundkenntnisse in Topologie (Bogenzusammenhang, Überlagerungen)
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch oder Englisch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zu diesem Modul • Hilgert/Neeb, Structure and Geometry of Lie Groups

1	**Modulbezeichnung** 65073	**Mengentheoretische Topologie und elementare Homotopietheorie** Set-theoretic topology and elementary homotopy theory	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Cathérine Meusburger
5	**Inhalt**	• Stetige Funktionen, Zusammenhang, Trennungsaxiome • Erzeugung und Konstruktion von Topologien (initiale, finale, Quotienten, Pullbacks und Pushouts etc.) • Kompaktheit (Satz von Tychonov, kompakte metrische Räume, lokalkompakte Räume) • Grundbegriffe Kategorien und Funktoren • Fundamentalgruppen • Satz von Seifert und van Kampen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • wenden die Methoden der allgemeinen Topologie an, die in den Grundvorlesungen nur am Rande vorkommt • ordnen die topologischen Grundbegriffe in einen größeren Kontext ein und verbinden sie mit anderen Teilgebieten der Mathematik • erklären und verwenden wichtige Resultate, die in vielen Bereichen der Mathematik zum Handwerkzeug gehören.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und II sowie Lineare Algebra I und II
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (20 Minuten) Übungsleistung Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%) Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zu diesem Modul • Laures, Syzmik: Grundkurs Topologie

		• Skript auf StudOn bereitgestellt und auch unter www.studium.math.fau.de/lehrveranstaltungen/skripten.html

1	**Modulbezeichnung** 65123	**Partielle Differentialgleichungen I** Partial differential equations I	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Günther Grün
5	**Inhalt**	• schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung • Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) • Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über Anwendungsbereiche von PDGen. Sie verwenden einfache explizite Lösungsmethoden und nutzen klassische und schwache Zugänge zu Existenzresultaten
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min.
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 • L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997 • D. Gilbarg, N. S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983 • Vorlesungsskriptum

1	**Modulbezeichnung** 282073	**Reading Course in Spectral Theory** Reading course in spectral theory	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes
5	**Inhalt**	Aktuelle wissenschaftliche Ergebnisse im Umfeld der Spektraltheorie und nicht-kommutativer Geometrie. Der Inhalt wird jeweils neuesten Entwicklungen angepasst. Die Studenten erarbeiten gemeinsam mit dem Dozenten neue wissenschaftliche Literatur zur Spektraltheorie
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • arbeiten mit neuer wissenschaftlicher Literatur auf einem Spezialgebiet; • verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren mathematische Sachverhalte und diskutieren diese kritisch. • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung (15 Minuten) Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	werden zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben.

1	**Modulbezeichnung** 65097	**Seminar Approximationstheorie** Seminar Approximation Theory	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	PD Dr. Cornelia Schneider
5	**Inhalt**	Ausgewählte Kapitel im Bereich der klassischen und modernen Approximationstheorie: z.B. • Satz von Stone-Weierstrass, Satz von Korovkin, Müntz-Sätze, Haarscher Eindeutigkeitssatz, Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ • Approximation mit Splines und Wavelets, Entropie, Approximations- und Kolmogorovzahlen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • arbeiten selbständig mit Literatur auf einem Spezialgebiet; • verwenden Präsentations- und Kommunikationstechniken, präsentieren mathematische Sachverhalte und diskutieren diese; • tauschen sich untereinander und mit dem Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen aus.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• B. Carl und I. Stephani: Entropy, compactness, and the approximation of operators, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1990). • R.A. DeVore und G.G. Lorentz: Constructive Approximation, Springer, Berlin, 1993.

		• G.G. Lorentz: Approximation of functions, 2. Auflage, Chelsea, New York (1986). • M.W. Müller: Approximationstheorie, Studientexte Mathematik, Akad. Verlagsgesellsch. Wiesbaden (1978) • A. Schönhage: Approximationstheorie, De Gruyter, Berlin (1971). • Originalliteratur.

1	**Modulbezeichnung** 65871	**Seminar für Drittsemester Mathematik** Seminar for third-semester mathematics students	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. Anwesenheitspflicht mit aktiver Teilnahme an den Vorträgen der anderen TeilnehmerInnen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Gandalf Lechner
5	**Inhalt**	Dieses Seminar wendet sich an alle interessierten Studierenden, die die Grundvorlesungen (Analysis 1+2, Lineare Algebra 1+2) erfolgreich absolviert haben, weitere Voraussetzungen bestehen nicht. Insbesondere ist das Seminar für Drittsemester geeignet. Ziel ist es, schon recht früh im Studium selbstständig bzw. in Kleingruppen ein mathematisches Thema zu erarbeiten und zu üben, es in einem Vortrag angemessen darzustellen und ein entsprechendes Handout zu erstellen. Einerseits lernen Sie dabei eine Vielzahl von mathematischen Themen kennen, die die Inhalte der Grundvorlesungen ergänzen und vertiefen, und andererseits trainieren Sie, mathematische Inhalte effektiv zu kommunizieren, vor einer Gruppe frei zu sprechen, und überhaupt einen strukturierten Vortrag zu halten. Statt in einer Vorlesung zu sitzen und zuzuhören, können und sollen Sie hier das Seminar aktiv gestalten. Ein wichtiges Element der Vorträge bildet die Diskussion mit dem Publikum, bei dem der/die Sprecher/in Fragen beantwortet (oder stellt). Eine Liste von möglichen Themen, aus denen die TeilnehmerInnen wählen können, wird rechtzeitig bereitgestellt. Einige denkbare Beispiele sind: Tschebyschow-Polynome, die Newtonsche Differentialgleichung und konservative Kraftfelder, Unmögliche Kachelungen, Spektralsatz für endlichdimensionale normale Endomorphismen, Quaternionen, das Banach-Tarski Paradoxon.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	• Vertiefung und Ergänzung von zu den Grundvorlesungen (Analysis- und Lineare Algebra Zyklus) passenden Themen. • Selbstständiges Erarbeiten eines zugänglichen neuen mathematischen Themas. • Erfahrung mit freien Vorträgen sammeln, mathematische Kommunikationskompetenzen verbessern. • Training im Schreiben eines mathematischen Textes (Handout)
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Analysis 1+2, Lineare Algebra 1+2
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3

9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 42 h Eigenstudium: 108 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	
16	**Literaturhinweise**	Passende Literatur variiert von Thema zu Thema.

1	**Modulbezeichnung** 65077	**Spektraltheorie** Spectral theory	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Gandalf Lechner
5	**Inhalt**	In diesem Modul werden in Vorlesungen und interaktiven Übungen die wesentlichen Eigenschaften der Spektraltheorie von beschränkten und unbeschränkten Operatoren auf Hilberträumen studiert. Neben der allgemeinen Theorie (Definitionsbereiche, Adjungierte, Abschließbarkeit, Selbstadjungiertheit, Spektralsatz, messbarer Kalkül) werden wichtige Anwendungen besprochen, insbesondere der Satz von Stone und Grundzüge der Streutheorie. Die Übungen stellen einen wesentlichen Teil der Veranstaltung dar und dienen zur Präsentation/Diskussion von Übungsaufgaben und Fragen sowie dem Erläutern von weiteren Anwendungen z.B. in der theoretischen Quantenphysik.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erklären die Grundprinzipien der Spektraltheorie von Operatoren auf Hilberträumen • können die erlernten Konzepte mit relevanten Beispielen illustrieren • demonstrieren Vertrautheit mit Anwendungen dieser Theorie auf unitäre Einparametergruppen (Stone, Streutheorie) • sind in der Lage, Lösungen von Übungsaufgaben an der Tafel zu erklären
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Funktionalanalysis I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (20 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch oder Englisch

16	**Literaturhinweise**	Bücher von Reed-Simon, Werner. Eine genaue Liste von Büchern wird in der Vorlesung bekanntgegeben.

1	**Modulbezeichnung** 65868	**Topics in Topology** Topics in topology	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Kang Li
5	**Inhalt**	Topics in Topology such as 1) The Nagata–Smirnov metrization theorem 2) Compactifications (including Stone–Čech compactification) 3) Topological groups (connection with group theory and measure theory) 4) Local fields (connection with field theory) 5) Stone–Weierstrass theorem (connection with functional analysis) 6) Topological dimension theory 7) The imbedding theorem 8) The fundamental group of Sn
6	**Lernziele und Kompetenzen**	After following this seminar, the student • knows different topics in topology; • has acquired deep insight on one specific topic in topology; • can illustrate the various concepts and results treated in this seminar with relevant examples; • is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to topology, independently using the literature; • has practiced presentations on mathematics.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Knowledge of set theoretic topology.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung talk (60 Min) und written elaboration (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch

16	**Literaturhinweise**	Topology, James Munkres, Pearson Education Limited 2014

1	**Modulbezeichnung** 65080	**Topologie** Topology	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb
5	**Inhalt**	• Stetige Funktionen, Zusammenhang, Trennungsaxiome • Erzeugung von Topologien (initiale, finale, Quotienten etc.) • Konvergenz in topologischen Räumen (Filter, Netze) • Kompaktheit (Satz von Tychonov, kompakte metrische Räume, lokalkompakte Räume) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Übungen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • wenden die Methoden der allgemeinen Topologie, die in den Grundvorlesungen nur am Rande vorkommen, an; • ordnen die topologischen Grundbegriffe in einen größeren Kontext ein
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und II
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (60 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zu diesem Modul

1	**Modulbezeichnung** 65063	**Topologie und Anwendungen** Topology and applications	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karl Hermann Neeb
5	**Inhalt**	• Stetige Funktionen, Zusammenhang, Trennungsaxiome • Erzeugung von Topologien (initiale, finale, Quotienten etc.) • Konvergenz in topologischen Räumen (Filterkonvergenz, Netze) • Kompaktheit (Satz von Tychonov, kompakte metrische Räume, lokalkompakte Räume) • Überlagerungen • Anwendung auf Funktionenräume (Satz von Stone-Weierstraß, Satz von Ascoli) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Übungen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • wenden die Methoden der allgemeinen Topologie, die in den Grundvorlesungen nur am Rande vorkommt, an • ordnen die topologischen Grundbegriffe in einen größeren Kontext ein • erklären die zentralen Resultate, die in vielen Bereichen der Mathematik, einschließlich der Funktionalanalysis und der algebraischen Topologie, zum Handwerkszeug gehören • können diese Resultate auf konkrete Fragestellungen aus verschiedenen Bereichen der Mathematik anwenden.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und II
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlpflichtmodul in • B. Sc. Mathematik (Theoretische Mathematik) • B. Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematisches Wahlpflichtmodul) Die erste Hälfte dieses Moduls kann auch als *Wahlpflichtmodul Topologie (Top), 5 ECTS* verwendet werden.
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) • Übungsleistung (wöchentliche Hausaufgaben, unbenotet) • Schriftliche Prüfung (90 Min.)

11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Klausur (100 %)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Vorlesungsskript zu diesem Modul

1	**Modulbezeichnung** 65091	**Wahrscheinlichkeitstheorie** Probability theory	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Wahrscheinlichkeitstheorie (4 SWS) Übung: Zentralübung zur Wahrscheinlichkeitstheorie (1 SWS) Tutorium: Tutorien zur Wahrscheinlichkeitstheorie (1 SWS)	10 ECTS 3 ECTS 0 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Torben Krüger	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Torben Krüger
5	**Inhalt**	• Mengensysteme, messbare Abbildungen, Maße, Integrationstheorie • Maße mit Dichten • Podukträume, unabhängige Zufallsvariablen und gekoppelte Experimente • Bedingte Erwartungen und Martingale • Mehrdimensionale Normalverteilungen • Stochastische Ungleichungen und Grenzwertsätze • 0-1 Gesetze • Grenzwertsätze • Große Abweichungen • Grundlagen stochastischer Prozesse Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Präsenzübungen und Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erkennen und erklären die formale maßtheoretische Grundlage der Wahrscheinlichkeitstheorie und übertragen diese. • erfassen und formulieren zufällige Phänomene mit mathematisch komplexeren Strukturen. • nennen und erklären die wichtigsten stochastischen Prozesse, die in den Anwendungen eine Rolle spielen. • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge zu anderen mathematischen Themenfeldern. • klassifizieren und lösen selbstständig Probleme analytisch.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Stochastische Modellbildung, sowie Grundlagen in Analysis und Linearer Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten)

11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Bauer: Einfu?hrung in die Wahrscheinlichkeitstheorie • Breiman: Probability • Durrett: Probability • Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie

1	**Modulbezeichnung** 65726	**Zeitgenössische Algebraische Geometrie** Contemporary algebraic geometry	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Fiebig
5	**Inhalt**	• Schemata • Morphismen • Eigenschaften von Schemata • Eigenschaften von Morphismen • [weitere Themen nach Interesse] Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären und verwenden die grundlegenden Begriffe und Methoden der zeitgenössischen algebraischen Geometrie • liefern Beispiele, die wichtige Definitionen und Sätze der zeitgenössischen algebraischen Geometrie veranschaulichen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Grundkenntnisse in Algebra und Körpertheorie empfohlen: Grundkenntnisse in Topologie
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 78 h Eigenstudium: 222 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	deutsch

Angewandte Mathematik

1	**Modulbezeichnung** 65886	**Approximationstheorie** Approximation theory	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	PD Dr. Cornelia Schneider
5	**Inhalt**	Einführung in die klassische Approximationstheorie: z.B. • Satz von Weierstraß (Bernstein Polynome, Verallgemeinerungen) • Approximation periodischer Funktionen (Fejér Kerne, Fourier-Reihen) • Bestapproximation (Existenz und Eindeutigkeit in normierten Räumen), algebraische Polynome, Charaktierisierungssatz von Kolmogorov, orthogonale Projektionen in Hilberträumen • Approximationsraten und Funktionenräume, Stetigkeitsmoduli, Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ, Approximationsräume
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden sollen die Relevanz • der Approximationstheorie (als Teilgebiet der Analysis) für praktische Probleme erkennen und sich Kenntnisse über die Grundprinzipien von Approximation aneignen • erfahren, wie Methoden aus Analysis (Funktionalanalysis), Linearer Algebra und Numerik in der Approximationstheorie zusammenwirken • Kenntnisse aus Basis und Aufbaumodulen neu bewerten • die Beziehungen der Approximationstheorie zu anderen Bereichen der Mathematik und zu anderen Wissenschaften erkennen • mathematische Arbeitsweisen einüben (Entwickeln von mathematischer Intuition und deren formaler Begründung, Schulung des Abstraktionsvermögens, Beweisführung) in den Übungen ihre mündliche Kommunikationsfähigkeit durch Einüben der freien Rede vor Publikum und bei der Diskussion verbessern
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlpflichtmodul in • B.Sc. Bachelor Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik) • B.Sc. Technomathematik (Numerische Mathematik, Modellierung und Optimierung)

		• B.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) • M. Sc. Mathematik (Studienrichtungen “Analysis und Stochastik”, “Modellierung, Simulation und Optimierung”) • M.Sc. Computational and Applied Mathematics (Studienrichtung “Modellierung und Simulation”) • M.Sc. Wirschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) Freies Wahlmodul in - M.Sc. CAM - M.Sc. Data Science
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche) Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (30 min)
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (100%) Klausur oder mündliche Prüfung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• B. Carl und I. Stephani: Entropy, compactness, and the approximation of operators, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1990). • R.A. DeVore und G.G. Lorentz: Constructive Approximation, Springer, Berlin, 1993. • G.G. Lorentz: Approximation of functions, 2. Auflage, Chelsea, New York (1986). • M.W. Müller: Approximationstheorie, Studientexte Mathematik, Akad. Verlagsgesellsch. Wiesbaden (1978. • A. Schönhage: Approximationstheorie, De Gruyter, Berlin (1971).

1	**Modulbezeichnung** 65231	**Diskretisierung und numerische Optimierung** Discretisation and numerical optimisation	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (4 SWS) Übung: Übungen zu Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (2 SWS) Tutorium: Tutorium zu Diskretisierung und numerische Optimierung (Querschnittmodul) (2 SWS) Übung: Programmier-Kurs zur Diskretisierung und Numerischen Optimierung (2 SWS)	7 ECTS 2 ECTS 1 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Daniel Tenbrinck	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Eberhard Bänsch
5	**Inhalt**	Teil 1: Diskretisierung Ein- und Mehrschrittverfahren für Anfangswertaufgaben gewöhnlicher Differentialgleichungen: • explizite und implizite Runge-Kutta-Verfahren, BDF, Extrapolation • asymptotische Stabilität (Nullstabilität), Konsistenz, Konvergenz • Steifheit und Stabilität bei fester Schrittweite • Schrittweiten- und Ordnungsadaptivität • Randwertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen • Einführung in Finite-Element-Verfahren Teil 2: Unrestringierte Optimierung • Abstiegsverfahren • CG-Verfahren (mit Vorkonditionierung, CG-Newton) • Quadratische Optimierungsprobleme • Penalty- und Barriereverfahren Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • verwenden algorithmische Zugänge zu Problemen, die mittels gewöhnlicher Differentialgleichungen beschriebenen werden können oder von unrestringierten, endlichdimensionalen Optimierungsproblemen herkommen, und erklären und bewerten diese; • urteilen über die Stabilität und Effizienz eines numerischen Verfahrens; • setzen mit eigener oder gegebener Software Verfahren um und bewerten deren Ergebnisse kritisch; • erläutern und verwenden ein breites Problem- und Verfahrensspektrum: Differenzenverfahren für Anfangs- und Randwertaufgaben, Finite-Element-Verfahren für 2-Punkt-Randwertaufgaben

		• übertragen die erlangten Fachkompetenzen auf die Behandlung partieller Differentialgleichungen, Abstiegs- und CG-Verfahren bis zum Barriereverfahren; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Analysis • Lineare Algebra • Programmierung • Einführung Numerik
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 180 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• P. Deuflhard und F. Bornemann: Numerische Mathematik II; de Gruyter, Berlin 2002 • J. Stoer und R. Bulirsch: Numerische Mathematik II; Springer, Berlin, 2005 • K. Strehmel und R. Weiner: Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen; Teubner, Stuttgart 1995 • A. Quarteroni, R. Sacco und F. Saleri: Numerische Mathematik I, II; Springer, Berlin 2002 • Vorlesungsskriptum auf der Homepage des Bereichs Modellierung, Simulation und Optimierung des Departments Mathematik (laufend aktualisiert)

1	**Modulbezeichnung** 65938	**Distributionen, Sobolevräume und elliptische Differentialgleichungen** Distributions, Sobolev spaces and elliptical differential equations	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	PD Dr. Cornelia Schneider
5	**Inhalt**	Distributionentheorie: • Testfunktionen, Distributionen und deren Eigenschaften • Fouriertransformation • Sobolevräume • Randwerte, Sobolevsche Einbettungssätze • Äquivalente Normen, Ungleichungen • Elliptische Differentialgleichungen: • Randwertprobleme • A-priori-Abschätzungen • L_2 Theorie für den Laplace Operator
6	**Lernziele und Kompetenzen**	• Einführung in die Theorie der Distributionen und deren Anwendungen • Erweiterung der Kenntnisse der Analysis Kennenlernen von modernen Methoden und Hilfsmitteln (zum Lösen partiellen Differentialgleichungen)
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%) Dauer der mündlichen Prüfung: 15 min
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• R.A. Adams, J.J.F. Fournier, Sobolev spaces, Pure and Applied Mathematics 140, Elsevier, Academic Press (2003). • D.D. Haroske, H. Triebel, Distributions, Sobolev spaces, Elliptic equations. European Math. Soc., Zurich, 2008.

		• H. Triebel, Higher Analysis, J.A. Barth, Leipzig, 1992.

1	**Modulbezeichnung** 65083	**Efficient discretization of two-phase flow**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Stefan Metzger
5	**Inhalt**	Based on recent scientific publications, different discretization approaches for two-phase flow are discussed.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Students • can use original literature to familiarise themselves with a current research topic, • can structure the content acquired both verbally and in writing and make their own contributions to its presentation and/or substance, • learn scientific content on the basis of academic lectures and actively discuss it at a plenary session, • learn to compare different discretization methods regarding their specific advantages and disadvantages.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Recommended: Numerics of Partial Differential Equations I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 7
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Vortrag (60 Min) + schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Depending on topic. Will be published on StudOn at the beginning of the semester.

1	**Modulbezeichnung** 65210	**Einführung in die Numerik** Introduction to numerics	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Eberhard Bänsch
5	**Inhalt**	• Direkte Eliminationsverfahren für lineare Gleichungssysteme [Gauß mit Pivotsuche (Erinnerung), Cholesky, LR-Zerlegung für vollbesetzte (Erinnerung) Bandmatrizen] • Linear stationäre iterative Verfahren: Erinnerung und SOR-Verfahren • Verfahren für Eigenwertaufgaben (QR-Verfahren) • Fehleranalyse und Störungsrechnung (Gleitpunktarithmetik, Konditionsanalyse, schlechtgestellte Probleme) • Lineare Ausgleichsrechnung (Orthogonalisierungsverfahren, Numerik der Pseudoinverse) • Iterative Verfahren für nicht-lineare Gleichungssysteme (Fixpunktiteration, Newton-Verfahren, Gauß-Newton) • Interpolation (Polynome, Polynomialsplines, FFT) • Numerische Integration (Newton-Cotes, Gauß, Extrapolation, Adaption) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • verwenden algorithmische Zugänge für Probleme der linearen Algebra und Analysis und erklären und bewerten diese; • urteilen insbesondere über die Stabilität und Effizienz eines numerischen Verfahrens; • setzen mit eigener oder gegebener Software Verfahren um und bewerten deren Ergebnisse kritisch; • erläutern und verwenden ein breites Problem- und Verfahrensspektrum: (Direkte und) iterative Verfahren für lineare Gleichungssysteme, nicht-lineare Gleichungssysteme, insbesondere Newton-Verfahren, (nicht)lineare Ausgleichsrechnung, Interpolation und Integration, Numerik von Eigenwertaufgaben; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Module zur Analysis und Linearen Algebra • Kenntnisse in MATLAB sind zwingend. Diese können in einem jeweils vor Semesterbeginn stattfindenden Kurs erworben werden.

8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• R. Schaback und H. Wendland: Numerische Mathematik; Springer, Berlin, 2005 • A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik I, II; Springer, Berlin, 2002 • P. Deuflhard und A. Hohmann: Numerische Mathematik I; de Gruyter, Berlin 2002 • J. Stoer: Numerische Mathematik I; Springer, Berlin, 2005 • J. Stoer und R. Bulirsch: Numerische Mathematik I; Springer, Berlin, 2005 • Vorlesungsskript auf der Homepage des Bereichs Modellierung, Simulation und Optimierung des Departments Mathematik, ständig neu an die Vorlesung angepasst

1	**Modulbezeichnung** 65873	**Einführung in Stochastische Prozesse** 65873	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard
5	**Inhalt**	• Markowketten mit abzählbarem Zustandsraum • Rekurrenz und Transienz • Gleichgewichtsverteilungen und Konvergenz • Markow Chain Monte Carlo • Poisson-Prozess
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden vertiefen ihre Kenntnisse aus Stochastischer Modellbildung anhand einer Fülle von Beispielen aus der Theorie der Markowketten mit endlichem oder abzählbarem Zustandsraum. Dies dient als Ergänzung zu oder Vorbereitung auf eine Behandlung der zeitlich oder räumlich kontinuierlichen Varianten in der Wahrscheinlichkeitstheorie und in der Stochastischen Analysis mit fortgeschritteneren maßtheoretischen Methoden.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Stochastische Modellbildung
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• H.-O. Georgii, Stochastik, 5. Auflage, DeGruyter 2015. • A. Klenke, Wahrscheinlichkeitstheorie, 3. Auflage, Springer 2013. • P. Brèmaud, Markov Chains, 2nd ed, Springer 2020.

1	**Modulbezeichnung** 65927	**Funktionalanalysis II** Function analysis II	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Hermann Schulz-Baldes
5	**Inhalt**	Ausgewählte vertiefende Kapitel der Funktionalanalysis,z. B. Spektraltheorie, Indextheorie, unbeschränkte Operatoren, Fixpunktsätze von Brouwer und Schauder, monotone Operatoren, selbstadjungierte Erweiterungen, Halbgruppen, Anwendungen in der Festkörperphysik oder bei nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden nennen und erklären vertiefte Aussagen und Techniken aus der Funktionalanalysis und ihrer Anwendungen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Funktionalanalysis I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Bücher von Lax, Reed-Simon, Showalter, Ruzicka, Alt, Brezis, Werner mit Titel Funktionalanalysis

1	**Modulbezeichnung** 65893	**Internet Seminar on Evolution Equations** Internet seminar on evolution equations	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Hannes Meinlschmidt
5	**Inhalt**	In this lecture, we cover theoretical aspects and solution strategies for difficult integer and mixed-integer optimization problems. First, we show the equivalence between separation and optimization. Then, we present solution strategies for large-scale optimization problems, e.g., decomposition methods and approximation algorithms. Finally, we deal with conditions for the existence of integer polyhedra. We also discuss applications for example from the fields of engineering, finance, energy or public transport.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Students • use basic terms of discrete optimization • model real-world discrete optimization problems, determine their complexity and solve them with appropriate mathematical methods.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Recommended: Knowledge in linear and combinatorial optimization, discrete optimization I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (20 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	
16	**Literaturhinweise**	Lecture notes Bertsimas, Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, 2005 Conforti, Cornuéjols, Zambelli: Integer Programming, Springer 2014

		Nemhauser, Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization, Wiley 1994 Schrijver: Combinatorial optimization Vol. A ? C, Springer 2003 Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming, Wiley, 1986 Wolsey: Integer Programming, Wiley, 2021

1	**Modulbezeichnung** 65099	**Introduction to abstract harmonic analysis**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Kang Li
5	**Inhalt**	• Haar Integration on Locally Compact Groups • The Fourier Transform • Duality for Abelian Groups • Plancherel Theorem • Pontryagin Duality • The Structure of LCA-Groups • The Peter-Weyl Theorem for Compact Groups • Stone-von Neumann Theorem
6	**Lernziele und Kompetenzen**	After following this course, the student (1) knows the integration on locally compact groups; (2) has acquired insight in the elementary theory on duality for abelian groups and compact groups; (3) can illustrate the various concepts and results treated in this course with relevant examples; (4) has gained basic intuition about unitary dual and is able to verify intuitive conjectures by giving either rigorous proofs or counterexamples; (5) -> is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Knowledge of set theoretic topology, Lebesgue integration, and functional analysis on an introductory level.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 15 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Principles of Harmonic Analysis-Springer International Publishing (2014), Second Edition by Anton Deitmar and Siegfried Echterhoff

1	**Modulbezeichnung** 48071	**Introduction to Statistics and Statistical Programming** Introduction to statistics and statistical programming	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Introduction to Statistics and Statistical Programming (2 SWS) Übung: Computer lab classes "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Übung: Problem session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Tutorium: Review session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Review session: participation voluntary	2 ECTS 1 ECTS 2 ECTS 0 ECTS
3	Lehrende	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard
5	**Inhalt**	• Introduction to the statistical software R and elementary programming • Descriptive statistics: visualisation and parameters of categorial and metric data, qq-plot, curve fitting, log- and loglog-plots, robust techniques • Inferential statistics: methods for estimating and testing: parametric tests, selected non-parametric tests, exact and asymptotic confidence regions • Simulation: random numbers, Monte carlo
6	**Lernziele und Kompetenzen**	The students are able to • describe and explain standard techniques in descriptive and inferential statistics. • explain their solution of a non-trivial statistical problem to other people and to discuss alternative solutions within a group. • perform statistical standard analyses within a prescribed time limit on the computer, and to correctly interpret the computer output. • perform elementary statistical simulations. • formulate adequate questions concerning a given data set, suggest correct methods for analysis, and to implement these on the computer.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Stochastische Modellbildung (strongly recommended)
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Schlüsselqualifikationen Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Examination: written exam 90 min

		Exercise performance: weekly homework (approx. 4 tasks per week)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	• Lecture notes • Rice: Mathematical Statistics and Data Analysis; Thomson, 2007 • www.cran.r-project.org

1	**Modulbezeichnung** 65979	**Kryptographie I** Cryptography I	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert
5	**Inhalt**	• Einführung in die Kryptographie • Klassische Chiffrierverfahren • Grundeigenschaften der Ringe Z und Z/nZ • Primzahltests • Public-Key-Kryptosysteme RSA • Die Pollard-rho-Methode zur Faktorisierung • Kryptographische Anwendungen diskreter Logarithmen • Kryptographische Hashfunktionen • Digitale Signaturen • Methoden zur Berechnung diskreter Logarithmen • Enigma Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären wichtige kryptographische Verfahren und wenden diese praktisch an • nützen Software wie Maple, Python3 oder Sage zur Ver- und Entschlüsselung sowie zur Kryptoanalyse • erläutern wichtige zahlentheoretische Algorithmen, ihre theoretischen Hintergründe und ihre Funktion bei der Konstruktion von Public-Key-Kryptosystemen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und Lineare Algebra I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h

14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zum Modul • J. Buchmann: Einführung in die Kryptographie • J. Hoffstein, J. Pipher, J. H. Silvermann: An Introduction to Mathematical Cryptography

1	**Modulbezeichnung** 65980	**Kryptographie II** Cryptography II	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Kryptographie II (6 SWS)	10 ECTS
3	Lehrende	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert
5	**Inhalt**	Die Vorlesung wird mit wechselnden Schwerpunkten angeboten, wobei jeweils ein spezielles zahlentheoretisches Gebiet (wie elliptische Kurven, quadratische Zahlkörper, Gitter) die Grundlage für kryptographische Anwendungen bildet. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären fortgeschrittene kryptographische Verfahren und ihre mathematischen Hintergründe • setzen geeignete Software zum praktischen Umgang mit den besprochenen Kryptosystemen ein
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Kryptographie I • Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 min
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Vorlesungsskript zum Modul

1	**Modulbezeichnung** 65161	**Lineare und Kombinatorische Optimierung** Linear and combinatorial optimisation	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Dieter Weninger
5	**Inhalt**	Schwerpunkt dieser Vorlesung ist die Theorie und Lösung kombinatorischer und in diesem Kontext linearer Optimierungsprobleme. Wir behandeln klassische Probleme auf Graphen, wie das Kürzeste-Wege-Problem, das Aufspannende-Baum-Problem oder das Max-Flow-Min-Cut-Theorem. Zur Vorlesung gehören auch die Dualität der linearen Optimierung und das Simplexverfahren. Gegenstand der Vorlesung ist zudem die Analyse von Algorithmen und die Vermittlung algorithmischer Grundprinzipien. Neben der vierstündigen Vorlesung werden zweistündige Übungen angeboten. Anhand von Präsenz- und Hausaufgaben werden wesentliche Lerninhalte geübt. Zusätzlich werden Softwareübungen angeboten.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erkennen und analysieren selbstständig kombinatorische Optimierungsprobleme; • erläutern algorithmische Grundprinzipien und wenden diese zielorientiert an; • klassifizieren komplexe Verfahren des Lerngebietes; • sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Lineare Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch

16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zu diesem Modul • Schrijver: Combinatorial Optimization Vol. A C; Springer, 2003 • Korte, J. Vygen: Combinatorial Optimization; Springer, 2005

1	**Modulbezeichnung** 65072	**Lineare und nichtlineare Systeme** Linear and nonlinear systems	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Lineare und nichtlineare Systeme (Querschnittmodul) (2 SWS) Übung: Tafelübung zu Lineare und nichtlineare Systeme (1 SWS) Vorlesung mit Übung: Lineare und nichtlineare Systeme (Querschnittmodul) (4 SWS)	2 ECTS 1 ECTS 10 ECTS
3	Lehrende	Dr. Dieter Weninger	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Dieter Weninger
5	**Inhalt**	• Iterationsverfahren für lineare und nichtlineare Gleichungssysteme • Grundbegriffe der Optimierung • Innere-Punkte-Verfahren für lineare und nichtlineare Optimierungsprobleme • Grundbegriffe und Lösungsmethoden der gemischt-ganzzahligen linearen Optimierung • Grundbegriffe und Lösungsmethoden der gemischt-ganzzahligen nichtlinearen Optimierung Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erkennen und analysieren selbstständig lineare und nichtlineare Systeme bzw. Optimierungsprobleme • erläutern verschiedene algorithmische Grundprinzipien und wenden diese zielorientiert an • stellen Verknüpfungen zwischen algebraischem und analytischem Wissen her
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Grundkenntnisse aus den Modulen • Analysis I und II • Lineare Algebra I und II • Lineare und Kombinatorische Optimierung
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (20 Minuten) • Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche), unbenotet • Mündliche Prüfung (20 Min.)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%) mündliche Prüfung (100 %)

12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript wird auf StudOn bereitgestellt • Ulbrich/Ulbrich: Nichtlineare Optimierung, Birkhäuser, 2012 • Nocedal/Wright: Numerical Optimization, Springer, 2006 • Wolsey: Integer Programming, Wiley, 2021 • Belotti et al.: Mixed-Integer Nonlinear Optimization, 2013

1	**Modulbezeichnung** 65254	**Mathematische Modellierung Theorie** Mathematical modelling theory	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Serge Kräutle
5	**Inhalt**	• Handwerkszeuge der mathematischen Modellierung: Dimensionsanalyse, asymptotische Entwicklung, Stabilitäts-, Sensitivitätsbetrachtungen, Existenz und Nichtnegativität von Lösungen • Modelle in Form von linearen Gleichungssystemen (elektrische Netzwerke, Stabwerke, Zusammenhang zu Minimierungsaufgaben), nicht-linearen Gleichungssystemen (chemisches Gleichgewicht in reaktiven Mehrspeziessystemen), Anfangswertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen (chemische Reaktionen, Populationsmodelle) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erklären die grundlegenden und vertiefenden Begriffe mathematischer Modellierung und verwenden die zugehörigen Prinzipien; • erstellen und bewerten, auf Basis exemplarischer Kenntnisse aus Ingenieur- und Naturwissenschaften, deterministische Modelle in Form von Gleichungssystemen und gewöhnlichen Differentialgleichungen selbstständig; • lösen vorgegebene Aufgaben mit analytischen / numerischen Methoden und diskutieren die Ergebnisse kritisch.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Teilnahme am Modul nur in Kombination mit dem Modul Mathematische Modellierung Praxis • Module Analysis und Lineare Algebra oder Module einer zwei-semestrigen Mathematikgrundausbildung für nicht-mathematische Studiengänge, Modul Numerische Mathematik, Modul Gewöhnliche Differentialgleichungen empfohlen
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (15 Minuten)

11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematische Modellierung; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2011 • F. Hauser, Y. Luchko: Mathematische Modellierung mit MATLAB; Spektrum Akademischer Verlag, 2011 • G. Strang: Introduction to Applied Mathematics; Wellesley-Cambridge Press, Wellesley, 1986

1	**Modulbezeichnung** 65255	**Mathematische Modellierung Praxis** Mathematical modelling practical	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Serge Kräutle
5	**Inhalt**	
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden: • bearbeiten Modellierungsprojekte im Team; • modellieren Alltagsprobleme, lösen sie mit analytischen / numerischen Methoden und diskutieren die Ergebnisse kritisch; • prägen Problemlösungskompetenz aus; • erwerben Schlüsselkompetenzen: prägen durch die Projektarbeit Teammanagement aus, sind durch Berichterstattung in den Projekten zu Vortragspräsentation und wissenschaftlichem Schreiben befähigt.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Teilnahme am Modul nur in Kombination mit dem Modul Mathematische Modellierung Theorie • Module Analysis und Lineare Algebra oder Module einer zwei-semestrigen Mathematikgrundausbildung für nicht-mathematische Studiengänge, Modul Numerische Mathematik, Modul Gewöhnliche Differentialgleichungen
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminararbeit+Vortrag
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminararbeit+Vortrag (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematische Modellierung; Springer-Verlag, 2. Auflage, Berlin, 2011 • F. Hauser, Y. Luchko: Mathematische Modellierung mit MATLAB; Spektrum Akademischer Verlag, 2011

		• G. Strang: Introduction to Applied Mathematics; Wellesley-Cambridge Press, Wellesley 1986

1	**Modulbezeichnung** 65150	**Nichtlineare Optimierung** Nonlinear optimisation	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Wolfgang Achtziger
5	**Inhalt**	• Unrestringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen, Abstiegsverfahren, Verfahren der konjugierten Richtungen, Variable-Metrik-Methoden und Quasi-Newton-Methoden) • Restringierte Probleme der Nichtlinearen Optimierung (Optimalitätsbedingungen) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erklären Grundbegriffe der Nichtlinearen Optimierung; • modellieren und lösen praxisrelevante Probleme mit Hilfe der erlernten Verfahren; • sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Abschluss der Module Analysis I, Analysis II, Lineare Algebra I, Lineare Algebra II und Numerische Mathematik.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Geiger, Ch. Kanzow: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 1999

		• Geiger, Ch. Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben; Springer, 2002 • W. Alt: Nichtlineare Optimierung; Vieweg, 2002 • F. Jarre und J. Stoer: Optimierung; Springer, 2004 • M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms; Wiley, New York, 1993

1	**Modulbezeichnung** 65993	**Numerics of Partial Differential Equations** Numerics of partial differential equations	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Eberhard Bänsch
5	**Inhalt**	• Classical approach for the Poisson problem (outline) • Variational theory of linear elliptic boundary value problems • Possible discretization methods (FD, FEM, FV, spectral methods) • Conforming FEM for linear elliptic boundary value problems (2nd order) (types of elements, affine-equivalent triangulations, interpolation estimates, error estimates, Aubin-Nitsche) • Aspects of implementation • Iterative methods for large sparse linear systems of equations (condition number of finite element matrices, linear stationary methods (recall), cg method (recall), preconditioning, Krylov subspace methods • Outlook to nonlinear problems
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Students • apply algorithmic approaches for models with partial differential equations and explain and evaluate them, • are capable to judge on a numerical methods properties regarding stability and efficiency, • implement (with own or given software) numerical methods and critically evaluate the results, • explain and apply a broad spectrum of problems and methods with a focus on conforming finite element methods for linear elliptic problems, • collect and evaluate relevant information and realize relationships.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Recommended: basic knowledge in numerics, discretization, and optimization
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	• A. Ern & J.-L. Guermond: Theory and practice of finite elements. Springer 2004 • W. Hackbusch: Elliptic Differential Equations. Theory and Numerical Treatment. Springer, 2nd edition 2017, (also available in German) • D. Braess: Finite Elements. Cambridge University Press 2010 • A. Quarteroni & A. Valli: Numerical approximation of partial differential equations. Springer 1994 • P. Knabner & L. Angermann: Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Differential Equations, Springer 2003 • lecture notes

1	**Modulbezeichnung** 65999	**Numerics of Partial Differential Equations II** Numerics of partial differential equations II	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Numerics of Partial Differential Equations II (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Günther Grün	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Günther Grün
5	**Inhalt**	• Classical and weak theory for linear parabolic initial-boundary-value problems (IBVPs) (outline), • finite-element method (FEM) for 2nd-order linear parabolic IVBPs (semi-discretisation in space, time discretisation by one-step methods, stability, comparison principles, order of convergence), • FEM for semi-linear elliptic and parabolic equations (fixed-point- and Newton-methods, secondary iterations), • higher-order time discretisation, extrapolation, time-step control.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Students • apply algorithmic approaches for models with partial differential equations and explain and evaluate them, • are capable to judge on a numerical methods properties regarding stability and efficiency, • implement (with own or given software) numerical methods and critically evaluate the results, • explain and apply a broad spectrum of methods with a focus on conforming finite element methods for parabolic problems, extending these approaches also to nonlinear problems, • collect and evaluate relevant information and realize relationships.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Recommended: basic knowledge in numerics and numerics of pde
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch

16	**Literaturhinweise**	• P. Knabner, L. Angermann, Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Partial Differential Equations, Springer, New York, 2003. • S. Larsson, V. Thomée, Partial Differential Equations with Numerical Methods, Springer, Berlin, 2005.

1	**Modulbezeichnung** 65937	**Numerik partieller Differentialgleichungen II** Numerical methods for partial differential equations II	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Eberhard Bänsch
5	**Inhalt**	• Klassische und variationelle Theorie linearer parabolischer Anfangswertaufgaben (ARWA) (Abriss). • Finite-Elemente-Methode (FEM) für lineare parabolische ARWA (2. Ordnung) (Semidiskretisierung im Ort, Zeitdiskretisierung durch Einschrittverfahren, Stabilität, Maximumprinzip, Konvergenzordnung). • FEM für semilineare elliptische und parabolische Gleichungen (Fixpunkt- und Newton-Verfahren, Kombination mit sekundären Iterationen). • Zeitdiskretisierung höherer Ordnung, Extrapolation, Schrittweitensteuerung.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • verwenden algorithmische Zugänge für Modelle mit partiellen Differentialgleichungen und erklären und bewerten diese; • urteilen insbesondere über die Stabilität und Effizienz eines numerischen Verfahrens; • setzen mit eigener oder gegebener Software Verfahren um und bewerten deren Ergebnisse kritisch; • erläutern und verwenden ein breites Problem- und Verfahrensspektrum: Schwerpunkt konforme Finite-Element-Verfahren für parabolische Probleme, exemplarische Behandlung nichtlinearer Probleme; • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Einführung Numerik • Diskretisierung und Optimierung • Numerik partieller Differentialgleichungen
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch oder Englisch
16	**Literaturhinweise**	• P. Knabner and L. Angermann "Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Partial Differential Equations". Springer, New York, 2003. • S. Larsson and V. Thomée "Partial Differential Equations with Numerical Methods". Springer, Berlin, 2005.

1	**Modulbezeichnung** 65123	**Partielle Differentialgleichungen I** Partial differential equations I	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Günther Grün
5	**Inhalt**	• schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung • Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) • Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über Anwendungsbereiche von PDGen. Sie verwenden einfache explizite Lösungsmethoden und nutzen klassische und schwache Zugänge zu Existenzresultaten
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min.
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 210 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 • L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997 • D. Gilbarg, N. S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983 • Vorlesungsskriptum

1	**Modulbezeichnung** 65095	**Practical course on finite element methods for phase-separation equations** Practical course on finite element methods for phase separation equations	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Günther Grün
5	**Inhalt**	• Finite element discretization for Cahn-Hilliard equations, • Storage concepts for sparse matrices, • Adaptive mesh refinement.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Students • implement a finite element solver for phase-separation equations, • are able to compare and implement different storage concepts for sparse matrices, • are able to implement finite element solvers based on adaptive meshes, • are able to derive and implement efficient discretizations for phase-separation equations, • are able to validate their implementation.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Recommended: Numerics of Partial Differential Equations I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (ca. 30 min)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	• P. Knabner & L. Angermann: Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Differential Equations, Springer 2003 • D. Braess: Finite Elements. Cambridge University Press 2010 • B. Stroustrup: The C++ programming language, Addison-Wesley 2014

1	**Modulbezeichnung** 65175	**Robuste Optimierung 1** Robust optimization	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung zu Robuste Optimierung 1 (2 SWS) Vorlesung: Robuste Optimierung 1 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Florian Rösel Martina Kuchlbauer Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	**Inhalt**	Oft sind die Eingabedaten eines mathematischen Optimierungsproblems in der Praxis nicht exakt bekannt. In der robusten Optimierung werden deswegen möglichst gute Lösungen bestimmt, die für alle innerhalb gewisser Toleranzen liegenden Eingabedaten, zulässig sind. Die Vorlesung behandelt die Theorie und Modellierung robuster Optimierungsprobleme, insbesondere die robuste lineare und robuste kombinatorische Optimierung. Darüber hinaus werden anhand von Anwendungsbeispielen aktuelle Konzepte wie z.B. die wiederherstellbare Robustheit gelehrt. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erkennen selbstständig Optimierungsprobleme unter Unsicherheit, modellieren die zugehörigen robustifizierten Optimierungsprobleme geeignet und analysieren diese; • nutzen die passenden Lösungsverfahren und bewerten die erzielten Ergebnisse.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Lineare Algebra Vorteilhaft ist das Modul Lineare und Kombinatorische Optimierung.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch

16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript zu diesem Modul • Ben-Tal, El Ghaoui, Nemirovski: Robust Optimization; Princeton University Press

1	**Modulbezeichnung** 65097	**Seminar Approximationstheorie** Seminar Approximation Theory	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	PD Dr. Cornelia Schneider
5	**Inhalt**	Ausgewählte Kapitel im Bereich der klassischen und modernen Approximationstheorie: z.B. • Satz von Stone-Weierstrass, Satz von Korovkin, Müntz-Sätze, Haarscher Eindeutigkeitssatz, Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ • Approximation mit Splines und Wavelets, Entropie, Approximations- und Kolmogorovzahlen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • arbeiten selbständig mit Literatur auf einem Spezialgebiet; • verwenden Präsentations- und Kommunikationstechniken, präsentieren mathematische Sachverhalte und diskutieren diese; • tauschen sich untereinander und mit dem Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen aus.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• B. Carl und I. Stephani: Entropy, compactness, and the approximation of operators, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1990). • R.A. DeVore und G.G. Lorentz: Constructive Approximation, Springer, Berlin, 1993.

		• G.G. Lorentz: Approximation of functions, 2. Auflage, Chelsea, New York (1986). • M.W. Müller: Approximationstheorie, Studientexte Mathematik, Akad. Verlagsgesellsch. Wiesbaden (1978) • A. Schönhage: Approximationstheorie, De Gruyter, Berlin (1971). • Originalliteratur.

1	**Modulbezeichnung** 65077	**Spektraltheorie** Spectral theory	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Gandalf Lechner
5	**Inhalt**	In diesem Modul werden in Vorlesungen und interaktiven Übungen die wesentlichen Eigenschaften der Spektraltheorie von beschränkten und unbeschränkten Operatoren auf Hilberträumen studiert. Neben der allgemeinen Theorie (Definitionsbereiche, Adjungierte, Abschließbarkeit, Selbstadjungiertheit, Spektralsatz, messbarer Kalkül) werden wichtige Anwendungen besprochen, insbesondere der Satz von Stone und Grundzüge der Streutheorie. Die Übungen stellen einen wesentlichen Teil der Veranstaltung dar und dienen zur Präsentation/Diskussion von Übungsaufgaben und Fragen sowie dem Erläutern von weiteren Anwendungen z.B. in der theoretischen Quantenphysik.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • nennen und erklären die Grundprinzipien der Spektraltheorie von Operatoren auf Hilberträumen • können die erlernten Konzepte mit relevanten Beispielen illustrieren • demonstrieren Vertrautheit mit Anwendungen dieser Theorie auf unitäre Einparametergruppen (Stone, Streutheorie) • sind in der Lage, Lösungen von Übungsaufgaben an der Tafel zu erklären
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Funktionalanalysis I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (20 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch oder Englisch

16	**Literaturhinweise**	Bücher von Reed-Simon, Werner. Eine genaue Liste von Büchern wird in der Vorlesung bekanntgegeben.

1	**Modulbezeichnung** 65740	**Stochastische Methoden für die Wirtschaftswissenschaften** Stochastic Methods in Economics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Wolfgang Stummer
5	**Inhalt**	Aktuelle fortgeschrittene stochastische Verfahren, die zur Modellierung von modernen wirtschaftswissenschaftlichen Fragestellungen angewendet werden können. Die aktualisierten definitiven Inhalte werden zeitnah veröffentlicht. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • verwenden diverse vielseitig nutzbare, zeitdynamische und zeitstatische wahrscheinlichkeitstheoretische und mathematisch-statistische Methoden und setzen diese zur Lösung von zeitgemäßen wirtschaftswissenschaftlichen Problemstellungen (aus der Finanzwirtschaft, Versicherungswirtschaft, Volkswirtschaftslehre, Wirtschaftspolitik, Marketing) eigenständig ein; • sammeln und bewerten fachspezifisch adäquat - auf hohem Niveau - relevante quantitative unsicherheitsbehaftete Informationen und erkennen entsprechende komplexe Zusammenhänge, welche sie für einschlägige risikobezogene Entscheidungsprozesse nutzen; • klassifizieren Probleme und lösen diese selbstständig auf fortgeschrittene Art und Weise analytisch.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Module „Stochastische Modellbildung“, „Analysis I, II, III“, „Lineare Algebra I,II“, sowie „Wahrscheinlichkeitstheorie“.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) • Portfolioprüfung • Klausur (60 Min.)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Klausur (100 %)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Es gibt ein eigenes Vorlesungsmanuskript, das über die elektronische Lehrplattform StudOn bereitgestellt wird.

1	**Modulbezeichnung** 65062	**Stochastische Modellbildung** Stochastic modelling	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Torben Krüger
5	**Inhalt**	• Diskrete Wahrscheinlichkeitsräume und Kombinatorik (Urnenmodelle, Binominalverteilung) • Multinominalverteilung, geometrische Verteilung, hypergeometrische Verteilung • Produktexperimente (Unabhängigkeit und bedingte Wahrscheinlichkeit) • Zufallsvariable (Unabhängigkeit, Erwartungswert, Varianz, Kovarianz, Korrelation) • Schwaches und starkes Gesetz der großen Zahlen für unabhängige Sequenzen • Allgemeine Modelle, Wahrscheinlichkeitsmasse mit Dichten • Normalapproximation und Poissonapproximation der Binominalverteilung mit Anwendungen • Allgemeine Formulierung des starken Gesetzes der großen Zahlen u. Zentralen Grenzwertsatzes ohne Beweis • Verzweigungsprozesse und erzeugende Funktionen • der Poissonprozess • Markowketten • Grundbegriffe der Schätztheorie (Maximum-Likelihood, Konsistenz, Konfidenzintervalle, Fragen der Optimalität) • Testtheorie (Grundlegende Ideen und Beispiele) • Der t-Test, Chi-Quadrat-Test auf Unabhängigkeit und Identität • Regressionsanalyse Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • setzen sich mit Modellierungsfragen für statistische Modelle und elementare Prozesse, die in Naturwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und Technik auftreten auseinander und nennen und erklären die entsprechenden Methoden; • führen Modellanalyse mit kombinatorischen und expliziten analytischen Methoden selbständig durch; • verwenden die grundlegenden Begriffe und Konzepte sicher und setzten sie zur Lösung konkreter Probleme ein; • sammeln und bewerten relevante Informationen und stellen Zusammenhänge her; • klassifizieren und lösen selbständig Probleme analytisch.

7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: • Analysis I und II • Lineare Algebra I und II
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Prüfungsleistung: Klausur 90 min Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• U. Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik; 8. Auflage, 2005 • Hans-Otto Georgii: Stochastik; 3. Auflage, 2007

1	**Modulbezeichnung** 65091	**Wahrscheinlichkeitstheorie** Probability theory	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Wahrscheinlichkeitstheorie (4 SWS) Übung: Zentralübung zur Wahrscheinlichkeitstheorie (1 SWS) Tutorium: Tutorien zur Wahrscheinlichkeitstheorie (1 SWS)	10 ECTS 3 ECTS 0 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Torben Krüger	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Torben Krüger
5	**Inhalt**	• Mengensysteme, messbare Abbildungen, Maße, Integrationstheorie • Maße mit Dichten • Podukträume, unabhängige Zufallsvariablen und gekoppelte Experimente • Bedingte Erwartungen und Martingale • Mehrdimensionale Normalverteilungen • Stochastische Ungleichungen und Grenzwertsätze • 0-1 Gesetze • Grenzwertsätze • Große Abweichungen • Grundlagen stochastischer Prozesse Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Präsenzübungen und Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erkennen und erklären die formale maßtheoretische Grundlage der Wahrscheinlichkeitstheorie und übertragen diese. • erfassen und formulieren zufällige Phänomene mit mathematisch komplexeren Strukturen. • nennen und erklären die wichtigsten stochastischen Prozesse, die in den Anwendungen eine Rolle spielen. • sammeln und bewerten relevante Informationen und erkennen Zusammenhänge zu anderen mathematischen Themenfeldern. • klassifizieren und lösen selbstständig Probleme analytisch.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	empfohlen: Stochastische Modellbildung, sowie Grundlagen in Analysis und Linearer Algebra
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Theoretische Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten)

11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Bauer: Einfu?hrung in die Wahrscheinlichkeitstheorie • Breiman: Probability • Durrett: Probability • Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie

Schlüsselqualifikationen

1	**Modulbezeichnung** 65050	**Programmierung** Programming	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Matthias Bauer
5	**Inhalt**	• Sprachelemente von Python • Schleifen, Verzweigungen, Funktionen, Rekursion • Klassen • Einfache Datenstrukturen • Benutzen von Modulen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • reproduzieren grundlegende Befehle und Vorgehensweisen der Programmiersprache Python; • implementieren einfache mathematische Algorithmen in Python • entwickeln ein einfaches Programm zu einem vorgegebenen Problem selbständig; • spüren die Ursachen von Programmierfehlern mit einfachen Debugging Techniken auf und korrigieren diese; • gehen mit Python Modulen sicher um und wenden sie in der Praxis zielorientiert an. • Programmierkenntnisse, um einfache mathematische Algorithmen implementieren zu können.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2;4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Schlüsselqualifikationen Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel Klausur am Rechner (60 min)
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Zed A. Shaw, Learn Python the Hard Way

1	**Modulbezeichnung** 65181	**Computerorientierte Mathematik I** Computer-oriented mathematics I	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Matthias Bauer
5	**Inhalt**	• Sprachelemente von Python • Schleifen, Verzweigungen, Funktionen, Rekursion • Klassen • Einfache Datenstrukturen • Benutzen von Modulen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben am Rechner.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • reproduzieren grundlegende Befehle und Vorgehensweisen der Programmiersprache Python • implementieren einfache mathematische Algorithmen in Python • entwickeln ein einfaches Programm zu einem vorgegebenen Problem selbständig • spüren die Ursachen von Programmierfehlern mit einfachen Debugging Techniken auf und korrigieren diese • gehen mit Python Modulen sicher um und wenden sie in der Praxis zielorientiert an • erwerben Programmierkenntnisse, um einfache mathematische Algorithmen implementieren zu können.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2;4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Schlüsselqualifikationen Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel Klausur am Rechner (60 min)
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (bestanden/nicht bestanden) Eintragung von bestanden bzw. nicht bestanden, falls die Klausur nicht benotet wird.
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• https://docs.python.org/3/tutorial

1	**Modulbezeichnung** 48071	**Introduction to Statistics and Statistical Programming** Introduction to statistics and statistical programming	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Introduction to Statistics and Statistical Programming (2 SWS) Übung: Computer lab classes "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Übung: Problem session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Tutorium: Review session "Introduction to Statistics and Statistical Programming" (1 SWS) Review session: participation voluntary	2 ECTS 1 ECTS 2 ECTS 0 ECTS
3	Lehrende	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard	

4	**Modulverantwortliche/r**	apl. Prof. Dr. Christophorus Richard
5	**Inhalt**	• Introduction to the statistical software R and elementary programming • Descriptive statistics: visualisation and parameters of categorial and metric data, qq-plot, curve fitting, log- and loglog-plots, robust techniques • Inferential statistics: methods for estimating and testing: parametric tests, selected non-parametric tests, exact and asymptotic confidence regions • Simulation: random numbers, Monte carlo
6	**Lernziele und Kompetenzen**	The students are able to • describe and explain standard techniques in descriptive and inferential statistics. • explain their solution of a non-trivial statistical problem to other people and to discuss alternative solutions within a group. • perform statistical standard analyses within a prescribed time limit on the computer, and to correctly interpret the computer output. • perform elementary statistical simulations. • formulate adequate questions concerning a given data set, suggest correct methods for analysis, and to implement these on the computer.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Stochastische Modellbildung (strongly recommended)
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Angewandte Mathematik Bachelor of Science Mathematik 20192 Schlüsselqualifikationen Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Examination: written exam 90 min

		Exercise performance: weekly homework (approx. 4 tasks per week)
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	• Lecture notes • Rice: Mathematical Statistics and Data Analysis; Thomson, 2007 • www.cran.r-project.org

1	**Modulbezeichnung** 65715	**Seminar Data Science in Forschung und Industrie** Seminar: Data science in research and industry	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann
5	**Inhalt**	• Anwendungsperspektiven von Data Science • Überblick über relevante Data Science Industriebranchen und die Berufsaussichten eines Data Scientists • Fragestellungen und Diskussionen mit den derzeit verwendeten Lösungsansätzen im Anwendungskontext von Data Science (mit Expertinnen und Experten aus verschiedenen Bereichen z.B. der Naturwissenschaften, Technikwissenschaften, Geisteswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, etc.)
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • kennen Data Science Anwendungsfelder und die in verschiedenen Kontexten auftretenden Bereiche • Sie kennen die Berufsanforderungen eines Data Scientists und können diese wiedergeben. • Können strukturiert mit Expertinnen und Experten aus verschiedenen Bereichen z.B. der Naturwissenschaften, Technikwissenschaften, Geisteswissenschaften, Wirtschaftswissenschaften diskutieren
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Schlüsselqualifikationen Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur mit MultipleChoice (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur mit MultipleChoice (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Wird von den jeweiligen Dozentinnen/Dozenten bekannt gegeben.

Nebenfach Astronomie

1	**Modulbezeichnung** 66061	**Experimentalphysik 1 + 2: Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik** Experimental physics 1 + 2: Mechanics, thermodynamics and electrodynamics	**15 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Experimentalphysik 2 für Physikstudierende: Wärmelehre und Elektrodynamik (5 SWS, SoSe 2025) Übung: Übungen zur Experimentalphysik 2 für Physikstudierende: Wärme und Elektrodynamik (2 SWS, SoSe 2025)	7,5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Stefan Funk	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Hommelhoff Prof. Dr. Janina Maultzsch Prof. Dr. Christopher van Eldik Prof. Dr. Joachim Zanthier
5	**Inhalt**	**Mechanik** • Einführendes: Gebiete der Physik, Längen- und Geschwindigkeitsskalen, Abgrenzung klassische/ Quanten-/ relativistische Physik; Physikalische Größen; Messungen und Messfehler • Mechanik eines Massenpunktes: Bewegung auf Raumkurven, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Drehbewegungen, Längen- und Zeitmessung; Masse, Impuls, Impulserhaltung; Newtonsche Gesetze; Kraftfelder, Arbeit, Potential, Energie, Energiesatz, Leistung; Bewegungsgleichungen; Drehimpuls, Drehmoment • Bewegte Bezugssysteme und spezielle Relativitätstheorie: Klassisch: Inertialsysteme und Galilei-Transformation; Beschleunigte Bezugssysteme, Scheinkräfte (insb. Zentrifugal, Coriolis); Spezielle Relativitätstheorie: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und ihre Konsequenzen; Lorentz-Transformation; relativistische Phänomene (insbesondere Zeitdilatation, Längenkontraktion, Zwillingsparadoxon); Vierervektoren, Lorentz-Skalarprodukt, relativistische Energie-Impuls-Beziehung • Systeme von Massenpunkten und Stöße: Schwerpunkt, Schwerpunktbewegung, Erhaltungssätze; Stöße: Elastische/ inelastische Stöße, Streuprozesse, relativistische Stöße; Gravitation und Planetenbewegungen, Keplersche Gesetze • Dynamik starrer Körper: Darstellung von Volumen und Masse als Volumenintegrale; Rotationsenergie, Drehimpuls, Trägheitsmoment; Bewegung des starren Körpers (Kinematik, Gleichgewichtslage, Abrollen); Bewegungsgleichungen (Rotation um feste Achse, freier Kreisel: Nutation, Präzession, Stabilität von Drehachsen) • Deformierbare feste und flüssige Materialien: Reibung zwischen festen Körpern; Elastische Deformationen (Hooke, Kontraktion, Scherung, Torsion, Biegung); Hydrostatik

(Statischer Druck, Auftrieb); Flüssigkeitsgrenzflächen (Oberflächenspannung, Kapillarität); Strömungen (Reibungsfrei: Bernoulli; mit Reibung: Laminar (Hagen-Poiseuille), turbulent (Navier-Stokes); Aerodynamik, cw-Wert, aerodynamische Phänomene)

- Gase: Kompressibilität, barometrische Höhenformel; kinetische Gastheorie (Druck, Verbindung zu absoluter Temperatur, Stoßquerschnitt, freie Weglänge); Maxwell-Verteilung
- Schwingungen und Wellen: Schwingungen: Freier Oszillator, erzwungene Schwingungen, Resonanz, gekoppelte Schwingungen, Überlagerung von Schwingungen; Wellen: Beschreibung, Wellengleichung, Wellenphänomene (Reflexion, Brechung, Beugung, Überlagerung), stehende Wellen, bewegte Sender und Empfänger

Wärmelehre

- Temperatur und Wärmemenge: Wärmephänomene, Temperaturmessung; absolute Temperaturskala; innere Energie und spezifische Wärme; Schmelz- und Verdampfungswärme
- Wärmetransport: Konvektion, Wärmeleitung, Strahlung
- Hauptsätze der Thermodynamik: Zustandsgrößen; Zustandsänderungen und der erste Hauptsatz; Kreisprozesse, zweiter Hauptsatz; Entropie, reversible und irreversible Prozesse, dritter Hauptsatz
- Thermodynamik realer Flüssigkeiten und Gase: Van-der-Waals-Zustandsgleichung; Aggregatzustände und -umwandlungen, Phasendiagramme, kritischer und Tripelpunkt

Elektrodynamik:

- Elektrostatik: Elektrische Ladung; Coulomb-Gesetz; elektrostatisches Feld (Feldstärke, Fluss, 1. Maxwell, Potenzial, Spannung, Multipolentwicklung); Materie in elektrischen Feldern: Leiter, Influenz und Flächenladungen, Kondensatoren, Dielektrika; Energie des E-Feldes
- Elektrischer Strom: Ladungstransport und elektrischer Widerstand (Strom, Stromdichte, Ohm, Kirchhoffsche Regeln, Auf-/Entladen von Kondensatoren); Leitungsmechanismen, T-Abhängigkeit von Widerständen (Metalle, Halbleiter, dotierte Halbleiter, Diode, Transistor, Isolatoren, Phänomen der Supraleitung); Stromerzeugung und Strommessung (Galvanisches Element, Spannungsreihe, Brennstoffzelle, Akku, Thermoelement, Peltier-Effekt, Innenwiderstand)
- Statische Magnetfelder: Magnetische Wirkungen; Magnetfelder stationärer Ströme (gerader Leiter, Spule); Ampèresches Gesetz; magnetischer Fluss, 2. Maxwell; Vektorpotenzial; Magnetfelder beliebiger Stromverteilungen, Biot-Savart, Ringstrom, Helmholtz-Spulen; Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld (Lorentz-Kraft, Fadenstrahlrohr, e/m,

		Hall-Effekt, Definition des Ampère); Relativität von E- und B-Feldern • Materie in Magnetfeldern: Magnetische Dipole (auch atomar); Magnetisierung und magnetische Suszeptibilität, Para-, Dia- und Ferromagnetismus (Hysterese, Curie-Temperatur), Antiferro- und Ferrimagnete; Feldgleichungen in Materie, Felder an Grenzflächen, Elektromagnet • Zeitlich veränderliche Felder: Faradaysches Induktionsgesetz; 3. Maxwell; Induktionsphänomene, Selbstinduktion; Energie des magnetischen Feldes; Verschiebungsstrom, 4. Maxwell; Wechselspannung und Wechselstrom (Wechselstromkreise, Generator, Elektromotor, Transformator) • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen: Schwingkreise; Hertzscher Dipol (offene Schwingkreise, Dipol-Strahlungsfeld, elektromagnetische Strahlungsquellen); Elektromagnetische Wellen im Vakuum (Wellengleichung, elektromagnetisches Frequenzspektrum); Polarisation; Energie- und Impulstransport, Poynting-Vektor; elektromagnetische Wellen in Resonatoren und Hohlleitern; elektromagnetische Wellen in Materie
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung mechanischer Vorgänge, der Wärmelehre und elektromagnetischen Phänomene gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192 Nebenfach Physik (experimentell) Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten) Die Note für das Modul wird grundsätzlich durch die Klausur am Ende des zweisemestrigen Zyklus bestimmt. In beiden Semestern werden wöchentlich freiwillig zu lösende Übungsaufgaben angeboten. Die Abgabe der Lösungen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums kann in Gruppen von maximal 3 Studierenden erfolgen. Eine Abgabe handschriftlicher Lösungen online in digitaler Form ist grundsätzlich möglich, gedruckte Lösungen sind in jedem Fall unzulässig. Wird mindestens die Hälfte der in der Summe eines Semesters maximal zu erreichenden Punktzahl aus den abgegebenen Lösungen zu den Übungsaufgaben erreicht, wird ein Bonus von 0.3 bzw. 0.4 pro Semester auf die erzielte Klausurnote gewährt. Maximal kann daraus

		ein Bonus von 0.6 bzw. 0.7 Notenpunkten für die Gesamtnote des Moduls erzielt werden.
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 180 h Eigenstudium: 270 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66082	**Astronomie** Astronomy	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Astronomisches Praktikum (Bachelor Physik) (8 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Einführung in die Astronomie 2 (2 SWS, SoSe 2025) Übung: Übung zur Einführung in die Astronomie 2 (1 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Astronomisches Praktikum (LAG) (8 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Astronomisches Praktikum (Nicht-Physiker) (8 SWS, SoSe 2025)	- - - - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Manami Sasaki Prof. Dr. Jörn Wilms	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Ulrich Heber Prof. Dr. Manami Sasaki Prof. Dr. Jörn Wilms
5	**Inhalt**	Das Modul gibt eine Beschreibung der wesentlichen Bestandteile des Universums und der naturwissenschaftlichen Methoden, die es uns erlauben, ihre Entfernungen, Größenskalen, Massen und physikalische Natur zu verstehen. Im Einzelnen werden behandelt: • Geschichtlicher Hintergrund der Astronomie • Sonnensystem: Planetenbewegung und Keplersche Gesetze, Eigenschaften der Planeten und der kleinen Objekte im Sonnensystem (Auswahl aus: innerer Aufbau der Planeten, planetare Oberflächen, Atmosphären, Ringe), extrasolare Planeten. • Sterne: Entfernungen, Temperaturen, Spektren, Massen, Hertzsprung-Russell-Diagramm, innerer Aufbau, Entstehung und Entwicklung, Endstadien der Sternentwicklung, Doppelsterne. • Milchstraße und andere Galaxien: Aufbau und Entwicklung, Klassifikation, kosmischer Materiekreislauf, Galaxienhaufen, ausgewählte Methoden der Entfernungsbestimmung. • Das Universum: Entstehung, Hubblesches Gesetz, 3K Hintergrundstrahlung, Entwicklung des Universums. • Astronomische Messmethoden: Aufbau und Benutzung astronomischer Teleskope, Spektroskopie, Detektoren
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • berichten über die wichtigsten Bestandteile des Universums und ihrer Entwicklung. • erläutern Methoden zur Messung der Entfernungen von Sternen und Galaxien und wenden diese auf Messungen an. • bestimmen aus Messdaten Massen und Temperaturen astronomischer Objekte.

		• führen einfache astronomische Messungen selbst durch und werten die Ergebnisse aus. • beschreiben die in der Astronomie notwendige Extrapolation von Ergebnissen von Labormessungen auf astronomische Skalen. • bedienen typische astronomische Instrumente.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur Leistungsschein
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Leistungsschein (bestanden/nicht bestanden) Im Wintersemester wird eine 90 minütige Klausur als freiwillige Zwischenprüfung angeboten. Klausurnoten 3.0-2.3 ergeben einen Bonus von 0.3 oder 0.4, Klausurnoten 2.0-1.0 ergeben einen Bonus von 0.7 für die Gesamtnote des Moduls.
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 165 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• H. Karttunen, P. Kroger, H. Oja, |Fundamental Astronomy|, Springer, 2003 • M. Kutner, |Astronomy: A Physical Perspective|, Cambridge Univ. Press, 2003

1	**Modulbezeichnung** 67194	**Binary stars and extrasolar planets**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Ulrich Heber Dr. Ingo Kreykenbohm Prof. Dr. Manami Sasaki Prof. Dr. Jörn Wilms
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 67174	**Extreme Astrophysics** Extreme astrophysics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Manami Sasaki
5	**Inhalt**	• End phases of stellar evolution • White dwarfs • Neutron stars • Black holes • Supernovae • Supernova remnants • Gamma-ray bursts • Gravitational wave sources
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Vorlesung "Einführung in die Astronomie, Teil I und II”
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch Englisch
16	**Literaturhinweise**	• M. S. Longair, “High Energy Astrophysics”, Cambridge University Press, 2011 • Ph. Charles & F. Seward, “Exploring the X-ray Universe”, Cambridge University Press, 2010

1	**Modulbezeichnung** 67159	**Galaxien und Kosmologie** Galaxies and cosmology	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Hauptseminar: Galaxien und Kosmologie (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Jörn Wilms	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Jörn Wilms
5	**Inhalt**	*Contents:* *Galaxies* • Local Group • Spiral Galaxies • Elliptical Galaxies • Active Galactic Nuclei *Cosmology* • Classical Cosmology • The Early Universe • Properties of the Universe • Structure Formation
6	**Lernziele und Kompetenzen**	*Learning goals and competences:* Students • explain the relevant topics of the lecture • apply the methods to specific examples
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich/mündlich
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich/mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66204	**Interpreting astronomical spectra**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. Seminars at the end of course 1 and course 2 take place in person. Practical part (observation) takes place in person.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Ingo Kreykenbohm Prof. Dr. Manami Sasaki
5	**Inhalt**	Spectra of gaseous nebulae (optically thin plasma): · Photoionisation and Recombination (Strømgren spheres) · Microscopic processes and statistical equilibrium · Thermal equilibrium · Diagnostics of gaseous nebulae · The role of central stars Stellar atmospheres and spectra (optically thick plasma): · Radiation transport · Model atmospheres · Spectral line broadening · Diagnostics of stellar spectra · Stellar winds and nebula dynamics
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Course 1 (winter semester): Understand the physical processes responsible for the emitted spectrum and the physics of the astrophysical sources. Obtain a deeper knowledge on processes and source in the seminar. Course 2 (summer semester): Lern how to carry out spectroscopy of astrophysical sources, the analysis of the obtained data, and the interpretation of the spectra of different types of nebulae, stars, and galaxies. Submit a written report on observation, analysis, and interpretation.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Prerequisite for course 1: Passing the course "Introduction in Astronomy 1+2" or equivalent. Prerequisite for course 2: Passing course 1 and a pre-examination. If someone has obtained a grade better than 2 in course 1, they can be exempted from the pre-examination.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5

9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch Englisch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 538980	**Interstellar medium**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 67170	**Introduction to X-ray astronomy**	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Jörn Wilms
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 67128	**Multiwavelength Astronomy** Multiwavelength astronomy	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Ingo Kreykenbohm
5	**Inhalt**	*Contents:* • Radiation Processes • Radio Astronomy • Infrared Astronomy • Optical Astronomy • X-ray Astronomy • Gamma Astronomy • TeV Astronomy • Multiwavelength observations
6	**Lernziele und Kompetenzen**	*Learning goals and competences:* Students • explain the relevant topics of the lecture • apply the methods to specific examples
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	

Nebenfach Anorganische Chemie

1	**Modulbezeichnung** 62065	**Allgemeine und Anorganische Chemie mit Experimenten** General and inorganic chemistry with experiments	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Das Praktikum ist anwesenheitspflichtig.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Ingrid Span
5	**Inhalt**	**Grundzüge der Allgemeinen und Anorganischen Chemie:** Atommodelle, Aufbau des Periodensystems, chemische Bindungsarten, grundlegende anorganische Verbindungsklassen, Gasgesetze, Stöchiometrie, chemisches Rechnen, Zustandsdiagramme, chemische Thermodynamik und Kinetik, Theorie des Übergangszustandes, Katalyse in biologischen Systemen, chemisches Gleichgewicht, Redox-Reaktionen, Säure/Base-Reaktionen, Elektrolyse/Galvanisches Element, Chemie der Elemente (Hauptgruppenelemente), Grundlagen der Koordinations- und der bioanorganischen Chemie **Spektroskopische Methoden für kinetische, mechanistische und strukturelle Untersuchungen Kurspraktikum:** • Umgang mit anorganischen Säuren und Basen, Salzen und Komplexverbindungen, Grundzüge der qualitativen chemischen Analytik durch einfache Versuche mit Basisverbindungen der anorganischen Chemie, nasschemische Nachweise für Metall-Kationen und Anionen • Einführung in sicheres Arbeiten mit Gefahrstoffen in chemischen Laboratorien; Umgang mit chemischen Abfällen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • verstehen die Grundlagen der allgemeinen und anorganischen Chemie im Hinblick auf biologische Problemstellungen und können diese erklären; • sind fähig, spektroskopische Methoden für kinetische, mechanistische und strukturelle Untersuchungen anzuwenden; • sind in der Lage, die Vorlesungsinhalte im Kurspraktikum umzusetzen und die im Praktikumsplan vorgesehenen Versuche selbständig durchzuführen; • verfügen über anwendbares Wissen zum Umgang mit Gefahrstoffen und Abfällen in chemischen Laboratorien; • verfügen über Kenntnisse von Umweltbelangen und rechtlichen Grundlagen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Die Eingangsvoraussetzung für die Teilnahme am Praktikum ist das erfolgreiche Bestehen der Klausur oder (als Ersatz für Erstsemesterstudenten) das erfolgreiche Bestehen eines Eingangstests (Sicherheitsaspekte).
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Anorganische Chemie Bachelor of Science Mathematik 20192

10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich Klausur PL: Klausur 90 Min. SL: Anfertigung eines Laborjournals ca. 50 Seiten, in dem als Dokumentation die Ergebnisse der chemischen Analysen gesondert auflistet werden (=Analyseheft) (unbenotet)
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 210 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• E. Dane, F. Wille, H. Laatsch: Kleines Chemisches Praktikum, 10. Aufl., Wiley-VCH, Weinheim 2004; • C. E. Mortimer, U. Müller: Chemie, 10. Aufl., Thieme, 2010

1	**Modulbezeichnung** 62491	**Physikalische Chemie** Physical chemistry	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Physikalische Chemie für CBI, CEN u. LSE (2 SWS, SoSe 2025) Übung: Übung zur Physikalischen Chemie für CBI, CEN u. LSE (1 SWS, SoSe 2025) Tutorium: Tutorien zur Physikalischen Chemie für CBI, CEN u. LSE (2 SWS, SoSe 2025)	- - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Jörg Libuda	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Jörg Libuda
5	**Inhalt**	(1) Chemische Reaktionskinetik: Grundlagen der chemischen Kinetik; Experimentelle Methoden der Reaktionskinetik; Kinetik komplexer Reaktionssysteme; Theorie der Kinetik; Katalyse. (2) Aufbau der Materie: Grenzen der klassischen Mechanik u. Elektrodynamik; Einführung in die Quantenmechanik; einfache quantenmechanische Modelle; Aufbau der Atome; chemische Bindung u. Aufbau der Moleküle. (3) Spektroskopie: Wechselwirkung von Strahlung und Materie; Rotations- und Schwingungsspektroskopie; elektronische Spektroskopien. Themen im Rahmen des Physikalisch-chemischen Praktikums: (1) Chemische Thermodynamik: Wärmekapazität, Reaktionsenthalpie; kinetische Gastheorie. (2) Phasen- / Grenzflächengleichgewichte: Adsorptionsisothermen, chemisches Gleichgewicht, chemisches Potenzial. (3) Elektrochemie: Leitfähigkeit, Elektrolyte, EMK, Nernst-Gleichung, Zell- und Zersetzungsspannung, Überspannung. (4) chemische Kinetik: Reaktionsgeschwindigkeit und -ordnung, Einfluss der Temperatur und Aktivierungsenergie. (5) Aufbau der Materie / Alternative Energieerzeugung: Atommodelle, Bändermodell, Halbleiter, Dotierung. (6) Spektroskopie: Franck-Condon-Prinzip, Jablonski-Diagramm, Fluoreszenz, Raman-Effekt, Rayleigh-Streuung.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • interpretieren die Grundprinzipien der chemischen Thermodynamik • fassen die Grundlagen die chemischen Reaktionskinetik zusammen und geben die theoretischen Hintergründe der Kinetik komplexer Systeme wieder • kennen die Grenzen der klassischen Physik und beschreiben einfache quantenmechanische Modelle • erläutern die Grundlagen des Aufbaus der Materie und der Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie • erklären die Zusammenhänge zwischen Moleküleigenschaften und gemessenen Spektren • geben grundlegende Zusammenhänge bei Phasenübergängen und Gleichgewichten wieder

		• skizzieren Grundprinzipien elektrochemischer Prozesse • können mit einfachen physiko-chemischen Apparaturen umgehen • analysieren und bewerten Versuchsergebnisse unter Anwendung theoretisch gewonnener Erkenntnisse
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Für das Praktikum wird die vorhergehende Teilnahme an der Vorlesung dringend empfohlen!
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Anorganische Chemie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich (90 Minuten) Praktikumsleistung d.h. Prüfungsleistung = Klausur (90 Minuten) und Praktikumsleistung = 6 Experimente mit Versuchen aus den Themengebieten Thermodynamik, chemisches Gleichgewicht, Phasengleichgewichte, Elektrochemie, chemische Kinetik, Aufbau der Materie, Spektroskopie und Mikroskopie. Je Experiment Auswertung in Form eines Protokolls (ca. 10 Seiten) und Platzkolloqium
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 165 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	G. Wedler, H.-J. Freund: Lehrbuch der Physikalischen Chemie, Wiley-VCH P. W. Atkins, C. A. Trapp: Physikalische Chemie, Wiley-VCH

1	**Modulbezeichnung** 62016	**Theoretische Chemie 1** Theoretical chemistry 1	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: ThC 1 - Ü (2 SWS) Vorlesung: Theoretische Chemie 1 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Bernd Meyer	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Petra Imhof Prof. Dr. Bernd Meyer
5	**Inhalt**	**VORL:** • komplexwertige Funktionen und ihre Bedeutung in der Quantenmechanik, • Funktionen mehrerer Veränderlicher und deren Visualisierung, • Differential- und Integralrechnung für Funktionen mehrerer Veränderlicher und ihre Anwendung in der Thermodynamik (Differentiale, Wegintegrale, Potentialfunktionen), • Vektorfunktionen und ihre Ableitung, • Koordinatentransformationen und deren Bedeutung bei der Behandlung physikalischer Probleme, • Differentialgleichungen, • Rechnen mit Vektoren und Matrizen im Hinblick auf Anwendungen in der Quantenmechanik und Basisdarstellungen von Funktionen. **UE:** • Erlernen praktischer Rechentechniken • Behandlung vertiefender Beispiele zum Stoff der Vorlesung
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • verfügen über mathematische Grundlagen und deren Anwendung in der Quantenmechanik und Thermodynamik • sind in der Lage, einfache Differentialgleichungen und typische Integrale eigenständig zu lösen • können mit Vektoren und Matrizen rechnen und diese in der Quantenmechanik und in der Basisdarstellung von Funktionen gezielt anwenden • sind in der Lage, typische algebraische Probleme mit Hilfe passender Rechentechniken zu lösen und im Rahmen der praktischen Übungen anzuwenden.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Anorganische Chemie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) GOP-Bestandteil!* (*GOP = Grundlagen- und Orientierungsprüfung)

12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• N. Rösch: Mathematik für Chemiker (Springer Verlag)

1	**Modulbezeichnung** 62059	**Theoretische Chemie 2** Theoretical chemistry 2	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Andreas Görling
5	**Inhalt**	**VORL:** • Begriffe und Grundprinzipien der Quantenmechanik • Teilchen im Kasten • Tunneleffekt • harmonischer Oszillator • quantenmechanische Behandlung des Drehimpulses • Wasserstoffatom • Elektronenspin und Pauli-Prinzip • Aufbau der Atome • angeregte Zustände • einfache zweiatomige Moleküle. **UE:** • Erlernen praktischer Rechentechniken • Behandlung vertiefender Beispiele zum Stoff der Vorlesung.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • verfügen über grundlegende Kenntnisse der Quantenmechanik und deren Anwendung zur Beschreibung von Strukturen, des Atomaufbaus und der Theorie der chemischen Bindung • kennen praktische Rechentechniken des Lerngebietes und können diese auf vertiefende Beispiele aus dem Stoff der Vorlesung selbständig anwenden.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Es wird dringend empfohlen, vor Modulbeginn folgendes Modul erfolgreich besucht zu haben: • Theoretische Chemie 1
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Anorganische Chemie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h

14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Ein umfassendes Manuskript für die Vor- und Nachbereitung des Stoffes der Vorlesung und der Übungen wird auf StudOn zur Verfügung gestellt!

Nebenfach Betriebswirtschaftslehre

1	**Modulbezeichnung** 74810	**Betriebswirtschaftslehre I** Business administration I	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Alternative Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192 Nebenfach Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 74830	**Betriebswirtschaftslehre II** Business administration II	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung 1 BWL II (1 SWS) Übung: Übung 2 BWL II (1 SWS) Übung: Übung 3 BWL II (1 SWS) Übung: Übung 4 BWL II (1 SWS) Übung: Übung 5 BWL II (1 SWS) Seminar: Abschlussarbeiten-Seminar Betriebswirtschaftslehre (1 SWS) Vorlesung: Betriebswirtschaftslehre II (4 SWS)	- - - - - - 5 ECTS
3	Lehrende	Sebastian Klare Lana Rauf Milena Störmer Prof. Dr. Matthias Fifka	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 74860	**Betriebliches Rechnungswesen I** Cost accounting I	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 74880	**Betriebliches Rechnungswesen II** Cost accounting II	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Betriebliches Rechnungswesen II (2 SWS) Übung: Übung 1 BRW II (1 SWS) Übung: Übung 2 BRW II (1 SWS) Übung: Übung 3 BRW II (1 SWS) Übung: Übung 4 BRW II (1 SWS)	5 ECTS - - - -
3	Lehrende	Dr. Ralf Pohl Tobias Mücke Jessica Doms	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

Nebenfach Geowissenschaften

1	**Modulbezeichnung** 68800	**Grundlagen der Geowissenschaften I** Foundations of geosciences I	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karsten Haase
5	**Inhalt**	System Erde I: Die Vorlesung umfasst eine Einführung in die allgemeine Geologie mit exogenen, endogenen und erdgeschichtlichen Aspekten. Die historische Entwicklung und aktuellen Prozesse in und auf der Erde sowie die Dynamik des Planeten als Motor der endogenen und exogenen Abläufe werden behandelt. Das chemische und physikalische Zusammenwirken von Lithosphäre, Hydrosphäre und Atmosphäre im System Erde und ihre Bedeutung für die Systemkreisläufe auf unserem Planeten werden eingeführt.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden können • die Grundlagen in die allgemeine Geologie mit exogenen, endogenen und erdgeschichtlichen Aspekten wiedergeben und können die Bedeutung geologischer Grundkenntnisse für die Gesellschaft einordnen • die Entstehung des Sonnensystems und der Erde wiedergeben • die Plattentektonik inklusive spezielle petrologische, geochemische, strukturgeologische Aspekte erläutern • die zum Verständnis der dynamischen Abläufe in unserem Erdkörper und die endogenen krustenbildenden Prozesse erklären • Zusammenhänge des Systems Erde erkennen und erklären • sich systematisch Informationen beschaffen und diese in ihrem spezifischen Kontext bewerten
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Geowissenschaften Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Press & Siever: Allgemeine Geologie", 5. Aufl. 2008, ISBN 3827418127 • Tarbuck & Lutgens "Allgemeine Geologie" 9. Aufl. 2009, ISBN 3827373352 • Robert & Bousquet "Geowissenschaften" 2018, ISBN 9783662503928 • Frisch & Meschede: Plattentektonik" • Reuther: Grundlagen der Tektonik: Kräften und Spannungen der Erde auf der Spur", 2012, ISBN 3827420652

1	**Modulbezeichnung** 64930	**Kompetenzseminar zum Klimawandel: Grundlagen- u. Kompetenzen zu Nachhaltigkeitsherausforderungen** Skills seminar climate change: Fundamentals and skills for sustainability challenges	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Seminar: Kompetenzseminar zum Klimawandel [Modulstudien Naturale + Freier Bereich Lehramtsstudierende + Nebenfach] (2 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Marlene Lasthaus Julia Pompe PD Dr. Anette Regelous	

4	**Modulverantwortliche/r**	PD Dr. Anette Regelous
5	**Inhalt**	• Fachvorträge von verschiedenen Experten zum Klimawandel aus den Naturwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften, der Pädagogik sowie von Lehrpersonen aus der Praxis • Motivation zum ehrenamtlichen gesellschaftlichen Engagement • Science Communication im Themenfeld des Klimawandels • Aktuelle fachwissenschaftliche und gesellschaftliche Diskurse zum Klimawandel • Persönliche und globale Konsum- und Lebensstile und ihre potentiellen Folgewirkungen • Nachhaltigkeitsaspekte aus den Natur-, Geistes- und Wirtschaftswissenschaften
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden können • können umfassende, transdisziplinäre wissenschaftliche Erkenntnisse zu den aktuellen gesellschaftlichen Diskussionen rund um die Thematik Klimawandel wiedergeben und erläutern • entwickeln die Bereitschaft zu eigenem gesellschaftlichen Engagement • kennen unterschiedliche Ansätze zu Science Communication im Themenfeld Klimawandel • Argumentationskompetenz und kritische Reflexion der Thematik Klimawandel vorweisen • Kreativitätsmethoden zur Erstellung pädagogischer Konzepte darstellen und umsetzen • Teamfähigkeiten und soziale Kompetenzen stärken
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Geowissenschaften Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Seminarleistung (Projektpräsentation 10 Minuten)

11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 21 h Eigenstudium: 129 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch Englisch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 68830	**Dynamik des Systems Erde** Earth system dynamics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: System Erde III (3 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Wolfgang Kießling	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Wolfgang Kießling
5	**Inhalt**	*Grundlagen der Stratigraphie* *Methoden der Stratigraphie*: Chronostratigraphie; Absolute Altersdatierungen; Lithostratigraphie; Leithorizonte; Synchronie-Diachronie; Biostratigraphie, Typen von Biozonen, Merkmale guter Leitfossilien, wichtige Leitfossilgruppen; Chemostratigraphie, Eventstratigraphie, Magnetostratigraphie, Sequenzstratigraphie, Zyklostratigraphie. Methoden der Korrelation (Graphische Korrelation). Erd- und Lebensgeschichte Entstehung des Weltalls, des Sonnensystems und der Planeten; Krustenbildung; Entwicklung der Hydro- und Atmosphäre; Entstehung des Lebens. Integrierte Betrachtung der einzelnen Zeitabschnitte (Archäikum-Känozoikum) unter Einbeziehung des Klima, der Plattentektonik, Gebirgsbildungen, Meeresspiegelentwicklung, Paläo-Ozeanographie, Paläogeographie; Faziesabfolgen in wichtigen Sedimentationräumen; Entwicklung der Lebewelt; Massenaussterben-Phasen. *Übungen zur Stratigraphie und Erdgeschichte*: Profilkorrelation; Vorstellung wichtiger Leitfossilien und charakteristischer Faziestypen der einzelnen Zeitabschnitte; Projektarbeit: Beckenentwicklung mittels litho- und biostratigraphischer Daten.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden können • die abiogene und biologische Entwicklung unseres Planeten erklären • die Evolution des Lebens im System Erde wiedergeben • verschiedene Datierungs- und Korrelationsmöglichkeiten von Gesteinen und Prozessen darstellen und auf andere Anwendungen übertragen • die verschiedenen sedimentären Ablagerungsräume und ihre hydrodynamischen und chemischen Merkmale darlegen und interpretieren • diagenetische Prozesse, die auf Sedimente einwirken verstehen • das erarbeitete Fachwissen auf praktische Aufgabenstellungen anwenden und erarbeiten eigene Strategien zur Problemlösung • vernetztes Denken durch die komplexen Zusammenhänge im System Erde entwickeln • die Rolle der vierten Dimension (geologische Zeit) im System Erde einschätzen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine, aber Module Geo 1 und Geo2.

		Das Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Physische GEographie (Bachelor of Science)" verwendbar.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Geowissenschaften Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten) Prüfungsleistung: Klausur, Dauer in Minuten: 60
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Doyle, P. & Bennett, M.R. (Eds.) 1998. Unlocking the stratigraphical record. Advances in modern stra-tigraphy. 532 S., Cichester (John Wiley & Sons) • Doyle, P., Bennett, M.R. & Baxter, A.N. 2001. The key to earth history. An introduction to stratigraphy. 2. Aufl., 293 S., Chichester (John Wiley & Sons) • Rey, J. 1991. Geologische Altersbestimmung. Biostratigraphie, Lithostratigraphie und absolute Datie-rung. 195 S., Stuttgart (Enke) • Stanley, S.M. 2001. Historische Geologie. 2. deutsche Aufl., 710 S., Heidelberg (Spektrum) • Walter, R. 2003. Erdgeschichte. 5. Aufl., 325 S., Berlin (de Gruyter) • und wird durch die jeweiligen Dozenten ausgegeben.

1	**Modulbezeichnung** 64935	**Rohstoffe und Nachhaltigkeit** Raw materials and sustainability	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Karsten Haase
5	**Inhalt**	In unserer auf Technologie basierenden Gesellschaft ist die nachhaltige Nutzung von Ressourcen der Erde ein brisantes Thema und wird es voraussichtlich auch auf längere Sicht bleiben, da die Wirtschaft der Bundesrepublik Deutschland vom Import vieler Rohstoffe abhängig ist. So erfordert z.B. der Umbau zu einer Kohlenstoffarmen Energieerzeugung mit dem Ausbau von Stromversorgung und Elektromobilität gewaltige Mengen von Metallen wie Kupfer oder Kobalt. In unserem im Sinne einer Bildung für nachhaltigen Entwicklung konzipierten Seminar Rohstoffe und Nachhaltigkeit werden die Herausforderung der Gewinnung, Nutzung und Aufbereitung von Ressourcen unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit vermittelt und gemeinsam diskutiert. Fokus sind neben den Prozessen der unterschiedlichen Lagerstättenbildungen und dem Einfluss ihrer Nutzung auf die Umwelt und den Menschen die gesellschaftspolitischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Fragestellungen und Herausforderungen die dieses Thema aufwirft. Zu den Themen halten Expert*innen aus den Geowissenschaften, der Chemie, Materialwissenschaft, der Politik und der Wirtschaft Vorträge, die dann in einem blended Learning Format diskutiert und besprochen werden. Dieses interdisziplinäre Seminar hat damit auch das Ziel, gemeinsam Lösungswege hin zu einer nachhaltigen Gesellschaft auszuloten.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden können • die Bildung, Nutzung und Aufbereitung von Lagerstätten unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit beschreiben, erklären und diskutieren • moderene Möglichkeiten des Recyclings von Rohstoffen erklären und diskutieren • wirtschaftliche und politische Zusammenhänge und Abhängigkeiten in Dtl. von Rohstoffen erklären • Nachhaltige Aspekte im Bezug auf Rohstoffe (kritische Metalle und Wasser) diskutieren
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine; Link zum StudOn Kurs: https://www.studon.fau.de/studon/goto.php?target=crs_4314344
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Geowissenschaften Bachelor of Science Mathematik 20192

10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Seminarleistung Seminarleistung (Präsentation in Form eines Video-Tutorials 5 Minuten und Bericht 5 Seiten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Seminarleistung (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Wiederholung der Prüfungen**	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 21 h Eigenstudium: 129 h
15	**Dauer des Moduls**	1 Semester
16	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
17	**Literaturhinweise**	Reader wird vom Lehrstuhl nach Anmeldung bereitgestellt

1	**Modulbezeichnung** 68860	**Angewandte Geologie I** Applied geology I	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Johannes Barth
5	**Inhalt**	Prinzipien der Grundwasserdynamik, hydrogeologische Erkundungsmethoden inklusive Grundwassergleichenpläne, Pumpversuche, Bilanzberechnungen, Einführung in Hydrochemie, Wasserbilanzen.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden können • die Prinzipien der Grundwasserdynamik und der Hydrochemie wiedergeben • hydrogeolgische Erkundungsmethoden durchführen und Grundwassergleichenpläne lesen, interpretieren und eigenständig erstellen • eigenständig Pumpversuche durchführen und auswerten • Wasserbilanzberechnungen quantifizieren
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Interesse an Wasser
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Geowissenschaften Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Schwarz & Zhang: Fundamentals of Groundwater • Langguth & Voigt: Hydrogeologische Methoden

1	**Modulbezeichnung** 68865	**Angewandte Geologie II** Applied geology II	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Ingenieurgeologie (4. Sem.) (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Johannes Barth Prof. Dr. Gabriele Chiogna Klara Höbenreich	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Gabriele Chiogna
5	**Inhalt**	Einführung in die Ingenieurgeologie der Locker- und Festgesteine; Ingenieurgeologische Klassifikation und Beschreibung von Locker- und Festgesteinen; Ermittlung von charakteristischen Kennwerten (Korngröße, Kornverteilung, Dichte, Konsistenz, Verformung); Erkundungsmethoden (Indirekte und direkte Methoden, Bohrungen, Sondierungen, etc.), Rutschungen und ihre Klassifikation mit Standsicherheitsermittlung für Böschungen; Einführung in den Tunnelbau, Talsperrengeologie, Erdwärmenutzung.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden können • die Prinzipien der ingenieurgeologischen Klassifikationen wiedergeben • charakteristische ingenieurgeologische Kennwerte selbstständig ermitteln und dokumentieren • ingenieurgeologische Erkundungsmethoden eigenständig durchführen • Grundlagen des Tunnelbaus, der Talsperrengeologie und der Erdwärmenutzung beschreiben • in Gruppen kooperativ und verantwortungsvoll gemeinsam vor Ort Aufgaben lösen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Geowissenschaften Bachelor of Science Mathematik 20192 Dieses Modul ist daneben auch in den Studienfächern "Mathematik (Bachelor of Science)", "Physische Geographie (Bachelor of Science)" verwendbar.
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten) Prüfungsleistung: Klausur, Dauer in Minuten: 60
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100%
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Prinz & Strauß: Einführung in die Ingenieurgeologie"

Nebenfach Informatik

Dieser Modulblock gilt für Studierende, die ihr Studium ab dem Wintersemester 2022/2023 begonnen haben.

1	**Modulbezeichnung** 93104	**Grundlagen der Programmierung** Foundations of programming	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr.-Ing. Vanessa Klein Prof. Dr. Tim Weyrich
5	**Inhalt**	• Grundlegende Begriffe: Problem, Algorithmus, Programm, Syntax, Semantik, von Neumann Architektur • Imperative Programmkonstrukte: Variablen, Zahlen, Strings, Arrays, Kontrollstrukturen, Methoden • Grundlagen asymptotische Aufwandsanalyse: Einführung O-Notation und einfache Abschätzungen • Robustes Programmieren: Exceptions, Assert, Testen, Verifikation, Debugging • Objektorientierte Programmierung: Klassen, Objekte, Vererbung, Polymorphie, Module • Datenstrukturen: Parametrisierte Typen, abstrakte Datentypen, Listen, dynamische Arrays, binäre Suche, Suchbäume, Hashtabellen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	*Wissen:* Die Studierenden ... • erlernen die Grundlagen und das Vokabular der Programmierung anhand der Programmiersprache Java *Verstehen:* Die Studierenden ... • können algorithmische Beschreibungen in natürlicher Sprache verstehen • können einfache Algorithmen im Code verstehen und analysieren • verstehen die grundlegende Behälterdatentypen und deren Eigenschaften (insbesondere Laufzeit- und Speicherplatzbedarf ihrer Operationen) *Anwenden:* Die Studierenden ... • implementieren einfache Algorithmen in Java unter Verwendung verschiedener Kontrollstrukturen • strukturieren Java-Code in Paketen, Klassen und Methoden und entwickeln wiederverwendbare Funktionen • können einfache Komplexitätsanalysen erstellen (O-Kalkül) • benutzen verschiedene Möglichkeiten zur Absicherung gegen Fehlersituationen und zur Fehlerrückmeldung (Rückgabewert, Ausnahmebehandlung) • wenden geeignete Testverfahren an • kennen die Konzepte der objektorientieren Programmierung und können diese einsetzen • setzen Verfahren und Werkzeuge zur systematischen Lokalisierung und Behebung von Programmfehlern an

		(Debugging) und verbessern ihre Lösungen auf diese Weise iterativ • verwenden generische Behälterdatentypen sachgerecht in eigenen Programmen • setzen Lambda-Ausdrücke effektiv ein
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Informatik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 93106	**Einführung in die Algorithmik** Introduction to algorithms	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Einführung in die Algorithmik - Vorlesung (4 SWS) Übung: Einführung in die Algorithmik - Übung (2 SWS)	- -
3	Lehrende	Christian Riess Julian Thomas	

4	**Modulverantwortliche/r**	Carina Harrius Christian Riess
5	**Inhalt**	Die Vorlesung "Einfuḥrung in die Algorithmik" gibt eine fundierte Einfuḥrung in die Gebiete der Algorithmen und Datenstrukturen. Diese Einfuḥrung umfasst grundlegende Designkonzepte von Algorithmen und deren formale Analyse. Folgende Themen werden behandelt: • Grundlagen • Design und Analyse von Algorithmen Korrektheit von Algorithmen • Wachstumsfunktionen • Rekurrenz • Probabilistische Algorithmen und deren Analyse • Grundlegende Algorithmen und Datenstrukturen und deren formale Analyse • Datenstrukturen Sortierverfahren Graphalgorithmen • Ausgewaḥlte Themen • Algorithmen in der Zahlentheorie String matching • Matrix Operationen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden erwerben eine grundlegende Einfuḥrung in die Konzepte und Methoden aus dem Bereich der Algorithmen und Datenstrukturen. Die Teilnehmer kennen grundlegende Techniken und Prinzipien zum Design von Algorithmen und Datenstrukturen. Die Studierenden kennen grundlegende Algorithmen im Bereich der Sortierung, der Graphentheorie und der Zahlentheorie. Des Weiteren kennen die Studierenden die notwendigen Datenstrukturen und verstehen deren Vor- und Nachteile in Bezug auf deren Effizienz und Komplexitaẗ. Die Studierenden koṅnen die unterschiedlichen Designparadigmen von Datenstrukturen und Algorithmen auf neue Probleme anwenden und deren Korrektheit formal analysieren. Aus der Analyse koṅnen die Studierenden Algorithmen bewerten und vergleichen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Informatik Bachelor of Science Mathematik 20192

10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (90 Minuten) Die Vorlesung wird durch Übungen begleitet. Die Aufgaben von fünf Übungsblättern werden bewertet, diese können in Zweiergruppen bearbeitet werden. Für die erforderliche unbenotete Prüfungsleistung sind insgesamt 50% der Punkte dieser Übungsblätter zu erreichen.
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%) Die Modulnote wird durch die Abschlussklausur bestimmt.
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Introduction to Algorithms, Thomas H. Cormen , Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein • Weitere Literatur wird ggfs. nach Bedarf in der Vorlesung bekannt gegeben.

Nebenfach Informations- und Kommunikationtechnik

1	**Modulbezeichnung** 93520	**Einführung in die IuK-Technik** Introduction to information and communication technology	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
5	**Inhalt**	In der Lehrveranstaltung werden grundlegende Zusammenhänge moderner Informations- und Kommunikationssysteme behandelt. Ein Schwerpunkt sind elektrotechnische und systemtechnische Grundlagen für die Beschreibung eingebetteter Kommunikationssysteme. Hierzu zählen einerseits die Vermittlung elektrotechnischer Grundbegriffe, die Analyse von Gleich- und Wechselstromnetzwerken sowie der Einsatz und die Beschreibung von nichtlinearen Bauelementen in elektronischen Schaltungen. Andererseits werden wichtige Grundbegriffe der Systemtheorie eingeführt. Mittels Fourier-Analyse und Fourier-Transformation erfolgt der Übergang vom Zeit- in den Frequenzbereich. Außerdem erfolgt eine Einführung in die mathematische Modellbildung am Beispiel linearer, zeitinvarianter Systeme. Der zweite Teil der Vorlesung beschäftigt sich mit der Struktur moderner Kommunikationssysteme. Neben wichtigen Grundbegriffen wird auf Signalklassen sowie auf die Analog-Digital-Wandlung analoger Quellensignale näher eingegangen. Weiterhin erfolgt eine Einführung in Übertragungsmedien, der Modulation von Signalen sowie in die Kanal- und Quellencodierung. Abschließend werden die behandelten Inhalte der Lehrveranstaltung am Beispiel aktueller Kommunikationssysteme praktisch aufgegriffen und zusammengefasst. *Inhalt:* Einführung Elektrotechnische Grundlagen • Gleichstromkreis • Schaltvorgänge • Komplexe Wechselstromrechnung LTI-Systeme und Signaldarstellung im Frequenzbereich • Fourier-Analyse • Impulsantwort und Reaktion von LTI-Systemen • Übergang zur Fourier-Transformation Nichtlineare Bauelemente • Diode • Bipolartransistor • Operationsverstärker Grundlagen der Kommunikationstechnik • Allgemeiner Aufbau eines Kommunikationssystems • Signalklassen und Analog-Digital-Wandlung • Übertragungsmedien • Modulation

		• Kanalcodierung • Quellencodierung • Systembeispiele
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden: • wesentliche Grundbegriffe der Elektrotechnik erklären. • einfache Gleichstromnetzwerke analysieren. • zwischen stationären und dynamischen Netzwerken unterscheiden. • Netzwerke bei harmonischer Erregung durch Anwendung der komplexen Wechselstromrechnung analysieren. • nichtlineare Zweipole charakterisieren. • zwischen der Signaldarstellung im Zeit- und Frequenzbereich unterscheiden. • grundlegende Zusammenhänge von LTI-Systemen beschreiben. • die Grundstruktur von Kommunikationssystemen erläutern. • Übertragungsmedien gegenüberstellen und auswählen. • analoge und digitale Modulationsverfahren veranschaulichen. • einfache Kanal- und Quellencodierverfahren anwenden.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Informations- und Kommunikationtechnik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Skriptum zur Lehrveranstaltung • Steffen Paul, Reinhold Paul: Grundlagen der Elektrotechnik und Elektronik 1 Gleichstromnetzwerke und ihre Anwendungen • Martin Werner: Nachrichtentechnik Eine Einführung für alle Studiengänge

1	**Modulbezeichnung** 93570	**Praktikum Software für die Mathematik** Laboratory: Software for Mathematics	**2,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Praktikum Software für die Mathematik [ET] (3 SWS) Praktikum: Praktikum Software für die Mathematik [IuK] (3 SWS) Praktikum: Praktikum Software für die Mathematik [WING-ET, Mathe] (3 SWS) Ja	2,5 ECTS 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr.-Ing. Maximilian Schäfer Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer
5	**Inhalt**	Einführung in den Umgang mit dem Mathematik-Paket MATLAB anhand von Beispielen aus der Schulmathematik und der linearen Algebra. 1) Einführung in Matlab 2) Graphische Ausgabe in Matlab 3) Eigenschaften von Matrizen 4) Polynome und Nullstellen 5) Symbolisches Rechnen mit Matlab
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Allgemeines Die Studierenden erlernen anhand ausgewählter, grundlegender Beispiele die Anwendung des "Software-Tools" Matlab zur Lösung mathematischer bzw. ingenieurwissenschaftlicher Problemstellungen. Grundlage des Praktikums ist die Beherrschung der Schulmathematik (gemäß Lehrplan für Gymnasien in Bayern) und der Inhalte der Mathematikvorlesungen des bisherigen Studienverlaufs (1. Fachsemester). Die Voraussetzungen umfassen insbesondere folgende Teilgebiete: Analysis (Kurvendiskussion von Funktionen einer Veränderlichen, Integration von Funktionen einer Veränderlichen), lineare Algebra (Gleichungssysteme, Gauß'sche Elimination, Eigenwerte), komplexe Zahlen (Polardarstellung und -koordinaten). Aufbauend auf den oben genannten mathematischen Grundlagen erlernen die Studierenden den Umgang mit dem Programmpaket MATLAB. Im Einzelnen: • Die Studierenden unterscheiden die verschiedenen Datentypen in MATLAB und erstellen Variablen für Vektoren bzw. Matrizen; sie wenden die grundlegenden Rechenoperationen auf diese Variablen an. • Die Studierenden erstellen eigene Skriptdateien und entwerfen eigene Funktionen; hierzu verwenden sie u.a. Schleifen, bedingte Anweisungen und Verzweigungen. • Sie geben mathematische Funktionen einer Variablen grafisch aus und wenden Interpolationswerkzeuge an. Sie nutzen die Möglichkeiten der dreidimensionalen Darstellung für

		Funktionen mehrerer Veränderlicher. Ebenso visualisieren sie komplexwertige Problemstellungen, wie sie in der Elektrotechnik üblich sind. • Die Studierenden lösen lineare Gleichungssysteme numerisch mit MATLAB und implementieren dazu eigene Funktionen; sie berechnen die Eigenwerte und Eigenvektoren von Matrizen; sie nutzen den Satz von Cayley-Hamilton für die effiziente Berechnung von Matrixpotenzen. • Die Studierenden werten Polynome mit MATLAB numerisch aus und implementieren dazu eigene Funktionen; sie nutzen MATLAB für die Berechnung von Produkten und Summen von Polynomen und differenzieren Polynome; sie erstellen eigene Funktionen für die numerische Nullstellensuche und approximieren Funktionen mit Polynomen; • Die Studierenden lösen symbolische Gleichungssysteme mit MATLAB und führen eine Kurvendiskussion mit MATLAB bzw. der zugehörigen "Symbolic MATH Toolbox" durch; sie bestimmen mit MATLAB die Oberfläche und das Volumen von Rotationskörpern. **Lern- bzw. Methodenkompetenz** Die Studierenden benutzen die Online-Hilfe von MATLAB zur Suche nach und zur Klärung der Verwendungsweise von MATLAB-Befehlen. Sie arbeiten sich mittels der bereitgestellten Unterlagen und einführender Literatur zu den mathematischen Themen selbstständig in die behandelte Thematik ein. **Selbstkompetenz** Die Studierenden erkennen die notwendigen reglementierten Abläufe des Praktikums und organisieren ihre Arbeit entsprechend (Pünktlichkeit, Anwesenheitspflicht, Vorbereitung, Dokumentation der Ergebnisse). Sie erkennen die Vorzüge einer gründlichen Vorbereitung und Vertiefung der Inhalte der Versuche. Die Studierenden erkennen bereits während der häuslichen Vorbereitungen der Versuche etwaige fachliche Lücken und schließen diese selbständig. **Sozialkompetenz** Die Studierenden fertigen die geforderte Versuchsvorbereitung an, geben diese als Paar vor der Versuchsbearbeitung ab und lösen gemeinsam als Paar die Praktikumsaufgaben im Rechnerraum. Sie tauschen sich über die gestellten mathematischen/ programmiertechnischen Probleme aus und präsentieren und erläutern die erarbeiteten Lösungen als Kleingruppe.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Schulmathematik, Ingenieurmathematik I
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Informations- und Kommunikationtechnik Bachelor of Science Mathematik 20192

10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Praktikumsleistung Hinweise zur Durchführung des Praktikums • Es sind 5 Versuche zu absolvieren. Diese sind in den Kursunterlagen beschrieben. • Jeder Versuch ist zu Hause schriftlich vorzubereiten, die Vorbereitung wird zu Beginn eines jeden Versuch überprüft und bewertet (ausreichend/nicht ausreichend). Die erstellten Unterlagen sind auf StudOn elektronisch zu archivieren. • Die Ergebnisse eines jeden Versuchsabschnitts sind während der Versuchsdurchführung auf den Versuchsrechnern vorzuhalten und werden zum Abschluss des Versuchs mündlich überprüft (ausreichend/nicht ausreichend). Eine schriftliche Dokumentation ist nicht erforderlich. Die erstellten Dateien (Matlab-Code) sind auf StudOn zu archivieren. • Zum Bestehen des Praktikums sind fünf ausreichende Versuchsvorbereitungen und fünf ausreichende Versuchsdurchführungen notwendig. • Ein fehlender Versuch kann innerhalb des Praktikumszeitraums nachgeholt werden. • Die Teilnahme an einer Vorbesprechung des Praktikums sowie die Registrierung in der dem Praktikum zugehörigen StudOn-Gruppe sind Voraussetzung für die Teilnahme an den Versuchen. • Die Vorbesprechung kann durch ein asynchron während der Vorlesungszeit zu ablsovierendes Lernmodul auf StudOn ersetzt werden.
11	**Berechnung der Modulnote**	Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 35 h Eigenstudium: 40 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Skriptum zum Praktikum • jedes grundlegende Lehrbuch zur höheren Mathematik, insbesondere zur Analysis, zur linearen Algebra und zu komplexen Zahlen

1	**Modulbezeichnung** 92681	**Signale und Systeme I** Signals and systems 1	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	**Inhalt**	**Kontinuierliche Signale** • Elementare Operationen, Delta-Impuls, Energie und Leistung, Skalarprodukt und Orthogonalität, Faltung und Korrelation **Fourier-Transformation** • Definition, Symmetrien, inverse Transformation, Sätze und Korrespondenzen **Laplace-Transformation** • Definition, Eigenschaften und Sätze, Inverse Transformation, Korrespondenzen **Kontinuierliche LTI-Systeme im Zeitbereich** • Impulsantwort, Sprungantwort, Beschreibung durch Differentialgleichungen, Direktformen, Zustandsraumdarstellung, äquivalente Zustandsraumdarstellungen, Transformation auf Diagonalform **Kontinuierliche LTI-Systeme im Frequenzbereich** • Eigenfunktionen, Systemfunktion und Übertragungsfunktion, Verkettung von LTI-Systemen, Zustandsraumbeschreibung im Frequenzbereich **Kontinuierliche LTI-Systeme mit Anfangsbedingungen** • Lösung mit der Laplace-Transformation, Lösung über die Zustandsraumbeschreibung, Zusammenhang zwischen Anfangswert und Anfangszustand **Kontinuierliche LTI-Systeme mit speziellen Übertragungsfunktionen** • Reellwertige Systeme, verzerrungsfreie Systeme, linearphasige Systeme, minimalphasige Systeme und Allpässe, idealer Tiefpass und idealer Bandpass **Kausalität und Hilbert-Transformation** • Kausale kontinuierliche LTI-Systeme, Hilbert-Transformation, analytisches Signal **Stabilität und rückgekoppelte Systeme** • Übertragungsstabilität, kausale stabile kontinuierliche LTI-Systeme, Stabilitätskriterium von Hurwitz, rückgekoppelte Systeme **Abtastung und periodische Signale** • Delta-Impulskamm und seine Fourier-Transformierte, Fourier-Transformierte periodischer Signale, Abtasttheorem, ideale und nichtideale Abtastung und Rekonstruktion, Abtastung im Frequenzbereich

6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • analysieren kontinuierliche Signale mit Hilfe der Fourier- und Laplace-Transformation • bestimmen die Impulsantwort, Direktformen und Zustandsraumdarstellung für kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme • berechnen System- und Übertragungsfunktionen für kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme • analysieren die Eigenschaften von kontinuierlichen linearen zeitinvarianten Systemen aufgrund der Zeit- und Frequenzbereichsbeschreibung • stufen kontinuierliche lineare zeitinvariante Systeme an-hand ihrer Eigenschaften Verzerrungsfreiheit, Linearphasigkeit und Minimalphasigkeit ein • bewerten Kausalität und Stabilität von kontinuierlichen linearen zeitinvarianten Systemen • beurteilen die Effekte und Grenzen einer Abtastung von kontinuierlichen Signalen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Dringend empfohlen: Modul Grundlagen der Elektrotechnik I+II" *oder* Module Einführung in die IuK sowie Elektronik und Schaltungstechnik
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Informations- und Kommunikationtechnik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) Schriftliche Prüfung von 90 min Dauer
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	B. Girod, R. Rabenstein, A. Stenger, *Einführung in die Systemtheorie*, Teubner-Verlag, 2005

1	**Modulbezeichnung** 92682	**Signale und Systeme II** Signals and systems 2	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Signale und Systeme II Vorlesung: Signale und Systeme II (4 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Simon Deniffel Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Andre Kaup
5	**Inhalt**	*Diskrete Signale* Elementare Operationen und Eigenschaften, spezielle diskrete Signale, Energie und Leistung, Skalarprodukt und Orthogonalität, Faltung und Korrelation *Zeitdiskrete Fourier-Transformation (DTFT)* Definition, Beispiele, Korrespondenzen, inverse zeitdiskrete Fourier-Transformation, Eigenschaften und Sätze *Diskrete Fourier-Transformation (DFT)* Definition, Beispiele, Korrespondenzen, Eigenschaften und Sätze,Faltung mittels der diskreten Fourier-Transformation, Matrixschreibweise, schnelle Fourier-Transformation (FFT) *z-Transformation* Definition, Beispiele, Korrespondenzen, inverse z-Transformation, Eigenschaften und Sätze *Diskrete LTI-Systeme im Zeitbereich* Beschreibung durch Impulsantwort und Faltung, Beschreibung durch Differenzengleichungen, Beschreibung durch Zustandsraumdarstellung *Diskrete LTI-Systeme im Frequenzbereich* Eigenfolgen, Systemfunktion und Übertragungsfunktion, Verkettung von LTI-Systemen, Zustandsraumbeschreibung im Frequenzbereich *Diskrete LTI-Systeme mit speziellen Übertragungsfunktionen* Reellwertige Systeme, verzerrungsfreie Systeme, linearphasige Systeme, minimalphasige Systeme und Allpässe, idealer Tiefpass und ideale Bandpässe, idealer Differenzierer *Kausale diskrete LTI-Systeme und Hilbert-Transformation* Kausale diskrete LTI-Systeme, Hilbert-Transformation für periodische Spektren, analytisches Signal und diskreter Hilbert-Transformator *Stabilität diskreter LTI-Systeme* BIBO-Stabilität, kausale stabile diskrete Systeme, Stabilitätskriterium für Systeme N-ter Ordnung *Beschreibung von Zufallssignalen* Erwartungswerte, stationäre und ergodische Zufallsprozesse, Autokorrelations- und Korrelationsfunktion, Leistungsdichtespektrum, komplexwertige Zufallssignale *Zufallssignale und LTI-Systeme* Verknüpfung von Zufallssignalen, Reaktion von LTI-Systemen auf Zufallssignale, Wienerfilter
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden

		• analysieren diskrete Signale mit Hilfe der zeitdiskreten Fourier-Transformation und berechnen deren diskrete Fourier-Transformation • bestimmen die Impulsantwort, Direktformen und Zustandsraumdarstellung für diskrete lineare zeitinvariante Systeme • berechnen System- und Übertragungsfunktionen für diskrete lineare zeitinvariante Systeme • analysieren die Eigenschaften von diskreten linearen zeitinvarianten Systemen aufgrund der Zeit- und Frequenzbereichsbeschreibung • stufen diskrete lineare zeitinvariante Systeme anhand ihrer Eigenschaften Verzerrungsfreiheit, Linearphasigkeit und Minimalphasigkeit ein • bewerten Kausalität und Stabilität von diskreten linearen zeitinvarianten Systemen • bewerten diskrete Zufallssignale durch Berechnung von Erwartungswerten und Korrelationsfunktionen • beurteilen die wesentlichen Effekte einer Filterung von diskreten Zufallssignalen durch diskrete lineare zeitinvariante Systeme
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Informations- und Kommunikationtechnik Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

Nebenfach Molekularbiologie

1	**Modulbezeichnung** 63160	**Grundlagen der Zellbiologie und Genetik** Basics of cytology and genetics	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Wiebke Herzog
5	**Inhalt**	**Biomoleküle (Koch)** • Grundlegende chemische Eigenschaften von Wasser und einfacher organischer Moleküle, Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Carbonsäuren, Ester, Amine. Eigenschaften von Aminosäuren, Aufbau von Proteinen, Sekundärstrukturen, Wasserstoffbrückenbindungen, Isolelektrischer Punkt, Proteinfaltung, einfache Methoden zur Proteinanalytik,- Struktur von einfachen Zuckern, Zuckerderivaten und Polysacchariden • Struktur und Funktionen von Nukleinsäuren, DNA Struktur, Komplexität und Topologie der DNA in verschieden Organismen, Organellen, Viren und Plasmiden, DNA Komplementarität, Hybridisierung und einfache Methoden zur DNA Charakterisierung. Struktur und Funktionen unterschiedlicher RNA Moleküle, mRNA, tRNA rRNA, und RNA als Katalysator • Struktur und Eigenschaften von Lipiden, Membranaufbau, Proteine in Membranen und Grundlagen des Transports über Membranen,- Sequenzvergleiche homologer Proteine. **Zellbiologie (Dietrich)** • Einführung und Geschichte der Zellbiologie (Entwicklung der Mikroskopie, Zelle, Gewebe, Organe etc.) • Zellwand und Extrazelluläre Matrix (Glukosaminoglukane, Kollagen, Elastin, Fibronektin, Cellulose, Pektin, Lignin, Hydroxyprolinreiche Glykoproteine, Lipopolysaccharide, Murein, Teichonsäuren, Pseudomurein, S-Layers) • Plasmamembran (Funktion, Bausteine, Proteinanteil, Transport, ATPasen, Energetisierung, Rezeptoren, Signalleitung, second messanger etc.) • Zell/Zell-Verbindungen (Tight Junctions, Desmosomen, Gap Junctions, Synapsen, Plasmodesmata, elektrische Kopplung etc.) • Vakuole der Pflanzenzelle (Aufbau, Funktionen, Speicherung, Energetisierung etc.) • Lysosom der Tierzelle (Aufbau, Funktionen, Energetisierung etc.) • Peroxysomen (Aufbau, typische Reaktionen, Funktionen in Tier und Pflanze)

		• Plastiden (verschiedene Typen, Entstehung, Funktionen, Speicherung, Farb¬gebung, Photosynthese, Biosynthesen, Aufbau, Plastom, ATP-Synthese etc.) • Mitochondrien (Entstehung, Funktionen, Chondriom, ATP-Synthese etc.) • Ribosomen (Funktion, Polysomen, 70S versus 80S Ribosomen, Ribosomen von Mitochondrien und Plastiden, rRNA etc.) • Endoplasmatisches Reticulum (rau, glatt, unterschiedliche Aufgaben, Protein¬synthese und - modifikation, Sekretion, Signal Recognition Particle etc.) • Golgi-Apparat (Proteinmodifikationen, Sekretion etc.) • Zellkern (Funktion, Chromatin, Nukleosomen, Histone, DNA, Kernhülle, Kernporen etc.) • Zytoplasma, Zytosol und Zytoskelett (Mikrotubuli, Aktin, Intermediärfilamente, Motorproteine, Dyneine, Kinesine, Myosine, Muskelzelle und Muskelbewegung) • eukaryontische Geißeln und prokaryontische Flagellen (Aufbau, Axonema, Basalkörper, Centriolen, Mikrotubuli, Flagellenmotor, Mechanismen des Antriebs, Chemotaxis etc.). **Genetische Grundlagen (Herzog)** • Wachstum und Teilung (Genom/Zytoplasma Relation, Syncytium, Plasmodium, Zellzyklus, Mitosephasen, Checkpoints, Replikation) • Genexpression, Zytogenetik und Sexualität (Transkription und RNA Processing, Genomorganisation bei Pro- und Eukaryoten, sichtbare und aktive Strukturen der Chromosomen in der Interphase, Nukleolus, Lampenbürstenchromosomen, Polytänchromosomen, Bedeutung der Sexualität, Generationswechsel, Meiose, Mechanismen der Neukombination • Klassische Genetik (Genbegriff, Gen und Phän, Allelbegriff, Mutation und Selektion, Genpool, dominante und rezessive Merkmale, Mendel-Regeln, Genkopplung, Genkarten) • Molekulare Genetik (Genregulation, Transkriptionsfaktoren) • Entwicklung (Differenzierung und Determination, Zygotengröße und Furchungstypen, Invertebraten- und Vertebratenmodelle der Entwicklung, Gastrulation und Keimblätter, Epithel und Mesenchym, Organogenese, Entwicklungsgene, Kontrollgene als Transkriptionsfaktoren, Signaltransduktion und Induktion, Genkaskade bei Drosophila, Keimbahn & Soma, Stammzellkonzept, Zelltod, Krebs).
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • können die Grundlagen der Biochemie darstellen insbesondere die Struktur und Funktionen von Zuckern, Proteinen und Nukleinsäuren (insb. DNA); • sind in der Lage, die Merkmale und Unterschiede der Zellen von Archaeen, Bakterien, Pilzen, Pflanzen und Tieren

		darzustellen und die Zellbestandteile- und bausteine zu benennen und zuzuordnen; • sind fähig, biochemische Aufgaben und Funktionen der Zelle zuordnen • können das Grundlagenwissen der Genetik und Entwicklungsbiologie anwenden und verstehen die Rolle des Genoms für die Funktion und Entwicklung von Lebewesen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Molekularbiologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) PL: E-Prüfung im Antwort-Wahlverfahren (90 Min.)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Wiederholung der Prüfungen**	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h
15	**Dauer des Moduls**	1 Semester
16	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
17	**Literaturhinweise**	B. Alberts: Lehrbuch der Molekularen Zellbiologie; W. Nultsch: Allgemeine Botanik

1	**Modulbezeichnung** 63170	**Molekularbiologie** Molecular biology	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Biologie IV: Molekularbiologie und Genomik (3 SWS) Übung: Biologie IV: Übungen zur Molekularbiologie (5 SWS) Die Übungen sind anwesenheitspflichtig.	- -
3	Lehrende	Dr. Christian Lamm Prof. Dr. Thomas Winkler PD Dr. Sophia Sonnewald Prof. Dr. Esther Zanin Dr. Anja Werner Dr. Franz Klebl Dr. Nicole Tegtmeyer-Backert Dr. Heiner Busch Dr. Kristina Hacker	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Thomas Winkler
5	**Inhalt**	**Molekularbiologie und Genomik** DNA Struktur, Historische Experimente, biochemische Aktivitäten von DNA Polymerasen (DNAPOLI vs. DNAPOLIII), Prozessivität, Nukleotid Synthese, Enzyme der Replikationsgabel, Telomerase, DNA Topologie und Topoisomerasen, Mutation und Reparaturenzyme, RNA-Polymerase von *E.coli*, *lac*-Operon, Nukleäre RNA Polymerasen der Eukaryonten, Struktur ribosomaler RNAs und Aufbau von rRNA Genen in Pro-und Eukaryonten, Sekundärstruktur von RNA, RNA Prozessierung (RNAaseP), Grundlagen des RNA Spleißens (snRNAs), Selfsplicing, t-RNA Struktur und t-RNA Aktivierung, Proteinbiosynthese, Translationsinitiation in Prokaryonten (rbs) und Eukaryonten (eIF4E), Funktion von G-Proteinen bei der Translation. RNA als Katalysator. Struktur von Pro- und Eukaryontengenomen, Methoden der Sequenzierung von Genomen, Genkartierung, physikalische und genetische Genkarten, genetische Marker, monogenetische und komplexe Vererbungen und Erbkrankheiten des Menschen, genetische Fingerabdrücke, genetische Diagnostik, Hochdurchsatzmethoden der funktionellen Genomik (Arraytechniken). **Praktische Übungen** Molekularbiologische Methoden: DNA-Isolation, Klonierung einer Genbank, Restriktionsverdaus, DNA-Gelektrophorese, PCR, Isolierung von Stoffwechsel-mutanten der Bäckerhefe, Komplementationsgruppen, Plasmidkomplementation, RT-PCR. **eLearning Übung** Übungen zur praktischen Anwendung von digitalen Werkzeugen". Biologische Datenbanken, Arbeiten mit Sequenzen, Datenanalyse und wissenschaftliche Dokumentation, domänenspezifische IT-Kompetenz.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • können die Grundlagen der Molekularbiologie und Biochemie darstellen und erklären;

		• sind fähig, die Grundlagen und Methoden der Genomik zu erklären und verstehen die Rolle des Genoms für die Funktion und Entwicklung von Lebewesen; • sind aufgrund der regelmäßigen und aktiven Teilnahme in der Lage, die molekularbiologische Grundmethoden auf ausgewählte Beispiele selbständig anzuwenden und mit molekularbiologischen Laborgeräten umzugehen; • verstehen die Prinzipien molekularbiologischer Arbeitstechniken und können das Wissen bei den ausgewählten Versuchen, deren Protokollierung und Auswertung anwenden; • beherrschen den Umgang und das sterile Arbeiten mit Mikroorganismen; welches Voraussetzungen für alle molekularbiologischen, mikrobiologischen Arbeiten sowie der Zellkulturtechnik ist; • sind sich in ihrem Handeln der ethischen Verantwortung bewusst; • recherchieren schnell und zielgerichtet biologische Fragestellungen; • formulieren Datenbankabfragen und verstehen die Suchergebnisse; • erstellen aussagekräftige wissenschaftliche Abbildungen; • wenden ihr biologisches Wissen bei der Nutzung digitaler Werkzeuge an; • organisieren ihr Lernen selbstständig; • arbeiten konstruktiv in Teams; • wenden dasLearning Management System" StudOn aus der Lernerperspektive an.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Molekularbiologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Studienleistung Klausur (90 Minuten) PL: Klausur (90 Min) SL: Protokollheft mit Testat ca. 50 Seiten (unbenotet)
11	**Berechnung der Modulnote**	Studienleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 120 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch

16	**Literaturhinweise**	Molecular Biology of the Gene (Watson et al.)

1	**Modulbezeichnung** 63180	**Biochemie und Physiologie** Biochemistry and physiology	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. Die Übungen sind anwesenheitspflichtig.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Uwe Sonnewald
5	**Inhalt**	**Biochemie der Zelle (6 Wochen)** • Enzyme: Kinetik, katalytische Mechanismen, Regulation (kovalent, nicht-kovalent) • Zentraler Energiestoffwechsel: Glykolyse, Gluconeogenese, Zitrat Zyklus, Respiration • Speicherstoffwechsel: Fettsäure-Oxidation, Speicherkohlenhydrate • Aminosäurestoffwechsel und Protein-Turnover. **Physiologie der Pflanze (4 Wochen)** • Photosynthese (Licht- und Kohlenstoffreaktionen) • Stofftransport (Xylem, Phloem, Zell-Zell Transport) • Wirkprinzipien von Phytohormonen • Sekundärstoffwechsel. **Physiologie der Tiere (4 Wochen)** • Erregbare Zellen (Nervenzellen, Muskelzellen) • Synapsen (Rezeptoren, Kanäle, Transmitter) • Mechanismen der inter- und intrazellulären Signalleitung und Kommunikation. **Praktische Übungen** Reinigung von Proteinen, Elektronentransport in der mitochondriellen Atmungskette, biochemische Charakterisierung von Enzymen, gelektrophoretische Trennverfahren zur Proteinanalytik, immunologischer Nachweis von Proteinen.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • können die Regulationsprinzipien von Enzymen sowie deren Bedeutung für die Physiologie tierischer- und pflanzlicher Organismen in den Grundlagen darstellen und erklären; • können den Stoffwechsels von Zellen nachvollziehen und erklären; • sind in der Lage, grundlegende biochemische Experimente selbständig zu planen und durchzuführen; • können mit anwendungsspezifischen wissenschaftlichen Messgeräten umgehen; • sind in der Lage, die Messergebnisse selbständig auszuwerten und fachgerecht zu protokollieren; • sind zur Teamarbeit befähigt.

7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Molekularbiologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Studienleistung Klausur (90 Minuten) PL: Klausur (90 Min) SL: Protokollheft ca. 30 Seiten (unbenotet)
11	**Berechnung der Modulnote**	Studienleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Informationsmaterialien zur Vor- und Nachbereitung des Stoffes werden im Internet und als Kopien zur Verfügung gestellt.

1	**Modulbezeichnung** 63190	**Zell-Zellkommunikation, Signalverarbeitung und Entwicklung** Cell-cell communication, signal processing and development	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: ILS-B4: Vorlesung zu Zell-Zellkommunikation, Signalverarbeitung und Entwicklung (3 SWS) Übung: ILS-B4: Übung zu Zell- Zellkommunikation, Signalverarbeitung und Entwicklung (3 SWS) Die Übungen sind anwesenheitspflichtig.	4 ECTS 3,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Lars Nitschke Prof. Dr. Benedikt Kost Prof. Dr. Petra Dietrich Prof. Dr. Wiebke Herzog	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Lars Nitschke
5	**Inhalt**	**Zell-Zellkommunikation und Signalverarbeitung** Steuerung durch Hormone und Licht bei Pflanzen (Modell *Arabidopsis*). Einsatz von Reportergenen zur Analyse von Zellkommunikation und Signalleitung; Transformation pflanzlicher Zellen; Kommunikation zwischen Immunzellen, Signaltransduktion über Ca^{++} bzw. Thyrosin-Phosphatasen (Lympozyten). Verwendung von *knock-out*-Techniken in der Maus. Wnt-, TGF-ß-, FGF und Hh-Signalwege in Embryonalentwicklung und Organogenese von *Drosophila*. **Entwickung und Differenzierung** Übersicht über die Entwicklung von Pflanzen (*Arabidopsis*) mit den Schwerpunkten sexuelle Reproduktion, Embryogenese & Steuerung der Meristemaktivität. Verwendung von Vorwärts-Genetik, transgenen Pflanzen & RNA-Interferenz zur Untersuchung der Entwicklung. Embryonale Musterbildung (Segmentierung) und Organogenese (Muskulatur, Herz, Auge, Extremitäten) bei *Drosophila*. Genetische Grundlagen von Entwicklungsstörungen. Analyse regulatorischer Netzwerke: Expressionsveränderungen in mutanten Embryonen; klonale Analyse und Miss-Expressionssysteme.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • können die grundlegenden Prozesse der Signalleitung in Zellen, der Zell-Zellkommunikation und der Entwicklung erklären; • können die wichtigsten Modellsysteme, die für Untersuchungen in diesem Forschungsfeld verwendet werden, darstellen; • sind aufgrund der regelmäßigen aktiven Teilnahme fähig, grundlegende Experimente der Entwicklungsbiologie selbständig zu planen und durchzuführen;

		• sind fähig, das erworbene Wissen mithilfe mikroskopischer Arbeitstechniken praktisch anzuwenden; • können mit anwendungsspezifischen wissenschaftlichen Messgeräten umgehen; • können die Messergebnisse auswerten und fachgerecht protokollieren; • sind sich in ihrem Handeln der ethischen Verantwortung bewusst; • sind zur Teamarbeit befähigt.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Molekularbiologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Studienleistung Klausur (90 Minuten) PL: Klausur zur (90 Min) SL: Protokollheft ca. 40 Seiten (unbenotet)
11	**Berechnung der Modulnote**	Studienleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	E. Weiler/L. Nover: Allgemeine und molekulare Botanik" Thieme Verlag. Kühl, Gessert: Entwicklungsbiologie (UTB basics 2010, 25); Weitere Informations-materialien werden im Internet/bzw. als Kopien zur Verfügung gestellt.

Nebenfach Nanotechnologie

1	**Modulbezeichnung** 95700	**Grundlagen der Nanotechnologie I** Foundations of Nanotechnology I	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Einführung in die Nanotechnologie (2 SWS, WiSe 2025) Praktikum: Nano P1 (5 SWS, SoSe 2025)	2,5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Joachim Kaschta	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Marcus Halik
5	**Inhalt**	• Wissensvermittlung zu Grundfragen, praktischer Relevanz und Begrifflichkeit von Nanotechnologie" • Diskussion und Erklärung von 0D-, 1D-, 2D- und 3D-Nanostrukturen • Erklärung der jeweiligen Effekte (optisch, mechanisch, elektronisch) - Grundlagen der mikoskopischen Charakterisierung von Nanostrukturen (lichtmikroskopische Verfahren, Elektronenmikroskopie, Rasterkraftmikroskopie, Rastertunnelmikroskopie) • Einführung in die Röntgenbeugung an Nanostrukturen • Erste Einblicke in nanoanalytische, spektroskopische und nanomechanische Charakterisierungsverfahren Praktikum Nano 1: • Experimentelle Arbeiten zur Vertiefung der Vorlesungsinhalt
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erhalten einen einleitenden Überblick über die Thematik • erlernen wichtige Grundlagen (Strukturen, Bausteine, Effekte etc.) • sind in der Lage, Nanostrukturen entsprechende Funktionalitäten zuzuordenen • kennen wichtige Anwendungen und Entwicklungsfelder • sind in der Lage, verschiedene mikroskopische Verfahren zur Untersuchung von Nanostrukturen zu beschreiben und miteinander zu vergleichen • kennen einige wichtige Untersuchungsverfahren zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung sowie der Eigenschaften (optisch, mechanisch, elektronisch) von Nanostrukturen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Nanotechnologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) Praktikumsleistung Praktikumsbericht, 20 Seiten

11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Wiederholung der Prüfungen**	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 135 h Eigenstudium: 165 h
15	**Dauer des Moduls**	2 Semester
16	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
17	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 95690	**Messtechnik und Werkstoffeigenschaften** Testing methods and characteristics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Erdmann Spiecker
5	**Inhalt**	Grundlagen zu elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften von Werkstoffen (Elektrische Leitfähigkeit, Dielelektrische Eigenschaften, Ferro- und Ferrimagnetismus, Supraleitung, Optische Werkstoffeigenschaften) Mess- und Analyseverfahren zur Charakterisierung und Prüfung von Werkstoffen aus allen Materialklassen (Messgrößen und ihre Einheiten, Dichte und Porosität, chemische Analyse, Gefügeanalyse, Bestimmung von mechanischen, thermischen, elektrischen, magnetischen und optischen Eigenschaften, zerstörungsfreie Prüfung)
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden erwerben fundierte Kenntnisse zu den relevanten Funktionsmaterialien und erarbeiten sich die Korrelation zwischen Materialeigenschaften, Funktionsumfang und Anwendung in der Praxis. Moderne Anwendungsbeispiele für Funktionsmaterialien komplementieren die Grundkompetenzen in den metallischen Werkstoffen (Leitfähigkeitsphänomene), den halbleitenden Werkstoffen (Photovoltaik), dem Magnetismus (Supraleitung), der Optik (Leuchtstoffe und Lichtemission) und den dielektrischen Funktionsmaterialien (Piezo- und Ferroelektrizität) Kennenlernen der grundlegenden experimenteller Techniken in den Werkstoffwissenschaften zur Charakterisierung von Struktur- und Funktionsmaterialien, Verfassen von technischen Berichten, Teamarbeit
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Nanotechnologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h

14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Wird in den Vorlesungen angegeben.

1	**Modulbezeichnung** 63450	**Physikalische Chemie der Nanostrukturen** Physical Chemistry of Nanostructures	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Physikalische Chemie für Materialwiss. & Werkstofft. u. Nanotechn. (2 SWS) Übung: Übung zur Physikalischen Chemie für Materialwiss. & Werkstofft. u. Nanotechn. (2 SWS)	5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Rainer Fink	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Rainer Fink
5	**Inhalt**	Wissensvermittlung zu Grundfragen der Physikalischen Chemie mit Fokussierung auf Thermodynamik, Kinetik und Transportprozesse
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über die Grundlagen der Physikalischen Chemie • verstehen die Zusammenhänge thermodynamischer Grundbegriffe • sind in der Lage, thermodynamische Phänomene zu erklären und auf weiterführende Themen anzuwenden. • können die vorgestellten Theorien kritisch reflektieren • beherrschen praktisches Rechnen für zahlreiche werkstoffwissenschaftlich relevante Themen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Nanotechnologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Wird in der Vorlesung bekannt gegeben.

1	**Modulbezeichnung** 95542	**Physikalische Chemie der Werkstoffe** Physical Chemistry of Materials	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Festkörperthermodynamik (2 SWS) Vorlesung mit Übung: Computeranwendungen in der Verfahrenstechnik für NT (3 SWS) Übung: Übungen zu Computeranwendungen in der Verfahrenstechnik für NT (1 SWS)	2,5 ECTS - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen Dr. Frank Wendler	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Sannakaisa Virtanen
5	**Inhalt**	Festkörperthermodynamik: Grundlagen der Thermodynamik Thermodynamik von Legierungen Phasengleichgewichte Punktdefekte Festkörperelektrochemie Thermodynamik von Grenz- und Oberflächen Computeranwendungen in der Verfahrenstechnik: Abstrahieren von werkstoffwissenschaftlichen Problemstellungen in Form mathematischer Modelle, Einsatz von Programmpaketen (z.B. MatLab) zum Lösen praxisnaher Probleme (Analyse von Messreihen, Wärmeleitung)
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Grundlegendes Verständnis für thermodynamische Prinzipien in Werkstoffwissenschaften Relevanz für die Herstellung und Anwendung von Werkstoffen. Entwickeln von Verständnis für die mathematische Formulierung werkstoffwissenschaftlicher Fragestellungen, Erlernen des Umgangs mit numerischen Werkzeugen (z.B. MatLab), Anpassung und Interpretation von Fit-Kurven an Messreihen, numerische Lösung von eindimensionalen Differentialgleichungen und linearen Gleichungssystemen. Kennenlernen von experimentellen Techniken in den Werkstoffwissenschaften. Verfassen von technischen Berichten. Teamarbeit
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Nanotechnologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Klausur (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

Nebenfach Philosophie

1	**Modulbezeichnung** 75290	**Einführung in die Philosophie** Introduction to philosophy	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Gerhard Ernst
5	**Inhalt**	• Vermittlung von Arbeitstechniken wie Bibliographieren, Exzerpieren, Texte verfassen • Einweisung in die Benutzung der örtlichen Bibliotheken • Vermittlung eines ersten Überblicks in die verschiedenen Teilbereiche der Philosophie • Einführung in den Umgang und das Analysieren philosophischer Texte
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erwerben die Fähigkeit, die Arbeitsmittel und -techniken selbständig zu gebrauchen, die für ihr Philosophiestudium unerlässlich sind • erwerben grundlegende Kenntnisse der philosophischen Begrifflichkeit • lernen Texte auf ihre argumentative Struktur hin zu durchschauen und zu analysieren • gewinnen einen ersten Überblick über die verschiedenen Teilbereich der Philosophie
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Philosophie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich Mündliche Prüfung ca. 15 Min.
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Literaturhinweise erhalten Sie in der Lehrveranstaltung

1	**Modulbezeichnung** 75300	**Logische Propädeutik** Preparatory course: Logic	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Dorothea Debus
5	**Inhalt**	Einführung in die formale Logik
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erwerben grundlegende Kenntnisse der formalen Logik, insbesondere der Aussagenlogik und Prädikatenlogik • erlernen den Umgang mit logischen Kalkülen, insbesondere das Führen von Beweisen • erwerben die Fähigkeit normalsprachliche Argumente in formalen Sprachen wiederzugeben • erwerben in Grundkenntnisse in der Philosophie der Logik
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Philosophie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Literaturhinweise erhalten Sie in der Lehrveranstaltung

1	**Modulbezeichnung** 75320	**Grundkurs Theoretische Philosophie** Basic course: Theoretical philosophy	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Proseminar: Grundkurs Theoretische Philosophie, Gruppe 1 (2 SWS) Proseminar: Grundkurs Theoretische Philosophie, Gruppe 2 (2 SWS) Proseminar: Tutorium (1) Grundkurs Theoretische Philosophie (2 SWS) Proseminar: Tutorium (2) Grundkurs Theoretische Philosophie (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Dorothea Debus	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Dorothea Debus
5	**Inhalt**	• Vermittlung von Grundkenntnissen in der Erkenntnistheorie, Metaphysik, Philosophie des Geistes und Sprachphilosophie • Einführung in Grundbegriffe der verschiedenen Bereiche der theoretischen Philosophie • Einführung in unterschiedliche system
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erwerben einen Überblick über die verschiedenen Teilbereiche der theoretischen Philosophie, wie Metaphysik, Erkenntnistheorie, Philosophie des Geistes und Sprachphilosophie • erwerben Grundkenntnisse über die philosophiegeschichtliche Entwicklung der verschiedenen Teilbereiche der theoretischen Philosophie • werden in den systematischen Umgang mit und die Analyse von zentralen historischen und zeitgenössischen Texten der Erkenntnistheorie, Metaphysik, Philosophie des Geistes und Sprachphilosophie eingeführt
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Philosophie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich/mündlich Kurze mündliche Präsentation und Essay (ca. 5 Minuten und 5 Seiten), sowie Übungsaufgaben (4-6 Übungsblätter mit Multiple Choice Fragen).
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich/mündlich (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h

14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Literaturhinweise werden in der Lehrveranstaltung gegeben

1	**Modulbezeichnung** 75310	**Grundkurs Praktische Philosophie** Basic course: Practical philosophy	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Erasmus Mayr
5	**Inhalt**	• Vermittlung fundierter Grundlagen der Ethik • Systematische Diskussion von Termini wie Moral und Ethik, Autonomie, Glück, freier Wille, Gerechtigkeit • Vermittlung der Kenntnis verschiedener in der Geschichte der Philosophie vertretener Ansä
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erlangen fundierte Kenntnisse über die Grundlagen und Grundprobleme der Ethik • erwerben Grundkenntnisse über die philosophiegeschichtliche Entwicklung der Ethik • werden in den systematischen Umgang und die Analyse mit zentralen historischen und zeitgenössischen Texten der Ethik eingeführt
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1;3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Philosophie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich/mündlich Kurze mündliche Präsentation und Essay (ca. 5 Min. und 5 Seiten) sowie Übungsaufgaben (4-6 Übungsblätter mit Multiple-Choice Fragen).
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich/mündlich (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Literaturhinweise werden in der Lehrveranstaltung gegeben

1	**Modulbezeichnung** 75350	**Basismodul Theoretische Philosophie** Basic module: Theoretical philosophy	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Proseminar / Mittelseminar: Platon: Menon (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Die Philosophie Nelson Goodmans (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Einführung in die Wissenschaftsphilosophie (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Die Philosophie des Pragmatismus - J. Dewey, W. James u.a. (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Logik für Fortgeschrittene (2 SWS)	- - - - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Gerhard Ernst Dr. Hannes Worthmann Dr. Michael Jungert Dr. Thomas Grethlein apl. Prof. Dr. Peter Bernhard	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Dorothea Debus
5	**Inhalt**	• Erwerb fundierten Grundlagenwissens des betreffenden Teilgebiets der theoretischen Philosophie • Weiterführende systematische Auseinandersetzung mit den für das Teilgebiet zentralen Begriffen • Genaue Diskussion verschiedener in der Geschich
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • machen sich durch die Diskussion der Grundlagen und Grundfragen des jeweiligen Teilbereichs eingehend mit diesen vertraut • erwerben grundlegende Kenntnisse über die Entwicklung des betreffenden Teilgebiets in der Geschichte der Philosophie • erwerben die Fähigkeit komplexe philosophische Inhalte im Seminar zu präsentieren • lernen Hausarbeiten zu schreiben • erlernen die Fähigkeit zentrale Texte der Philosophiegeschichte systematisch zu interpretieren
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Vorherige Absolvierung der Propädeutiken und des Grundkurses theoretische Philosophie wird empfohlen
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Philosophie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich/mündlich Präsentation (ca. 20 min) mit Hausarbeit (ca. 12 Seiten) oder Präsentation mit 3 Essays (je ca. 4 Seiten). Die konkrete Prufungsform wird abhängig vom didaktischen Konzept der konkreten Lehrveranstaltung von der bzw. dem

		Lehrenden festgelegt und ist abhängig von der Wahl der konkreten Lehrveranstaltung durch die Studierende bzw. den Studierenden.
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich/mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 240 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Literaturhinweise werden in den Lehrveranstaltungen gegeben

1	**Modulbezeichnung** 75340	**Basismodul Praktische Philosophie** Basic module: Practical philosophy	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Proseminar / Mittelseminar: Platon: Menon (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Die Philosophie Nelson Goodmans (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Einführung in die Angewandte Ethik (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Kant, Grundlegung zur Metaphysik der Sitten (3 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Mill, Utilitarianism (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Die Philosophie des Pragmatismus - J. Dewey, W. James u.a. (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Ethics and Ethical Theory in an Indian Context (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Gleichheit und Gleichverteilung (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Übung zu "Gleichheit und Gleichverteilung" (2 SWS)	- - - - - - - - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Gerhard Ernst Dr. Hannes Worthmann Dr. Norbert Walz Prof. Dr. Nico Scarano Dr. Stefan Brandt Dr. Thomas Grethlein Prof. Ratugamage Asha Nimali Fernando Konstantin Weber	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Erasmus Mayr Prof. Dr. Nico Scarano
5	**Inhalt**	• Erwerb fundierten Grundlagenwissens des betreffenden Teilgebiets der praktischen Philosophie • Weiterführende systematische Auseinandersetzung mit den für das Teilgebiet zentralen Begriffen • Genaue Diskussion verschiedener in der Geschichte
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • machen sich durch die Diskussion der Grundlagen und Grundfragen des jeweiligen Teilbereichs eingehend mit diesem vertraut • erwerben grundlegende Kenntnisse über die Entwicklung des betreffenden Teilgebiets in der Geschichte der Philosophie • erwerben die Fähigkeit komplexe philosophische Inhalte im Seminar zu präsentieren • lernen Hausarbeiten zu schreiben • erlernen die Fähigkeit zentrale Texte der Philosophiegeschichte systematisch zu interpretieren

7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Vorherige Absolvierung der Propädeutiken und des Grundkurses praktische Philosophie wird empfohlen
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Philosophie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich/mündlich Präsentation (ca. 20 min) mit Hausarbeit (ca. 12 Seiten) oder Präsentation mit 3 Essays (je ca. 4 Seiten). Die konkrete Prufungsform wird abhängig vom didaktischen Konzept der konkreten Lehrveranstaltung von der bzw. dem Lehrenden festgelegt und ist abhängig von der Wahl der konkreten Lehrveranstaltung durch die Studierende bzw. den Studierenden.
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich/mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 240 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Literaturhinweise werden in den Lehrveranstaltungen gegeben.

1	**Modulbezeichnung** 75330	**Basismodul Philosophie** Basic module: Philosophy	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Proseminar / Mittelseminar: Platon: Menon (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Die Philosophie Nelson Goodmans (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Einführung in die Wissenschaftsphilosophie (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Einführung in die Angewandte Ethik (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Kant, Grundlegung zur Metaphysik der Sitten (3 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Mill, Utilitarianism (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Die Philosophie des Pragmatismus - J. Dewey, W. James u.a. (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Ethics and Ethical Theory in an Indian Context (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Logik für Fortgeschrittene (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Gleichheit und Gleichverteilung (2 SWS) Proseminar / Mittelseminar: Übung zu "Gleichheit und Gleichverteilung" (2 SWS)	- - - - - - - - - - -
3	Lehrende	Prof. Dr. Gerhard Ernst Dr. Hannes Worthmann Dr. Michael Jungert Dr. Norbert Walz Prof. Dr. Nico Scarano Dr. Stefan Brandt Dr. Thomas Grethlein Prof. Ratugamage Asha Nimali Fernando apl. Prof. Dr. Peter Bernhard Konstantin Weber	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Gerhard Ernst
5	**Inhalt**	• Erwerb fundierten Grundlagenwissens eines Teilbereiches der theoretischen oder praktischen Philosophie • Weiterführende systematische Auseinandersetzung mit den für das Teilgebiet zentralen Begriffen • Genaue Diskussion verschiedener in der G
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • machen sich durch die Diskussion der Grundlagen und Grundfragen des jeweiligen Teilbereichs eingehend mit diesem vertraut

		• erwerben grundlegende Kenntnisse über die Entwicklung des betreffenden Teilgebiets in der Geschichte der Philosophie • erwerben die Fähigkeit komplexe philosophische Inhalte im Seminar zu präsentieren • lernen Hausarbeiten zu schreiben • erwerben im Rahmen des Textseminars die Fähigkeit zentrale Werke der Philosophiegeschichte systematisch zu interpretieren.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Vorherige Absolvierung der Propädeutiken und eines der Grundkurse wird empfohlen
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Philosophie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Präsentation/Hausarbeit Präsentation (ca. 20 min) mit Hausarbeit (ca. 12 Seiten) oder Präsentation mit 3 Essays (je ca. 4 Seiten). Die konkrete Prüfungsform wird abhängig vom didaktischen Konzept der konkreten Lehrveranstaltung von der bzw. dem Lehrenden festgelegt und ist abhaṅgig von der Wahl der konkreten Lehrveranstaltung durch die Studierende bzw. den Studierenden.
11	**Berechnung der Modulnote**	Präsentation/Hausarbeit (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 240 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Literaturhinweise werden in den Lehrveranstaltungen gegeben

Nebenfach Physik (experimentell)

1	**Modulbezeichnung** 66061	**Experimentalphysik 1 + 2: Mechanik, Wärmelehre und Elektrodynamik** Experimental physics 1 + 2: Mechanics, thermodynamics and electrodynamics	**15 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Experimentalphysik 2 für Physikstudierende: Wärmelehre und Elektrodynamik (5 SWS, SoSe 2025) Übung: Übungen zur Experimentalphysik 2 für Physikstudierende: Wärme und Elektrodynamik (2 SWS, SoSe 2025)	7,5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Stefan Funk	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Hommelhoff Prof. Dr. Janina Maultzsch Prof. Dr. Christopher van Eldik Prof. Dr. Joachim Zanthier
5	**Inhalt**	**Mechanik** • Einführendes: Gebiete der Physik, Längen- und Geschwindigkeitsskalen, Abgrenzung klassische/ Quanten-/ relativistische Physik; Physikalische Größen; Messungen und Messfehler • Mechanik eines Massenpunktes: Bewegung auf Raumkurven, Geschwindigkeit, Beschleunigung, Drehbewegungen, Längen- und Zeitmessung; Masse, Impuls, Impulserhaltung; Newtonsche Gesetze; Kraftfelder, Arbeit, Potential, Energie, Energiesatz, Leistung; Bewegungsgleichungen; Drehimpuls, Drehmoment • Bewegte Bezugssysteme und spezielle Relativitätstheorie: Klassisch: Inertialsysteme und Galilei-Transformation; Beschleunigte Bezugssysteme, Scheinkräfte (insb. Zentrifugal, Coriolis); Spezielle Relativitätstheorie: Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und ihre Konsequenzen; Lorentz-Transformation; relativistische Phänomene (insbesondere Zeitdilatation, Längenkontraktion, Zwillingsparadoxon); Vierervektoren, Lorentz-Skalarprodukt, relativistische Energie-Impuls-Beziehung • Systeme von Massenpunkten und Stöße: Schwerpunkt, Schwerpunktbewegung, Erhaltungssätze; Stöße: Elastische/ inelastische Stöße, Streuprozesse, relativistische Stöße; Gravitation und Planetenbewegungen, Keplersche Gesetze • Dynamik starrer Körper: Darstellung von Volumen und Masse als Volumenintegrale; Rotationsenergie, Drehimpuls, Trägheitsmoment; Bewegung des starren Körpers (Kinematik, Gleichgewichtslage, Abrollen); Bewegungsgleichungen (Rotation um feste Achse, freier Kreisel: Nutation, Präzession, Stabilität von Drehachsen) • Deformierbare feste und flüssige Materialien: Reibung zwischen festen Körpern; Elastische Deformationen (Hooke, Kontraktion, Scherung, Torsion, Biegung); Hydrostatik

(Statischer Druck, Auftrieb); Flüssigkeitsgrenzflächen (Oberflächenspannung, Kapillarität); Strömungen (Reibungsfrei: Bernoulli; mit Reibung: Laminar (Hagen-Poiseuille), turbulent (Navier-Stokes); Aerodynamik, cw-Wert, aerodynamische Phänomene)

- Gase: Kompressibilität, barometrische Höhenformel; kinetische Gastheorie (Druck, Verbindung zu absoluter Temperatur, Stoßquerschnitt, freie Weglänge); Maxwell-Verteilung
- Schwingungen und Wellen: Schwingungen: Freier Oszillator, erzwungene Schwingungen, Resonanz, gekoppelte Schwingungen, Überlagerung von Schwingungen; Wellen: Beschreibung, Wellengleichung, Wellenphänomene (Reflexion, Brechung, Beugung, Überlagerung), stehende Wellen, bewegte Sender und Empfänger

Wärmelehre

- Temperatur und Wärmemenge: Wärmephänomene, Temperaturmessung; absolute Temperaturskala; innere Energie und spezifische Wärme; Schmelz- und Verdampfungswärme
- Wärmetransport: Konvektion, Wärmeleitung, Strahlung
- Hauptsätze der Thermodynamik: Zustandsgrößen; Zustandsänderungen und der erste Hauptsatz; Kreisprozesse, zweiter Hauptsatz; Entropie, reversible und irreversible Prozesse, dritter Hauptsatz
- Thermodynamik realer Flüssigkeiten und Gase: Van-der-Waals-Zustandsgleichung; Aggregatzustände und -umwandlungen, Phasendiagramme, kritischer und Tripelpunkt

Elektrodynamik:

- Elektrostatik: Elektrische Ladung; Coulomb-Gesetz; elektrostatisches Feld (Feldstärke, Fluss, 1. Maxwell, Potenzial, Spannung, Multipolentwicklung); Materie in elektrischen Feldern: Leiter, Influenz und Flächenladungen, Kondensatoren, Dielektrika; Energie des E-Feldes
- Elektrischer Strom: Ladungstransport und elektrischer Widerstand (Strom, Stromdichte, Ohm, Kirchhoffsche Regeln, Auf-/Entladen von Kondensatoren); Leitungsmechanismen, T-Abhängigkeit von Widerständen (Metalle, Halbleiter, dotierte Halbleiter, Diode, Transistor, Isolatoren, Phänomen der Supraleitung); Stromerzeugung und Strommessung (Galvanisches Element, Spannungsreihe, Brennstoffzelle, Akku, Thermoelement, Peltier-Effekt, Innenwiderstand)
- Statische Magnetfelder: Magnetische Wirkungen; Magnetfelder stationärer Ströme (gerader Leiter, Spule); Ampèresches Gesetz; magnetischer Fluss, 2. Maxwell; Vektorpotenzial; Magnetfelder beliebiger Stromverteilungen, Biot-Savart, Ringstrom, Helmholtz-Spulen; Kräfte auf bewegte Ladungen im Magnetfeld (Lorentz-Kraft, Fadenstrahlrohr, e/m,

		Hall-Effekt, Definition des Ampère); Relativität von E- und B-Feldern • Materie in Magnetfeldern: Magnetische Dipole (auch atomar); Magnetisierung und magnetische Suszeptibilität, Para-, Dia- und Ferromagnetismus (Hysterese, Curie-Temperatur), Antiferro- und Ferrimagnete; Feldgleichungen in Materie, Felder an Grenzflächen, Elektromagnet • Zeitlich veränderliche Felder: Faradaysches Induktionsgesetz; 3. Maxwell; Induktionsphänomene, Selbstinduktion; Energie des magnetischen Feldes; Verschiebungsstrom, 4. Maxwell; Wechselspannung und Wechselstrom (Wechselstromkreise, Generator, Elektromotor, Transformator) • Elektromagnetische Schwingungen und Wellen: Schwingkreise; Hertzscher Dipol (offene Schwingkreise, Dipol-Strahlungsfeld, elektromagnetische Strahlungsquellen); Elektromagnetische Wellen im Vakuum (Wellengleichung, elektromagnetisches Frequenzspektrum); Polarisation; Energie- und Impulstransport, Poynting-Vektor; elektromagnetische Wellen in Resonatoren und Hohlleitern; elektromagnetische Wellen in Materie
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung mechanischer Vorgänge, der Wärmelehre und elektromagnetischen Phänomene gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Astronomie Bachelor of Science Mathematik 20192 Nebenfach Physik (experimentell) Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten) Die Note für das Modul wird grundsätzlich durch die Klausur am Ende des zweisemestrigen Zyklus bestimmt. In beiden Semestern werden wöchentlich freiwillig zu lösende Übungsaufgaben angeboten. Die Abgabe der Lösungen innerhalb eines vorgegebenen Zeitraums kann in Gruppen von maximal 3 Studierenden erfolgen. Eine Abgabe handschriftlicher Lösungen online in digitaler Form ist grundsätzlich möglich, gedruckte Lösungen sind in jedem Fall unzulässig. Wird mindestens die Hälfte der in der Summe eines Semesters maximal zu erreichenden Punktzahl aus den abgegebenen Lösungen zu den Übungsaufgaben erreicht, wird ein Bonus von 0.3 bzw. 0.4 pro Semester auf die erzielte Klausurnote gewährt. Maximal kann daraus

		ein Bonus von 0.6 bzw. 0.7 Notenpunkten für die Gesamtnote des Moduls erzielt werden.
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 180 h Eigenstudium: 270 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66070	**Grundpraktikum 1** Introductory laboratory course 1	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Physikalisches Praktikum zu Experimentalphysik 1+2	-
3	Lehrende	Prof. Dr. Claudio Kopper Prof. Dr. Stefan Funk Prof. Dr. Christopher van Eldik Dr. Jürgen Hößl	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Jürgen Hößl
5	**Inhalt**	• Grundlagen des Experimentierens • Typische Geräte und Messmethoden aus den Bereichen Mechanik, Wärme, Elektrizität, Magnetismus, Elektronik, Optik • Protokollieren von Messungen • Beschreibung von Versuchsaufbauten und Versuchsabläufen, Analyse von Messdaten, Interpretation von Messergebnissen • Fehlerrechnung und statistische Methoden der Datenanalyse: statistische und systematische Fehler, Wahrscheinlichkeitsdichten, Kovarianz-Matrix, Hypothesentests
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • führen Messungen mit Messgeräten typisch für Physiklabore durch • werten Messungen aus und stellen Fehleranalysen auf • bewerten und hinterfragen die Messergebnisse • führen ein Protokoll und präsentieren die Ergebnisse • arbeiten in kleinen Teams zusammen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2;4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Physik (experimentell) Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Praktikumsleistung Praktikumsleistung
11	**Berechnung der Modulnote**	Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Wiederholung der Prüfungen**	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)

15	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
16	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
17	**Literaturhinweise**	

Nebenfach Physik (theoretisch)

1	**Modulbezeichnung** 66065	**Experimentalphysik 1: Mechanik** Experimental physics 1: Mechanics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Joachim Zanthier
5	**Inhalt**	*Erwartete Vorkenntnisse:* Physik am Gymnasium *Inhaltsverzeichnis:* • Mechanik von Massepunkten: Kinematik, Newtonsche Dynamik, Energie- und Impulserhaltung • Bewegte Bezugssysteme • Systeme von Massenpunkten, Stöße • Mechanik starrer Körper • Mechanik von Gasen • Verformungen und Strömungen • Mechanische Schwingungen und Wellen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung mechanischer Vorgänge gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Physik (theoretisch) Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 70 h Eigenstudium: 80 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66100	**Theoretische Physik 1: Mechanik** Theoretical physics 1: Mechanics	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Theoretische Physik 1: Mechanik Übung: Übungen zu Theoretische Physik 1: Mechanik	10 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Hanno Sahlmann	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Michael Hartmann
5	**Inhalt**	• Kinematik und Dynamik von Massenpunkten: Koordinatensysteme, Inertialsysteme, Galilei Transformationen, Bahnkurven, Kraft, Arbeit, kinetische Energie, Potentiale, Newtonsche Gesetze • Mehrteilchensysteme: Schwerpunkt, Drehimpuls und Drehmoment, Zweikörpersysteme, Relativbewegung, Keplerproblem • Schwingungen und Oszillatoren: Harmonischer Oszillator, Gedämpfte Schwingung, Erzwungene Schwingun • Bewegung starrer Körper: Definition starrer Körper, Kinetische Energie und Trägheitstensor, Kreisel • Lagrange-Formalismus: Variationsprinzipien, Euler-Lagrange-Gleichung, Zwangsbedingungen, Symmetrien, Zyklische Koordinaten Noether-Theorem • Hamilton-Formalismus: Legendre-Transformation, Phasenraum, Hamilton-Funktion, kanonische Gleichungen. Poisson-Klammern, kanonische Transformationen, Erhaltungssätze
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die theoretisch-physikalische Beschreibung der Mechanik und reflektieren vorgestellte Theorien gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • strukturieren Probleme mathematisch und lösen sie eigenständig
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Physik (theoretisch) Bachelor of Science Mathematik 20192 Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66190	**Theoretische Physik 3: Quantenmechanik** Theoretical physics 3: Quantum mechanics	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Theoretische Physik 3: Quantenmechanik (4 SWS) Übung: Übungen zu Theoretische Physik 3: Quantenmechanik (3 SWS)	10 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Thomas Thiemann Prof. Dr. Kai Phillip Schmidt	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Hanno Sahlmann
5	**Inhalt**	• Mathematische Grundlagen: Hilbertraum, Lineare Operatoren, Spektren von Operatoren, Selbstadjungierte Operatoren • Grundlagen der Quantenmechanik: Zustände, Observablen, Messwerte, Unschärferelation, S Interpretation • Schrödinger-Gleichung: Stationäre Lösungen, Freies Teilchen, Eindimensionale Potentiale, Heisenberg-Bild, Ehrenfesttheorem • Harmonischer Oszillator: Algebraische Methode, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren, Berechnung des Spektrums und der Eigenfunktionen • Wasserstoffatom: Eigenfunktionen der gebundenen Zustände. Spektrum des Wasserstoffatoms. Orbitale des Wasserstoffatoms • Drehimpuls und Spin: Drehimpuls- und Spinoperatoren, Eigenfunktionen des Drehimpulses, Kopplung von Drehimpulsen • Näherungsmethoden: Zeitunabhängige Störungstheorie
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die theoretisch-physikalische Beschreibung der Quantenmechanik und reflektieren vorgestellte Theorien gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • strukturieren Probleme mathematisch und lösen sie eigenständig
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Physik (theoretisch) Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)

12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

Nebenfach Theologie

1	**Modulbezeichnung** 73653	**Einführung in die Bibel: Neues Testament** Introduction to the Bible: New Testament	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übungsseminar: Bibelkunde des Neuen Testaments (VHB) (3 SWS, SoSe 2025)	-
3	Lehrende	Matthias Fröhlich Prof. Dr. David du Toit	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. David du Toit Prof. Dr. Christina Eschner
5	**Inhalt**	• Kenntnis der Schriften des Neuen Testaments und ihres Inhalts • Kenntnis zentraler Elemente der Entstehungsgeschichte der ntl. Schriften
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • besitzen einen fundierten Überblick über Inhalt und Aufbau der Schriften des Neuen Testaments, • besitzen fundierte Kenntnisse über zentrale theologische Aussagen des Neuen Testaments • unterscheiden die unterschiedlichen historischen Kontexte der ntl. Schriften • erkennen Wechselwirkungen zwischen theologischen Aussagen und der historischen Entstehungssituation der ntl. Schriften • arbeiten in Gruppen kooperativ und verantwortlich.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Theologie Bachelor of Science Mathematik 20192 - als Basismodul in dem BA-Studiengang „Kulturgeschichte des Christentums“
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich oder mündlich Mündliche Prüfung (15-30 Min.) oder Klausur (60-90 Min.)
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich oder mündlich (100%) Die Note ergibt sich aus der Note der mdl. Prüfung oder der Klausur.
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch

16	**Literaturhinweise**	Wird in der Regel durch den jeweiligen Dozenten/die jeweilige Dozentin mit der Ankündigung der Lehrveranstaltung in Campo angegeben

1	**Modulbezeichnung** 73654	**Neues Testament** New Testament	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Einführung in das Neue Testament (2 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Paulinische Theologie (2 SWS, SoSe 2025) Hauptseminar: Einheit - Vielfalt - Spaltungen: Der erste Brief des Paulus an die Gemeinde in Korinth (2 SWS, SoSe 2025) Seminar: Israel, die Völker und die frühen Christusgläubigen. Zur Bedeutung des Judentums für das Christentum (2 SWS, SoSe 2025) Vorlesung: Die Bergpredigt (Mt 5–7): Summa der Ethik Jesu oder Dokument matthäischen Legalismus? (2 SWS, SoSe 2025)	2 ECTS 2 ECTS 3 ECTS 3 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Christina Eschner Prof. Dr. David du Toit PD Dr. Lorenzo Scornaienchi	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. David du Toit Prof. Dr. Christina Eschner
5	**Inhalt**	- Kenntnis der Schriften des Neuen Testaments und ihres Inhalts, - Kenntnis der Entstehungsgeschichte der ntl. Schriften.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • besitzen fundierte Kenntnisse über die theologischen Aussagen des Neuen Testaments, • unterscheiden die unterschiedlichen historischen Kontexte der ntl. Schriften, • erkennen Wechselwirkungen zwischen theologischen Aussagen und der historischen Entstehungssituation der ntl. Schriften, • beherrschen die Anwendung der historisch-kritischen Methoden auf ntl. Texte, • arbeiten in Gruppen kooperativ und verantwortlich.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1;2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Theologie Bachelor of Science Mathematik 20192 - als Basismodul in dem BA-Studiengang „Kulturgeschichte des Christentums“
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich oder mündlich Klausur (60-90 Min.) oder mdl. Prüfung (15-30 Min.) oder Hausarbeit (10-20 S.)

11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich oder mündlich (100%) Die Note ergibt sich aus der Note der mdl. Prüfung, der Klausur oder der Hausarbeit.
12	**Turnus des Angebots**	jedes 2. Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Wird in der Regel durch den jeweiligen Dozenten/die jeweilige Dozentin mit der Ankündigung der Lehrveranstaltung in Campo angegeben

1	**Modulbezeichnung** 73644	**Altes Testament** Old Testament	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Einführung in die Geschichte und Religionsgeschichte Israels (2 SWS, SoSe 2025) Übung: Begleitende Übung zur Vorlesung "Ketubim" "Ein Gott, der straft und tötet?" (SoSe 2025) Übung: Übung "Migration - Sozialgeschichtliche, exegetische und ethische Perspektiven" (SoSe 2025) Vorlesung: Ketubim (2 SWS, SoSe 2025)	2 ECTS 2 ECTS 2 ECTS 2 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Henrik Pfeiffer Stephan Mikusch Veronika Bibelriether Prof. Dr. Reettakaisa Sofia Salo	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Henrik Pfeiffer Prof. Dr. Reettakaisa Sofia Salo
5	**Inhalt**	• Kenntnis der Entstehungsgeschichte und Theologie der atl. Schriften, • Geschichte und Religionsgeschichte Israels.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • besitzen fundierte Kenntnisse über die theologischen und historischen Aussagen des Alten Testaments, • besitzen fundierte Kenntnisse zur Geschichte und Religionsgeschichte Israels, • erkennen Wechselwirkungen zwischen theologischen Aussagen und der historischen Entstehungssituation der atl. Schriften, • sind mit der Anwendung der historischen Methodik auf atl. Texte vertraut, • arbeiten in Gruppen kooperativ und verantwortlich.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2;1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Theologie Bachelor of Science Mathematik 20192 als Basismodul in dem BA-Studiengang „Kulturgeschichte des Christentums“
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich oder mündlich Klausur (60-90 Min.)
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich oder mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	jedes 2. Semester Jährlich

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 150 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Wird in der Regel durch den jeweiligen Dozenten/die jeweilige Dozentin mit der Ankündigung der Lehrveranstaltung in Campo angegeben

1	**Modulbezeichnung** 73643	**Einführung in die Bibel: Altes Testament** Introduction to the Bible: Old Testament	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Bibelkunde Altes Testament II (1 SWS)	-
3	Lehrende	Veronika Bibelriether	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Henrik Pfeiffer Prof. Dr. Reettakaisa Sofia Salo
5	**Inhalt**	Kenntnis der Schriften des Alten Testaments, ihres Inhalts und ihrer Form
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • besitzen einen fundierten Überblick über Inhalt und Aufbau alttestamentlicher Schriften, • besitzen basale Kenntnisse über zentrale theologische und historische Aussagen des Alten Testaments, • unterscheiden Gattungen alttestamentlicher Schriften, • erkennen Wechselwirkungen zwischen theologischen Aussagen und der historischen Entstehungssituation alttestamentlicher Texte, • arbeiten in Gruppen kooperativ und verantwortlich.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Theologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich oder mündlich Mündliche Prüfung (15-30 Min.)
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich oder mündlich (100%) Die Note ergibt sich aus der Note der mdl. Prüfung oder der Klausur.
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester Jährlich
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 150 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Wird in der Regel durch den jeweiligen Dozenten/die jeweilige Dozentin mit der Ankündigung der Lehrveranstaltung im Campo angegeben.

1	**Modulbezeichnung** 73555	**Schwerpunkt-Wahlmodul Praktische Theologie** Elective specialization module: Practical theology	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Theologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel Variabel
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (50%) Variabel (50%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

Nebenfach Volkswirtschaftslehre

1	**Modulbezeichnung** 74820	**Einführung in die Volkswirtschaftslehre** Introduction to economics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Volkswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 74850	**Makroökonomie** Macroeconomics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Makroökonomie ERLANGEN (2 SWS)	-
3	Lehrende	Nathalie Gößner Dr. Lisa Rogge	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Lisa Rogge
5	**Inhalt**	**I. Grundlagen** 1. Fragestellungen der Makroökonomik 2. Grundzüge der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen **II. Die lange Frist** 3. Entstehung, Verteilung und Verwendung des Bruttoinlandsprodukts 4. Geld und Inflation 5. Die offene Volkswirtschaft 6. Wirtschaftswachstum **III. Die kurze Frist** 7. Langfristiges Gleichgewicht versus kurzfristige Schwankungen 8. Gesamtwirtschaftliche Nachfrage 9. Zusammenwirken von gesamtwirtschaftlichem Angebot und Nachfrage **IV. Implikationen** 10. Von der makroökonomischen Theorie zur Politik **Hinweis:** Die Vorlesung Makroökonomie wird von der WiSo in Nürnberg importiert, das heißt Erlanger Studierende nehmen an der regulären Makroökonomie- Vorlesung der WiSo teil. Da die Vorlesung aufgezeichnet wird, besteht die Möglichkeit, die Aufzeichnung über StudOn im Anschluss einzusehen. Die Übungen finden in Erlangen statt. Studierende, die den Kurs über die Philosophische Fakultät in Erlangen belegen, verfügen über eigene Kommunikationskanäle durch einen separaten StudOn Kurs.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erwerben fundierte Kenntnisse über Grundfragen, Begrifflichkeit und wirtschaftspolitische Relevanz der Makroökonomie. • verstehen und erklären gesamtwirtschaftliche Prozesse und Phänomene anhand der Arbeitsmaterialien. • können ein einfaches Modell des langfristigen makroökonomischen Gleichgewichts handhaben und darin die Ursachen von Konjunkturschwankungen und die Wirkungsweise von Geld- und Fiskalpolitik abbilden. • beherrschen ein Modell des langfristigen gleichgewichtigen Wirtschaftswachstums und können die wesentlichen Einflussfaktoren des Wachstums identifizieren.

		• können die vorgestellten Theorien kritisch reflektieren. • sind in der Lage, gesamtwirtschaftliche Entwicklungen einzuschätzen, wirtschaftspolitische Maßnahmen kritisch zu hinterfragen und Handlungsempfehlungen abzugeben.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine. Es wird aber empfohlen, zuerst die Veranstaltungen „Einführung in die Volkswirtschaftslehre“ zu besuchen.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Volkswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192 B.A. Ökonomie, Lehramt Gymnasium, Lehramt Realschule, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Mathematik (Nebenfach Volkswirtschaftslehre), B.Sc. Physische Geographie (Nebenfach Ökonomie), B.A. Kulturgeographie (1-Fach) (Nebenfach Ökonomie), B.Sc. Psychologie (Nebenfach Ökonomie/ Wirtschaftswissenschaften), B.A. Soziologie (1-Fach), M.Sc. Psychologie (Nebenfach Ökonomie/ Wirtschaftswissenschaften), M.A. Sinologie (Schwerpunkt Wirtschaftswissenschaften)
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) • Klausur (90 Minuten) • falls erforderlich: Wiederholungsklausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Klausur (100 %)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60h Eigenstudium: 90h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Die Vorlesung orientiert sich im Wesentlichen an folgendem Lehrbuch: • Mankiw, N. Gregory: Macroeconomics, 9th ed., New York 2016 (Worth Publishers); dt. Übersetzung: Makroökonomik, 7. Aufl., Stuttgart 2017 (Schäffer-Poeschel) • dazu gibt es auch ein Arbeitsbuch Makroökonomik von Klaus Dieter John, 2. Aufl., Stuttgart 2012 (Schäffer-Poeschel) Weitere bewährte Lehrbücher der Makroökonomik sind z.B.: • Blanchard, Olivier: Macroeconomics, 7th ed., Upper Saddle River 2017 (Prentice Hall)

		• Burda, Michael/Wyplosz, Charles: Makroökonomie: Eine europäische Perspektive, 4. Aufl., München 2018 (Vahlen) • Dornbusch, Rüdiger/Fischer, Stanley/Startz, Richard: Macroeconomics, 13th ed., Boston, Mass. u.a. 2017 (McGraw-Hill) • Felderer, Bernhard/Homburg, Stefan: Makroökonomik und neue Makroökonomik, 9. Aufl., Berlin u.a. 2005 (Springer)

1	**Modulbezeichnung** 74840	**Mikroökonomie** Microeconomics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen. Keine Anwesenheitspflicht. **Arbeitsaufwand** • Vorlesung: 30 Stunden • Übung: 15 Stunden • Literaturstudium: 65 Stunden • Übungsaufgaben: 30 Stunden • Vorbereitung Klausur: 10 Stunden	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Alina Imping
5	**Inhalt**	**Inhalt und Qualifikationsziel** Die Vorlesung vertieft den mikroökonomischen Stoff der Vorlesung Einführung in die Volkswirtschaftslehre und ergänzt ihn durch zusätzliche Aspekte wie spieltheoretische Erklärungsansätze von Kooperation und Konflikt, Entscheidung bei Unsicherheit, allgemeines Gleichgewicht und asymmetrische Informationen. Ziel der Vorlesung ist vor allem, das methodische Rüstzeug zu vermitteln, das zur Analyse mikroökonomischer Phänomene benötigt wird. Themen: 1) Individuelle Nachfrage und Marktnachfrage 2) Entscheidungen bei Unsicherheit 3) Produktion 4) Kosten der Produktion 5) Gewinnmaximierung und Wettbewerbsangebot 6) Monopol 7) Oligopol 8) Spieltheorie und Wettbewerbsstrategie 9) Märkte für Produktionsfaktoren 10) Märkte mit asymmetrischer Information 11) Allgemeines Gleichgewicht und ökonomische Effizienz
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	**Voraussetzungen für die Teilnahme** Die Kenntnisse des Moduls „Einführung in die Volkswirtschaftslehre“ werden vorausgesetzt.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3

9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Volkswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192 Verwendbarkeit des Moduls B.A. Ökonomie, Lehramt Gymnasium, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Mathematik (Nebenfach Volkswirtschaftslehre), B.Sc. Physische Geographie (Nebenfach Ökonomie), B.A. Kulturgeographie (1-Fach) (Nebenfach Ökonomie), B.Sc. Psychologie (Nebenfach Ökonomie/ Wirtschaftswissenschaften), M.Sc. Psychologie (Nebenfach Ökonomie/ Wirtschaftswissenschaften)
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten) Voraussetzungen für die Vergabe von Leistungspunkten • 4-5 Computerbasierte Tests; das Bestehen der computerbasierten Tests (mindestens 50 % der insgesamt möglichen Punktzahl) ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Klausur. (nur für Studierende mit Studienbeginn bis Wintersemester 2018/19) • Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Leistungspunkte und Noten • 5 ECTS Punkte • Bewertet: ja (Drittelnoten) • Gewichtung der Prüfungsleistungen in der Benotung: Klausur 100 Prozent, Computerbasierte Tests 0 Prozent
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 74902	**Volkswirtschaftliches Seminar** Economics seminar	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Proseminar: VWL-Seminar: Topics in Behavioral Development Economics (2 SWS) Proseminar: VWL-Seminar: Wirtschaftsgeschichte (2 SWS) Proseminar: VWL-Seminar: Soziale Marktwirtschaft (2 SWS) Proseminar: VWL-Seminar: Themen der Entwicklungsökonomik (2 SWS) Proseminar: VWL-Seminar: Die deutsche Sozialversicherung (2 SWS)	5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Henrike Sternberg Andreas Link Dr. Ralf Pohl Dr. Lisa Rogge	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Volkswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich/mündlich
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich/mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 74940	**Wirtschaftspolitik** Economic policy	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Wirtschaftspolitik (2 SWS) Übung: Übung 1 Wirtschaftspolitik (1 SWS) Übung: Übung 2 Wirtschaftspolitik (1 SWS)	5 ECTS - -
3	Lehrende	PD Dr. Hermann Gartner Antonia Henneberger	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Volkswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 95710	**Grundlagen der Nanotechnologie II** Foundations of Nanotechnology II	**15 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Nano IV: Halbleiter (2 SWS, SoSe 2025) Praktikum: Praktikum Nanotechnologie 2 (5 SWS, WiSe 2025)	2,5 ECTS 5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Tobias Dirnecker	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Felfer
5	**Inhalt**	Folgende Inhalte werden vermittelt: • Herstellung von Nanomaterialien • Definition von Nanomaterialien • Grundlagen der Thermodynamik und Besonderheiten bei Nanomaterialien • Mechanische Eigenschaften von NM • Severe Plastic Deformation • Bulk Metallic Glass • Bottom-up Verfahren • Schichttechnik • Magnetische Eigenschaften • Herstellung von Halbleitern • Eigenschaften von NM in Halbleitern • Ladungsträgerkonzentrationen im intrinsischen (undotierten) und dotierten Halbleiter • Transporteigenschaften (Drift, Diffusion) von Ladungsträgern im Halbleiter • Funktionsweise von Halbleiterbauelementen (Dioden, Feldeffekttransistoren) • Überblick über die wichtigsten Prozessschritte zur Herstellung von Halbleiterbauelementen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden Fachkompetenz Verstehen • Verstehen grundlegender Prozesse zur Erzeugubg von NC-Materialien • Verstehen grundlegende physikalische Vorgänge (u.a. Drift, Diffusion, Generation, Rekombination) im Halbleiter • Interpretieren Informationen aus Bänderdiagrammen Anwenden • Beschreiben die Funktionsweisen moderner Halbleiterbauelemente • Berechnen Kenngrößen der wichtigsten Bauelemente • Beschreiben von Prozessabläufen und Struktur-eigenschaftskorrelationen Analysieren Folgende Lernziele werden angestrebt: • Vertieftes Erlernen des vielfältigen strukturellen Aufbaus der Nanomaterialien

		• Vertiefung der Zusammenhänge zwischen der Struktur und den Eigenschaften von NM • Anwendung der Thermodynamik auf die Besonderheiten bei NM • Vertiefung des Wissens zu den mechanischen Eigenschaften und den Härtungsmechanismen bei NM • Erwerben von Grundlagen zur Herstellung von NM und Beurteilung unterschiedlicher Verfahren • Vertiefung der erlernten Inhalte durch Übung und Praktikum, Untersuchen der Auswirkung von Nanostrukturen auf mechanische Eigenschaften • Diskutieren das Verhalten der Bauelemente z.B. bei hohen Spannungen oder erhöhter Temperatur
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodul Nanotechnologie Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Praktikumsleistung Klausur (90 Minuten) Praktikumsleistung Jeweils 4 Versuche im Praktikum Nanotechnologie 2 und 3 Typischer Protokollumfang pro Versuch: 15 Seiten
11	**Berechnung der Modulnote**	Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%) Praktikumsleistung (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 210 h Eigenstudium: 240 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsskript, am LEB erhältlich • R. Müller: Grundlagen der Halbleiter-Elektronik, Band 1 der Reihe Halbleiter-Elektronik, Springer-Verlag, Berlin, 2002 • D.A. Neamen: Semiconductor Physics and Devices: Basic Principles, McGraw-Hill (Richard D. Irwin Inc.), 2002 • D. Widmann, H. Mader, H. Friedrich: Technology of Integrated Circuits, Springer Verlag, 2000

1	**Modulbezeichnung** 95581	**Werkstoffe: Grundlagen** Materials: Basic principles	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Organische Werkstoffe (2 SWS)	3 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Marcus Halik	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Mathias Göken
5	**Inhalt**	Diese Vorlesung stellt eine breite Einführung in die Grundlagen der Werkstoffkunde dar. Neben den allgemeinen Grundlagen zur inneren Struktur von Werkstoffen werden auch die Grundlagen von Organischen Werkstoffen und nichtmetallisch-anorganischen Werkstoffen vermittelt. Dabei werden in den verschiedenen Vorlesungen die Grundlagen für kristalline und amorphe Werkstoffe erarbeitet. Die verschiedenen Werkstoffgruppen werden übersichtsartig eingeführt und die unterschiedlichen chemischen Bindungstypen rekapituliert. Für die kristallinen Werkstoffe werden dann Abweichungen von der Idealstruktur (Gitterfehler und Realstruktur) und deren Auswirkungen auf die Eigenschaften von Werkstoffen besprochen. Ferner werden mikroskopischen und spektroskopischen Methoden der Materialanalyse behandelt. Außerdem werden die Grundlagen der Thermodynamik behandelt und Grundtypen der Zustandsdiagramme und insbesondere das Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm, die Stähle und Gußeisen besprochen.Die Themengebiete Phasenumwandlungen und Diffusion ergänzen die allgemeinen Grundlagen. Die Vorlesungen nichtmetallisch anorganische Werkstoffe und organische Werkstoffe gehen insbesondere dabei auf die molekularen Strukturen von Polymerwerkstoffen bzw. auf die Besonderheiten von Glas und Keramik ein. Auch einige erste Grundlagen zu den Auswirkungen der Struktur auf die mechansichen Eigenschaften, insbesondere Verformung, Bruch und Festigkeitssteigerung werden behandelt. Ferner wird eine kurze Übersicht über(normgerechte) Werkstoffbezeichnungen gegeben.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Fachkompetenz Anwenden Die Studierenden können die erlernten Grundlagen zur Struktur von Werkstoffen und deren Auswirkungen auf die Werkstoffeigenschaften erklären und ihr Wissen auf Anwendungsfälle übertragen. Dazu müssen verschiedene Problemstellungen den jeweiligen Themenkreisen zugeordnet werden. Entsprechende Vorraussagen zum Werkstoffverhalten können ebenfalls von den Studierenden getroffen werden. Einfache Problemstellungen können analysiert werden und zugehörige Berechnungen durchgeführt werden.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodul Nanotechnologie Bachelor of Science Mathematik 20192

10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Wiederholung der Prüfungen**	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 135 h Eigenstudium: 165 h
15	**Dauer des Moduls**	1 Semester
16	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
17	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66121	**Experimentalphysik 3 + 4: Optik und Quanteneffekte / Atom- und Molekülphysik** Experimental physics 3 + 4: Optics and quantum effects / atomic and molecular physics	**15 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Experimentalphysik 4: Atom- und Molekülphysik (3 SWS, SoSe 2025) Übung: Übungen zur Experimentalphysik 4: Atom- und Molekülphysik (2 SWS, SoSe 2025)	7,5 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Christopher Eichler	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Hommelhoff Prof. Dr. Christoph Marquardt Prof. Dr. Vahid Sandoghdar Prof. Dr. Joachim Zanthier
5	**Inhalt**	**Optik und Quantenphänomene** • Licht als Welle: Belege für die Wellennatur des Lichts, Herleitung der Wellengleichung aus den Maxwell-Gleichungen, Lösungen in Form von ebenen Wellen, Kugelwellen, monochromatische Felder • Licht und Materie: Einzelstreuer (getriebener Dipol, Lichtstreuung), Feldausbreitung im homogenen Material, Polarisation und Stromdichte, modifizierte Maxwell-Gleichungen, modifizierte Wellengleichung, Stetigkeitsbedingungen an Grenzflächen, Brechungsgesetz, Fresnelformeln, Brewsterwinkel, Totalreflexion, frustrierte Totalreflexion und Tunneleffekt bei Licht, Polarisation des Materials (Suszeptibilität, Dispersion) • Geometrische Optik: Strahlenoptik, Matrizenoptik (Prinzip, Anwendung auf Linsen, Abbildungen), Hauptebenen, Abbildungsfehler (chromatische Aberrationen, Fehler für monochromatische Wellen), optische Resonatoren • Beugung und Interferenz: Ausbreitungsgleichung unter Randbedingungen, Huygenssches Prinzip, Fraunhoferbeugung (Entstehung des Beugungsbildes, Beugungsbilder, Grenzen), Mikroskope, Teleskope, Auflösungsgrenzen, Abbildungstechniken, das Auge. Polarisation elektromagnetischer Felder, Ebene Wellen im homogenen Material, Polarisationsformen von Licht, Polarisationsphänomene im durchstrahlten Material, Doppelbrechung, polarisierende Elemente • Grundlegende Experimente zu Quantenphänomenen: Teilchencharakter des Lichts, äußerer lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt), Hohlraumstrahlung nach Planck, Compton-Effekt, Wellencharakter von Teilchen (Elektronenbeugung, Streuung im Kristall), Konsequenzen der Wellennatur des Elektrons • Grundgleichungen der Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung,

		Interpretation der quantenmechanischen Wellenfunktion, Kastenpotenzial, Tunneleffekt mit Materiewellen **Atom- und Molekülphysik:** • Einführung: Hinweise auf die Existenz von Atomen, Atomgröße, Atommasse, Energieskalen im Atom, Überblick der Wechselwirkungen, innere Struktur der Atome (Thomsonmodell, Rutherfordmodell, Kernradius), kann man Atome sehen? • Das Elektron: Erzeugung freier Elektronen, Elektronenladung, Elektronenmasse, Elektronenspin (Stern-Gerlach-Versuch), magnetisches Moment, Elektronengröße • Hohlraumstrahlung und Laser: Hohlraumstrahlung nach Einstein, Ratengleichungen, spontane und stimulierte Emission, Laserprinzip • Entwicklung der Quantenmechanik: Materiewellen, Wellenpakete, Heisenbergsche Unschärferelation, Quantenstruktur der Atome (Bohrsches Atommodell, Franck-Hertz-Versuch, Stabilität von Atomen), Was unterscheidet die Quantenphysik von der klassischen Physik? • Grundlagen der Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, Erwartungswerte, Operatoren und Eigenwerte, mehrdimensionale Probleme, der Drehimpuls in der Quantenmechanik, stationäre Störungstheorie • Das Wasserstoffatom: Elektron im Zentralpotential (Coulombfeld), Berücksichtigung des Elektronenspins, Feinstruktur, Hyperfeinstruktur, Lambverschiebung, vollständige Beschreibung des Wasserstoffatoms, spektroskopische Notation, Auswahlregeln • Atome in äußeren Feldern: Atome im Magnetfeld (Zeeman-Effekt) • Mehrelektronenatome: Das Helium-Atom (Singulett- und Triplett-Zustände), Pauliprinzip, Symmetrien, Aufbau größerer Atome, Hundsche Regeln, Periodensystem der Elemente • Moleküle: Das Wasserstoff-Molekülion H2+ , das Wasserstoff-Molekül H2, Ursachen der Molekülbindung, Molekülorbitale, LCAO-Näherung, spektroskopische Notation, Rotation
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung der Optik, von Quantenphänomenen sowie der Atom- und Molekülphysik gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6

9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (30 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 165 h Eigenstudium: 285 h
14	**Dauer des Moduls**	2 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 668977	**Machine Learning for Physicists** Machine learning for physicists	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Florian Marquardt
5	**Inhalt**	This is a course introducing modern techniques of machine learning, especially deep neural networks, to an audience of physicists. Neural networks can be trained to perform diverse challenging tasks, including image recognition and natural language processing, just by training them on many examples. Neural networks have recently achieved spectacular successes, with their performance often surpassing humans. They are now also being considered more and more for applications in physics, ranging from predictions of material properties to analyzing phase transitions. We will cover the basics of neural networks, convolutional networks, autoencoders, restricted Boltzmann machines, and recurrent neural networks, as well as the recently emerging applications in physics. Prerequisites: almost none, except for matrix multiplication and the chain rule.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	• explain the relevant topics of the lecture • apply methods to specific examples
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul Bachelor of Science Mathematik 20192 Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt)

		Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	https://pad.gwdg.de/s/Machine_Learning_For_Physicists_2023

1	**Modulbezeichnung** 48311	**Modern Optics 1: Advanced Optics** Modern optics 1: Advanced optics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Stephan Götzinger
5	**Inhalt**	Scalar wave optics: Maxwell equations, solutions to the wave equation, interference effects; Fourier optics: propagation in free space, through aperture and lenses, Fourier transformation in the far field; Vectorial wave optics: Maxwell equation and solution of the vectorial fields: Gaussian laser beam (fundamental and higher order modes), focusing of vector fields in free space, vector fields with optical angular momentum; Optics in waveguides: geometrical approach and Maxwell equation with boundary conditions, transverse modes, cutoff for planar waveguide, optical fibers, tapers, couplers; Whispering gallery mode resonators: modal description, applications.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	The students will get exposed to more advanced optical topics ranging from thin periodic layers, optical cavities and waveguides to optical fibers, plasmonics, metamaterials, angular momentum of light and modern microscopy techniques. They will also apply newly introduced methods to specific examples.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (30 Minuten) PL: Oral examination 30 min.
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Christopher Foot: Atomic physics Saleh Teich: Fundamentals of Photonics

		Mark Fox: Quantum Optics: an introduction

1	**Modulbezeichnung** 66120	**Experimentalphysik 3: Optik und Quanteneffekte** Experimental physics 3: Optics and quantum effects	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Peter Hommelhoff Prof. Dr. Christoph Marquardt Prof. Dr. Vahid Sandoghdar
5	**Inhalt**	**Optik und Quantenphänomene** • Licht als Welle: Belege für die Wellennatur des Lichts, Herleitung der Wellengleichung aus den Maxwell-Gleichungen, Lösungen in Form von ebenen Wellen, Kugelwellen, monochromatische Felder • Licht und Materie: Einzelstreuer (getriebener Dipol, Lichtstreuung), Feldausbreitung im homogenen Material, Polarisation und Stromdichte, modifizierte Maxwell-Gleichungen, modifizierte Wellengleichung, Stetigkeitsbedingungen an Grenzflächen, Brechungsgesetz, Fresnelformeln, Brewsterwinkel, Totalreflexion, frustrierte Totalreflexion und Tunneleffekt bei Licht, Polarisation des Materials (Suszeptibilität, Dispersion) • Geometrische Optik: Strahlenoptik, Matrizenoptik (Prinzip, Anwendung auf Linsen, Abbildungen), Hauptebenen, Abbildungsfehler (chromatische Aberrationen, Fehler für monochromatische Wellen), optische Resonatoren • Beugung und Interferenz: Ausbreitungsgleichung unter Randbedingungen, Huygenssches Prinzip, Fraunhoferbeugung (Entstehung des Beugungsbildes, Beugungsbilder, Grenzen), Mikroskope, Teleskope, Auflösungsgrenzen, Abbildungstechniken, das Auge. Polarisation elektromagnetischer Felder, Ebene Wellen im homogenen Material, Polarisationsformen von Licht, Polarisationsphänomene im durchstrahlten Material, Doppelbrechung, polarisierende Elemente • Grundlegende Experimente zu Quantenphänomenen: Teilchencharakter des Lichts, äußerer lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt), Hohlraumstrahlung nach Planck, Compton-Effekt, Wellencharakter von Teilchen (Elektronenbeugung, Streuung im Kristall), Konsequenzen der Wellennatur des Elektrons • Grundgleichungen der Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung, Interpretation der quantenmechanischen Wellenfunktion, Kastenpotenzial, Tunneleffekt mit Materiewellen

6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung der Optik und von Quantenphänomenen gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (30 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 135 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66130	**Grundpraktikum 2** Introductory laboratory course 2	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Praktikum: Physikalisches Experimentieren B für Physikstudierende: Projektpraktikum (8 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Dr. Markus Sondermann Prof. Dr. Vojislav Krstic	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Vojislav Krstic Dr. Markus Sondermann
5	**Inhalt**	• Entwerfen, Aufbauen, Durchführen und Auswerten von selbst vorgeschlagenen Versuchen • Grundlagen des Experimentierens, Funktion typischer Geräten • Protokollieren von Messungen • Analyse von Messdaten, Interpretation von Messergebnissen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • planen und realisieren selbst vorgeschlagene Experimente • führen Messungen an kompliziertern Versuchsaufbauten durch • werten umfangreichere Messdaten aus und stellen Fehleranalysen auf • bewerten und hinterfragen die Messergebnisse • führen ein Protokoll und präsentieren die Ergebnisse • arbeiten in kleinen Teams zusammen
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Leistungsschein
11	**Berechnung der Modulnote**	Leistungsschein (bestanden/nicht bestanden)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 75 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66151	**Experimentalphysik 4: Atom- und Molekülphysik** Experimental physics 4: Atomic and molecular physics	**7,5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Experimentalphysik 4: Atom- und Molekülphysik (3 SWS)	7,5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr. Christopher Eichler	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Joachim Zanthier
5	**Inhalt**	* Einführung* Hinweise auf die Existenz von Atomen, Atomgröße, Atommasse, Energieskalen im Atom, Überblick der Wechselwirkungen, innere Struktur der Atome (Thomsonmodell, Rutherfordmodell, Kernradius), kann man Atome sehen? * Das Elektron* Erzeugung freier Elektronen, Elektronenladung, Elektronenmasse, Elektronenspin (Stern-Gerlach-Versuch), magnetisches Moment, Elektronengröße * Hohlraumstrahlung und Laser* Hohlraumstrahlung nach Einstein, Ratengleichungen, spontane und stimulierte Emission, Laserprinzip * Entwicklung der Quantenmechanik* Materiewellen, Wellenpakete, Heisenbergsche Unschärferelation, Quantenstruktur der Atome (Bohrsches Atommodell, Franck-Hertz-Versuch, Stabilität von Atomen), Was unterscheidet die Quantenphysik von der klassischen Physik * Grundlagen der Quantenmechanik* Schrödinger-Gleichung, Erwartungswerte, Operatoren und Eigenwerte, mehrdimensionale Probleme, der Drehimpuls in der Quantenmechanik, stationäre Störungstheorie * Das Wasserstoffatom* Elektron im Zentralpotential (Coulombfeld), Berücksichtigung des Elektronenspins, Feinstruktur, Hyperfeinstruktur, Lambverschiebung, vollständige Beschreibung des Wasserstoffatoms, spektroskopische Notation, Auswahlregeln * Atome in äußeren Feldern* Atome im Magnetfeld (Zeeman-Effekt). * Mehrelektronenatome* Das Helium-Atom (Singulett- und Triplett-Zustände), Pauliprinzip, Symmetrien, Aufbau größerer Atome, Hundsche Regeln, Periodensystem der Elemente
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die experimentellen Grundlagen und die quantitativ-mathematische Beschreibung der Atom-

		und Molekülphysik gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • wenden die physikalischen Gesetze und jeweiligen mathematischen Methoden auf konkrete Problemstellungen an
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Wiederholung der Prüfungen**	Die Prüfungen dieses Moduls können nur einmal wiederholt werden.
14	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 150 h
15	**Dauer des Moduls**	1 Semester
16	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
17	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 66161	**Physikalisches Experimentieren 1: Elektronikpraktikum** Laboratory course in physics 1: Electronics	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Physikalisches Experimentieren A: Vorlesung zum Elektronikpraktikum (1 SWS) Praktikum: Praktikumstag Dienstag (7 SWS) Praktikum: Praktikumstag Mittwoch (7 SWS)	- 10 ECTS 10 ECTS
3	Lehrende	Dr. Michael Krieger Prof. Dr. Heiko Weber	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Michael Krieger Prof. Dr. Heiko Weber
5	**Inhalt**	• Grundlagen der Elektronik (einfache Schaltungen, elektronische Bauelemente) • Schaltplanverständnis • Umgang mit elektronischen Labormessgeräten • Transistor und Operationsverstärker • Signalfilter, Signalausbreitung • Sensoren, Regelung • Digitalelektronik • Analog-Digital-Wandlung • Microcontroller (optionale Ergänzung) • Labview und Virtual Instruments (optionale Ergänzung) • Lötkurs (optionale Ergänzung)
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • kennen den Umgang mit Schaltplänen, Steckbrettern und elektronischen Bauelementen • erläutern die Funktionsweise elektronischer Bauelemente • bauen eigene Schaltungen (Schaltplan, Steckbrett; optional: Layout, Löten) auf • erklären und verwenden integrierte Schaltungen • erläutern die Funktionsweise elektronischer Messgeräte und diskutieren mögliche Fehlerquellen • wenden moderne elektronische Messgeräte an • erfassen Messwerte mit PC-Unterstützung • arbeiten selbständig in Teams • werten Messungen aus und bewerten die Messergebnisse • präsentieren die Ergebnisse mittels moderner Medien
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Präsentation schriftlich

11	**Berechnung der Modulnote**	Präsentation (50%) schriftlich (50%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 240 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Vorbereitende Literatur zum jeweiligen Versuch wird im StudOn-Kurs zum Praktikum angegeben.

1	**Modulbezeichnung** 353947	**Detektoren für Teilchen und Strahlung 2** Detectors for particles and radiation 2	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übungen zu Detektoren für Teilchen und Strahlung 2 Hauptseminar: Detektoren für Teilchen und Strahlung 2 (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	PD Dr. Albert Lehmann	

4	**Modulverantwortliche/r**	PD Dr. Albert Lehmann
5	**Inhalt**	Die Vorlesung ist die Fortsetzung von "Detektoren fuer Teilchen und Strahlung" im Wintersemester und richtet sich an Studierende mit Interesse an der Physik von Detektoren. Es werden folgende Detektortypen behandelt: Halbleiterdetektoren, Szintillationsdetektoren, Kalorimeter, Detektoren zur Teilchen-Identifikation sowie grosse Detektorsysteme. Die Vorlesung setzt den Besuch des ersten Teiles nicht voraus.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern die wesentliche Inhalte der Vorlesung • wenden die Methoden auf konkrete Beispiele an
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch oder Englisch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 582360	**Modern Optics 2: Nonlinear Optics** Nonlinear optics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Modern Optics 2: Nonlinear Optics (2 SWS)	-
3	Lehrende	Prof. Dr. Nicolas Joly Prof. Dr. Christoph Marquardt	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Nicolas Joly
5	**Inhalt**	**Contents:** • Linear properties of materials. • Origin of the nonlinear susceptibility. • Importance of phase-matching. • Second harmonic generation, derivation of the set of coupled equations. • Importance of the initial phase and case of seeding second harmonic generation. Use of birefringence to achieve phase-matching. • Electro-optic effects. • Nonlinear process in relation to third order nonlinearity. • Modulation instability, soliton formation, perturbations of soliton, and supercontinuum generation. • Application: nonlinear optics in photonic crystal fibers.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	The students will be able • to derive the equations yielding the conversion efficiency of a nonlinear process based on either chi-2 or chi-3 material • to properly choose the right type of material for the best conversion efficiency in case of second-harmonic, sum-frequency or different frequency • to calculate the phase-matching condition that yields efficient nonlinear effect either using a crystal or an optical fibre • to design a parametric amplifier, phase-sensitive or phase insensitive; • to use nonlinear optical effects for the frequency conversion.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (30 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h

14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Paul Mandel : Nonlinear Optics (Wiley-VCH 2010) Robert Boyd: Nonlinear Optics (Academic Press, 2008) Geoffrey New: Introduction to nonlinear optics (Cambridge University Press, 2011)

1	**Modulbezeichnung** 668977	**Machine Learning for Physicists** Machine learning for physicists	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen oder Lehrveranstaltungsgruppen hinterlegt!	
3	Lehrende	Zu diesem Modul sind keine Lehrveranstaltungen und somit auch keine Lehrenden hinterlegt!	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Florian Marquardt
5	**Inhalt**	This is a course introducing modern techniques of machine learning, especially deep neural networks, to an audience of physicists. Neural networks can be trained to perform diverse challenging tasks, including image recognition and natural language processing, just by training them on many examples. Neural networks have recently achieved spectacular successes, with their performance often surpassing humans. They are now also being considered more and more for applications in physics, ranging from predictions of material properties to analyzing phase transitions. We will cover the basics of neural networks, convolutional networks, autoencoders, restricted Boltzmann machines, and recurrent neural networks, as well as the recently emerging applications in physics. Prerequisites: almost none, except for matrix multiplication and the chain rule.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	• explain the relevant topics of the lecture • apply methods to specific examples
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3;4;5;6
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsmodul Bachelor of Science Mathematik 20192 Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt)

		Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	https://pad.gwdg.de/s/Machine_Learning_For_Physicists_2023

1	**Modulbezeichnung** 66100	**Theoretische Physik 1: Mechanik** Theoretical physics 1: Mechanics	**10 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Theoretische Physik 1: Mechanik Übung: Übungen zu Theoretische Physik 1: Mechanik	10 ECTS -
3	Lehrende	Prof. Dr. Hanno Sahlmann	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr. Michael Hartmann
5	**Inhalt**	• Kinematik und Dynamik von Massenpunkten: Koordinatensysteme, Inertialsysteme, Galilei Transformationen, Bahnkurven, Kraft, Arbeit, kinetische Energie, Potentiale, Newtonsche Gesetze • Mehrteilchensysteme: Schwerpunkt, Drehimpuls und Drehmoment, Zweikörpersysteme, Relativbewegung, Keplerproblem • Schwingungen und Oszillatoren: Harmonischer Oszillator, Gedämpfte Schwingung, Erzwungene Schwingun • Bewegung starrer Körper: Definition starrer Körper, Kinetische Energie und Trägheitstensor, Kreisel • Lagrange-Formalismus: Variationsprinzipien, Euler-Lagrange-Gleichung, Zwangsbedingungen, Symmetrien, Zyklische Koordinaten Noether-Theorem • Hamilton-Formalismus: Legendre-Transformation, Phasenraum, Hamilton-Funktion, kanonische Gleichungen. Poisson-Klammern, kanonische Transformationen, Erhaltungssätze
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erläutern und erklären die theoretisch-physikalische Beschreibung der Mechanik und reflektieren vorgestellte Theorien gemäß den detaillierten Themen im Inhaltsverzeichnis • strukturieren Probleme mathematisch und lösen sie eigenständig
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Nebenfach Physik (theoretisch) Bachelor of Science Mathematik 20192 Vertiefungsmodule Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (120 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 105 h Eigenstudium: 195 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester

15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 74920	**Betriebswirtschaftslehre III (Bilanzierung)** Business administration III (accounting)	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Alternative Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 75001	**Hauptseminar Betriebswirtschaftslehre** Advanced seminar: Business studies	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Alternative Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Referat und Hausarbeit (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Referat und Hausarbeit (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 82101	**Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts** Foundations of public and civil law	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Grundlagen des Öffentlichen Rechts und des Zivilrechts (Recht I) (0 SWS) Vorlesung: VL Grundlagen des Öffentlichen Rechts und des Zivilrechts (Recht I) (0 SWS) Vorlesung: Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts - Recht I - Vorlesung (4 SWS) Tutorium: Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts - Tutorium	- 5 ECTS 5 ECTS -
3	Lehrende	Dr. Klaus Meßerschmidt Prof. Dr. Jochen Hoffmann Andreas Beulmann	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Jochen Hoffmann
5	**Inhalt**	• Allgemeines Zivil- und Handelsrecht • Grundzüge des Staats- und Verwaltungsrecht, • Grundzüge des Steuerrechts • Grundzüge des Europarechts
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • ᵒ kennen die Grundlagen des bürgerlichen Rechts und des Handelsrechts. ᵒ verstehen die spezifische Funktion dieser Rechtsgebiete und entwickeln ein dementsprechendes Problembewusstsein. ᵒ können Rechtsgrundlagen bestimmen und anwenden. ᵒ können Rechtsprechung unter Anwendung juristischer Methoden analysieren und beurteilen. ᵒ können Fakten, Daten, Definitionen und Rechtsprechung wiedergeben. ᵒ können Probleme in eigenen Worten wiedergeben und mittels Transfer ihres Wissens neue Probleme lösen. ᵒ können Fälle analysieren und systematisch lösen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5;4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Alternative Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192 Alternative Recht für Wirtschaftswissenschaftler Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	elektronische Prüfung (60 Minuten) Klausur (60 Minuten)

		Zweigeteilte Prüfung (2 mal 60 Minuten). Der zivilrechtliche Teil besteht aus einer elektronischen Klausur mit 20 MC-Fragen.
11	**Berechnung der Modulnote**	elektronische Prüfung (50%) Klausur (50%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Wird in der Veranstaltung bekanntgegeben

1	**Modulbezeichnung** 74810	**Betriebswirtschaftslehre I** Business administration I	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	
5	**Inhalt**	keine Inhaltsbeschreibung hinterlegt!
6	**Lernziele und Kompetenzen**	keine Beschreibung der Lernziele und Kompetenzen hinterlegt!
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Alternative Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192 Nebenfach Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	keine Angaben zum Turnus des Angebots hinterlegt!
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand in Präsenzzeit hinterlegt) Eigenstudium: ?? h (keine Angaben zum Arbeitsaufwand im Eigenstudium hinterlegt)
14	**Dauer des Moduls**	?? Semester (keine Angaben zur Dauer des Moduls hinterlegt)
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 82101	**Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts** Foundations of public and civil law	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung: Grundlagen des Öffentlichen Rechts und des Zivilrechts (Recht I) (0 SWS) Vorlesung: VL Grundlagen des Öffentlichen Rechts und des Zivilrechts (Recht I) (0 SWS) Vorlesung: Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts - Recht I - Vorlesung (4 SWS) Tutorium: Grundlagen des öffentlichen Rechts und des Zivilrechts - Tutorium	- 5 ECTS 5 ECTS -
3	Lehrende	Dr. Klaus Meßerschmidt Prof. Dr. Jochen Hoffmann Andreas Beulmann	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Jochen Hoffmann
5	**Inhalt**	• Allgemeines Zivil- und Handelsrecht • Grundzüge des Staats- und Verwaltungsrecht, • Grundzüge des Steuerrechts • Grundzüge des Europarechts
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • o kennen die Grundlagen des bürgerlichen Rechts und des Handelsrechts. o verstehen die spezifische Funktion dieser Rechtsgebiete und entwickeln ein dementsprechendes Problembewusstsein. o können Rechtsgrundlagen bestimmen und anwenden. o können Rechtsprechung unter Anwendung juristischer Methoden analysieren und beurteilen. o können Fakten, Daten, Definitionen und Rechtsprechung wiedergeben. o können Probleme in eigenen Worten wiedergeben und mittels Transfer ihres Wissens neue Probleme lösen. o können Fälle analysieren und systematisch lösen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5;4
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Alternative Betriebswirtschaftslehre Bachelor of Science Mathematik 20192 Alternative Recht für Wirtschaftswissenschaftler Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	elektronische Prüfung (60 Minuten) Klausur (60 Minuten)

		Zweigeteilte Prüfung (2 mal 60 Minuten). Der zivilrechtliche Teil besteht aus einer elektronischen Klausur mit 20 MC-Fragen.
11	**Berechnung der Modulnote**	elektronische Prüfung (50%) Klausur (50%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Wird in der Veranstaltung bekanntgegeben

1	**Modulbezeichnung** 43460	**Satellitenkommunikation** Satellite communication	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Übung Satellitenkommunikation (2 SWS) Vorlesung: Satellitenkommunikation (2 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Marcelo Michael Dr. Christian Rohde	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Albert Heuberger
5	**Inhalt**	Nach einem historischen Rückblick zur Entwicklung der Satellitenkommunikation werden die einzelnen Komponenten eines typischen Gesamtsystems (Boden- und Raumsegment) näher betrachtet. Hierzu zählt der prinzipielle Aufbau von Trägerraketen, von Satelliten (Satellitenplattformen, Subsysteme, Nutzlasten), die meist genutzten Umlaufbahnen und die verschiedenen Kommunikationsverbindungen (Uplink, Downlink, Inter-Satellite-Link). Die Besonderheiten der Signalausbreitung und -übertragung über große Entfernungen zwischen Bodenstationen und Satelliten werden erklärt und mit Beispielen ergänzt. Dabei wird insbesondere eingegangen auf verwendete Frequenzen, Signaldispersion und -dämpfung, atmosphärische Effekte sowie Störeinflüsse der Weltraumumgebung. Die Architektur transparenter und regenerativer Kommunikationseinheiten wird ausführlich an Beispielen kommerziell verfügbarer Transponder und Onboard-Prozessoren erklärt. Die Prinzipien moderner, standardisierter Verfahren zur Signalaufbereitung und Übertragung von Video-/Bild und Audiosignalen über Satellit (z.B. MPEG, H.264/265, DVB-S/-S2/-S2X) werden erläutert und diskutiert. Dies umfasst Verfahren zur Quellencodierung, Kanalcodierung und Modulation, Kanalzugriff und -diversität. Außerdem wird auf die im Orbit und im kommerziellen Einsatz befindlichen Kommunikationssatelliten und der damit verbundenen großen Dienstevielfalt eingegangen wie z.B. bei TV- und Breitbandversorgung sowie in Mobilkommunikationssystemen. Abschließend werden einige Herausforderungen und Forschungsansätze im Zusammenhang mit den neuen Megakonstellationen und Next Generation High Throughput Satellites (HTS) für zukünftige Satellitensysteme vorgestellt. Die in der Vorlesung behandelten physikalischen, elektro- und nachrichtentechnischen Zusammenhänge werden in den ergänzenden Übungen mit Rechenbeispielen vertieft. Gliederung der Vorlesung: **1. Einführung:** Überblick über die Hauptkomponenten, Satelliten, Anwendungen und Dienste, sowie Orbits, Aufgaben und Frequenzen der Satellitennetzwerke **2. Historie der Satellitenkommunikation:** Wichtige Meilensteine, Entwicklung in Europa und Deutschland **3. Orbits und Konstellationen:**

Keplersche Gesetze, Beschreibung von Orbits, verwendete Umlaufbahnen, Bodenspuren, erreichbare Abdeckung
4. Trägersysteme:
Trägerraketen, Entwicklung, Anbietermarkt, Nutzlastfähigkeit, Startplätze, Startverlauf
5. Satellitenaufbau:
Auswahl aktueller Satellitenplattformen, Satellitenaufbau, Plattformkomponenten, Montageschritte und Tests
6. Satellitennutzlast (Payload):
Komponenten, Industrielle Beispiele, Aufbau und Aufgaben der Payload, Transponderarchitekturen, Antennen
7. Signalausbreitung und Leistungsbilanz:
Signalausbreitung, Freiraumverluste, Signaldämpfung, Rauschen, Signal-Rausch-Verhältnis, Linkbudget
8. Weltraumumgebung: Weltraumumgebungsbedingungen, Einflüsse auf den Satelliten und die Elektronik der Nutzlast
9. Quellencodierung:
Audio-, Bild- und Videokompression das Content des Satellitenfernsehens
10. Signalmodulation und Kanalcodierung:
Signalkonstellationen, Modulation und Codes zur Fehlerkorrektur
11. Diversitäts- und Zugriffsverfahren:
Medium Access, Duplextechniken, Multiplexmethoden, Diversitätstechniken
12. Moderne Satellitenkommunikationssysteme:
Rundfunksysteme wie Sirius XM Satellite Radio, zellulare Internetversorgung mittels Satellitenkommunikation
13. Neueste Themen aus Forschung und Entwicklung

SatKom auf StudOn: http://www.studon.uni-erlangen.de/crs117969.html

After a historical retrospective about the developments in satellite communication, the core components of a typical satellite system (ground- and space-segment) are introduced. The principles and architectures of rockets/ carriers, satellites (platform, subsystems, payload), used orbits, and the various communication links (uplink, downlink, inter-satellite-link) are shown. The special features and properties of signal transmission over such large distances are explained and stuffed with examples. In particular, more details are provided on the used frequencies, signal dispersion and attenuation, atmospheric effects as well as impairments due to space environment. The architecture of transparent and regenerative communication payloads are described in detail, accompanied by corresponding examples of commercially used transponders and onboard-processors and their technology.
The principles of modern standardized methods for signal transmission and preparation of video-/image- and audio-signals via satellite, e.g., MPEG, H.264/265, DVB-S/-S2/-S2X, are illustrated and discussed.

		This includes methods for efficient source coding, channel coding and modulation, channel access and diversity schemes. Furthermore, the currently available communication satellites in orbit and the related variety of commercial services are introduced like, e.g., TV- and broadband services as well as mobile communication services and systems. Based on that, a few challenges and perspectives for research and development for future satellite systems are highlighted with respect to the upcoming new mega constellations and next generation high throughput satellites (HTS). The physical, electro-technical and communications concepts and schemes shown in the lectures are complemented by tutorials with sample calculations. Table of contents: **1. Introduction:** Overview of main components, satellites, applications and services, orbits, tasks, frequencies, satellite networks **2. History of satellite communications:** Major milestones, development in Europe and Germany **3. Orbits and constellations:** Kepler's laws, description of orbits, orbits used, ground tracks, achievable coverage **4. Launcher systems:** Launch vehicles, providers, payload capabilities, launch sites, launch history **5. Satellite structure:** Selection of current satellite platforms, satellite structure, platform components, assembly steps and tests **6. Payload:** Components, structure and tasks of payload, transponder architecture, antennas **7. Signal propagation and link budget:** Signal propagation, free space losses, signal attenuation, noise, signal to noise ratio, link budget **8. Space environment:** Space environmental conditions, influences on the satellites and payload electronics **9. Source coding:** Audio, image and video compression - the satellite TV broadcasting content **10. Signal modulation and channel coding:** Signal constellations, modulation and error correction coding **11. Diversity and access schemes:** Medium access, duplex methods, multiplex methods, diversity techniques **12. Modern satellite communications systems:** Broadcasting systems like Sirius XM Satellite Radio, satellite cellular broadband communication **13. Latest topics in research and development**
6	**Lernziele und Kompetenzen**	• Die Studierenden bekommen einen guten Überblick über alle Aspekte der Satellitenkommunikation inklusive Historie. • Die Studierenden lernen die weltweit führenden oder in Europa ansässigen Firmen und Organisationen kennen, die in den Bereichen Satellitenbau und -betrieb, Satellitendienste bzw. -anwendungen, sowie Forschung und Entwicklung tätig sind. • Die Studierenden können die Herausforderungen der Weltraumumgebung sowie Vor- und Nachteile verschiedener Orbits einschätzen und wichtige Kenngröße berechnen

		• Die Studierenden lernen die Signalverarbeitungsschritte im Sender, Satelliten und Empfänger kennen - von der Audio/Video-Quelle über Link-Budget-Berechnungen bis zur Datensenke. • Die Studierenden lernen den Aufbau und wichtige Kenngrößen von Satelliten, Konstellationen und Launchern kennen und dabei verwendete Konzepte zu unterscheiden und zu klassifizieren bzgl. deren Vor- und Nachteilen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine formalen Voraussetzungen
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsrichtung Elektronik und Informationstechnik Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich (90 Minuten) Klausur, 90min
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch Englisch
16	**Literaturhinweise**	Skriptum zur Lehrveranstaltung

1	**Modulbezeichnung** 43940	**Echtzeitsysteme** Real-time computing	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Peter Wägemann
5	**Inhalt**	Videobearbeitung in Echtzeit, Echtzeitstrategiespiel, echtzeitfähig - der Begriff Echtzeit ist wohl einer der am meisten strapazierten Begriffe der Informatik und wird in den verschiedensten Zusammenhängen benutzt. Diese Vorlesung beschäftigt sich mit dem Begriff Echtzeit aus der Sicht von Betriebssystemen - was versteht man eigentlich unter dem Begriff Echtzeit im Betriebssystemumfeld, wo und warum setzt man sog. Echtzeitbetriebssysteme ein und was zeichnet solche Echtzeitbetriebssysteme aus? In dieser Vorlesung geht es darum, die oben genannten Fragen zu beantworten, indem die grundlegenden Techniken und Mechanismen vermittelt werden, die man im Betriebssystemumfeld verwendet, um Echtzeitsysteme und Echtzeitbetriebssysteme zu realisieren. Im Rahmen dieser Vorlesung werden unter anderem folgende Themen behandelt: • zeitgesteuerte und ereignisgesteuerte Systeme • statische und dynamische Ablaufplanungsverfahren • Fadensynchronisation in Echtzeitbetriebssystemen • Behandlung von periodischen und nicht-periodischen Ereignissen In den begleitenden Übungen werden die in der Vorlesung vorgestellten Techniken bei der Entwicklung eines kleinen Echtzeitsystems praktisch umgesetzt.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • unterscheiden die verschiedenen Komponenten eines Echtzeitsystems. • bewerten die Verbindlichkeiten von Terminvorgaben (weich, fest, hart). • erläutern die Zusammensetzung des Laufzeitverhaltes einer Echtzeitanwendung. • klassifizieren die Berührungspunkte zwischen physikalischem Objekt und kontrollierendem Echtzeitsystem. • interpretieren die Zeitparameter des durch das Echtzeitrechensystem zu kontrollierenden Objekts. • nennen die Zeitparameter des zugrundeliegenden Rechensystems (Unterbrechungslatenz, Ausführungszeit, ...). • unterscheiden synchrone und asynchrone Programmunterbrechung (insbesondere Trap/Interrupt, Ausnahmebehandlung und Zustandssicherung).

		• skizzieren die Verwaltungsgemeinkosten des schlimmsten Falls. • entwickeln in der Programmiersprache C und wenden die GNU Werkzeugkette für den ARM Cortex M4 Microcontroller an. • erstellen Echtzeitanwendungen auf Basis der eCos OS-Schnittstelle • ordnen die Strukturelemente von Echtzeitanwendungen zu: Aufgabe, Arbeitsauftrag und Faden. • erläutern die Implikationen von zeitlichem Mehrfachbetrieb auf die Verwaltungsgemeinkosten. • unterscheiden die Umsetzungsalternativen zur Ablaufsteuerung und die Trennung der Belange in Einplanung (Strategie) und Einlastung (Mechanismus). • benennen die grundsätzliche Verfahren der Ablaufsteuerung (taktgesteuert, reihum, vorranggesteuert). • erklären die grundlegenden Zeitparameter einer Aufgabe (Auslösezeitpunkt, Termin, Antwortzeit, Latenz, Ausführungszeit, Schlupfzeit). • unterscheiden die Grundlagen der Planbarkeit (gültig vs. zulässig, Optimalität von Einplanungsalgorithmen). • beschreiben den Unterschied zwischen konstruktiver und analytischer Einhaltung von Terminen-. • vergleich die Möglichkeiten (statisch, dynamisch) der zeitliche Analyse von Echtzeitanwendungen. • erklären die Grundlagen und Beschränkungen von dynamischer (worst-case?) und statischer WCET-Analyse (makroskopisch und mikroskopisch). • illustrieren Lösungsverfahren zur Bestimmung des längsten Ausführungspfads (Timing Schema, IPET). • erstellen Zeitmessung mittels Zeitgeber / Oszilloskop und bestimmen den längsten Pfad durch Code-Review. • erproben werkzeuggestützte WCET-Analyse mittels des absint aiT Analysewerkzeugs. • beschreiben die Grundlagen der Abfertigung periodischer Echtzeitsysteme (Periode, Phase, Hyperperiode). • skizzieren das periodische Modell und dessen Folgen (Entwicklungskomfort vs. Analysierbarkeit). • erklären die ereignisgesteuerte Ausführung (feste und dynamische Priorität, Verdrängbarkeit) mittels ereignisorienterter Planer (Berechnungskomplexität, MLQ-Scheduler, O(1)-Scheduler). • unterscheiden die zeitgesteuerte Ausführung (Busy Loop, Ablaufplan)und die Abfertigung von Arbeitsaufträgen im Abfrage- bzw. Unterbrecherbetrieb. • wenden die Grundlagen der ereignisgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme an. • unterscheiden Verfahren zur statischen (RM, DM) und dynamischen Prioritätsvergabe (EDF, LRT, LST).

		• nennen den Unterschied zwischen Anwendungs- und Systemebene (Mehrdeutigkeit von Prioritäten). • erläutern den Optimalitätsnachweis des RM-, DM- und EDF-Algorithmus und dessen Ausnahmen. • beschreiben grundlegende Verfahren zur Planbarkeitsanalyse (CPU-Auslastung, Antwortzeitanalyse). • implementieren komplexe Aufgabensysteme in eCos. • unterscheiden die Grundlagen der zeitgesteuerten Ablaufplanung periodischer Echtzeitsysteme. • erstellen regelmäßige, zyklische Ablaufpläne (cyclic executive model, Rahmen). • vergleich Methoden der manuellen und algorithmischen Ablaufplanung. • unterscheiden optimale von heuristischen Verfahren (List Scheduling, Branch & Bound). • diskutieren die Konsequenzen eines Betriebswechsels in Echtzeitsystemen. • erstellen takt- beziehungsweise ereignisgesteuerte Abläufe in eCos beziehungsweise tt-eCos. • klassifizieren die Grundlagen der Abfertigung nicht-periodischer Echtzeitsysteme (minimale Zwischenankunftszeit). • definieren die Verbindlichkeiten von nicht-periodischen Aufgaben (aperiodisch, sporadisch) • zeigen die sich ergebenden Restriktionen des periodischen Modells (Mischbetrieb, Prioritätswarteschlangen, Übernahmeprüfung) auf. • beschreiben die Basistechniken des Laufzeitsystems (Zusteller, Unterbrecherbetrieb, Hintergrundbetrieb). • quantifizieren die Eigenschaften und Auswirkungen auf den periodischen Teil des Echtzeitsystems. • formulieren die Grundlagen des Slack-Stealing. • beschreiben den Einsatz von bandweite-bewahrenden Zustellern. • unterscheiden aufschiebbare Zusteller und Sporadic Server (SpSL und POSIX). • wenden eine Übernahmeprüfung bei sporadischen Aufgaben mittels dichte- oder schlupfbasierten Akzeptanztests an. • arbeiten einen strukturierter Ablaufplan (Rahmen) aus und untersuchen den Einsatz von Slack-Stealing. • ermitteln gerichtete Abhängigkeiten und Rangfolgen in Echtzeitanwendungen (Abhängigkeits- und Aufgabengraph). • stellen Umsetzungsalternativen für Abhängigkeiten einander gegenüber (naiv, implizit, explizit). • beschreiben das Konzept der zeitlichen Domänen und physikalischer bzw. logischer Ereignisse. • übertragen Abhängigkeiten auf das Problem der Ablaufplanung (modifiziere Auslösezeitpunkt/Termin, Phasenversatz).

		• konzipieren Rangfolge und aperiodische Steuerung in eCos. • implementieren einen aperiodischer Moduswechsel mit Zustandsüberführung in eCos. • wenden die Grundlagen von Wettstreit um Betriebsmitteln, Konkurrenz und Konfliktsituationen (kritische Abschnitte, (un)kontrollierte Prioritätsumkehr) an. • beschreiben echtzeitfähige Synchronisationsprotokolle (NPCS, PI, PCP). • nennen die Vor- und Nachteile der Techniken (transitive Blockung, Verklemmungen). • hinterfragen die Vereinfachung des PCP durch stapelbezogene Grenzprioritäten. • bestimmen die Ablaufplanung unter Berücksichtigung von Blockierungszeiten und Selbstsuspendierung. • implementieren Zugriffskontrolle (NPCS, PI, PCP) in Echtzeitanwendungen mit eCos. • erläutern die Anforderungen an verteile Echtzeitsysteme (Komposition, Erweiterbarkeit, Komplexität, Ereignis- vs. Zustandsnachricht). • fassen die Grundlagen von Knoten, Netzwerkschnittstellen und Netzübergängen sowie die Konzepte der expliziten und impliziten Flusskontrolle zusammen. • erschließen sich typische Probleme (zeitliche Analyse, Beobachtbarkeit, Synchronisation, Rangfolge) und Fehlerquellen bei der Programmierung von Echtzeitanwendungen. • können in Gruppen kooperativ und effektiv arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten in der Konzeption wie Umsetzung umgehen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Für eine erfolgreiche Teilnahme an der Veranstaltung sind grundlegende Programmierkenntnisse in C/C++ erforderlich. Diese können durch den (empfohlenen) Besuch entsprechender Grundlagenveranstaltungen oder im Eigenstudium erworben sein, eine formale Voraussetzung besteht in diesem Zusammenhang nicht.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	mündlich (30 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	Unregelmäßig

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 90 h Eigenstudium: 60 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	• Hermann Kopetz. Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications. Kluwer Academic Publishers, 1997. • Jane W. S. Liu. Real-Time Systems. Prentice-Hall, Inc., 2000. • Wolfgang Schröder-Preikschat. Softwaresysteme 1. Vorlesungsfolien. 2006.

1	**Modulbezeichnung** 43950	**Kommunikationssysteme** Communication systems	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Reinhard German
5	**Inhalt**	Aus Rechnerkommunikation ist der grundlegende Aufbau von IP-basierten Netzen bekannt, Inhalt von Kommunikationssysteme sind weitere Netztechnologien wie Leitungsvermittlung (Telefonnetze, Sonet/ SDH/WDM) und Netze mit virtueller Leitungsvermittlung (ATM, MPLS) sowie Netzwerkvirtualisierung (SDN, NFV), Multimediakommunikation über paketvermittelte Netze (Streaming, RTP, SIP, Multicast), Dienstgüte in paketvermittelten Netzen (Integrated Services, RSVP, Differentiated Services, Active Queue Management, Policing, Scheduling), drahtlose und mobile Kommunikation (GSM, UMTS, LTE, 5G, Wimax, WLAN, Bluetooth, ZigBee u.a. Sensornetze). Auch Kommunikation in der Industrie wird behandelt. In der Übung werden praktische Aufgaben im Labor durchgeführt: ein Labor enthält mehrere IP-Router, Switches und Rechner, IP-Telefone und Telefonie-Software für VoIP, es werden verschiedene Konfigurationen eingestellt und getestet. Ein weiterer Übungsteil beschäftigt sich mit Mobilkommunikation. *Contents:* Based on the course computer communications the architecture of IP networks is known. Contents of this course will be additional networking technologies such as circuit switching (telephony, SONET/ SDH/WDM) and networks with virtual circuit switching (ATM, MPLS) as well as network virtualization (SDN, NFV), multimedia communications over packet switched networks (streaming, RTP, SIP, multicast), quality-of-service in packet switched networks (integrated services, RSVP, differentiated services, active queue management, policing, scheduling), wireless and mobile communications (GSM, UMTS, LTE, 5G, Wimax, WLAN, Bluetooth, sensor networks such as ZigBee). Industrial communication will also be a topic. In the tutorial practical tasks are performed in the laboratory: One laboratory contains several IP routers, switches and computers, IP phones and VoIP telephone software. Various configurations are set up and tested. Another part of the tutorial deals with mobile communications.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden erlangen Kenntnisse über Technologien bei der Leitungs- und Paketvermittlung in leitungsgebundenen und drahtlosen/mobilen Netzen Kenntnisse über die Grundlagen von Dienstgütemechanismen in paketvermittelten Netzen praktische Erfahrung in der Konfiguration eines IP-Switch-Router-Netzes mit Multimediaverkehr Students obtain the following learning targets and competences

		Knowledge of technologies in circuit and packet switching in wired and wireless/mobile networks Knowledge of the foundations of quality of service mechanisms in packet switched networks Practical experience in configuring an IP switch router network with multimedia traffic
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Basic knowledge of working with the Linux command line interface (terminal).
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich oder mündlich (90 Minuten) Prüfungsleistung, Klausur, Dauer (in Minuten): 90, benotet, 5 ECTS Anteil an der Berechnung der Modulnote: 100.0 % Die Modulprüfung besteht aus: • Bearbeitung (zwei)wöchentlicher Aufgabenblätter in Gruppenarbeit. Für diese unbenotete Studienleistung sind alle Aufgabenblätter korrekt zu lösen und abzugeben. • Klausur von 90 Minuten
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich oder mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Kurose, Ross. Computer Networking: A Top-Down Approach. 7th Ed., Pearson Education, 2017 W. Stallings. Data and Computer Communications, 10th ed., Pearson Education, 2014 W. Stallings. Foundations of Modern Networking: SDN, NFV, QoE, IoT, and Cloud, Pear-son Education, 2016 Cox. An Introduction to LTE. Wiley, 2012

1	**Modulbezeichnung** 65718	**Introduction to Machine Learning** Introduction to machine learning	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Introduction to Machine Learning (2 SWS) Übung: IntroML-Ex (2 SWS) Übung: IntroML-Tut (2 SWS)	5 ECTS 1,25 ECTS -
3	Lehrende	Dr.-Ing. Vincent Christlein Linda-Sophie Schneider	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Andreas Maier
5	**Inhalt**	Das Modul hat zum Ziel, die Studierenden mit dem prinzipiellen Aufbau eines Mustererkennungssystems vertraut zu machen. Es werden die einzelnen Schritte von der Aufnahme der Daten bis hin zur Klassifikation von Mustern erläutert. Das Modul beginnt dabei mit einer kurzen Einführung, bei der auch die verwendete Nomenklatur eingeführt wird. Die Analog-Digital-Wandlung wird vorgestellt, wobei der Schwerpunkt auf deren Auswirkungen auf die weitere Signalanalyse liegt.Im Anschluss werden gebräuchliche Methoden der Vorverarbeitung beschrieben. Ein wesentlicher Bestandteil eines Mustererkennungssystems ist die Merkmalsextraktion. Verschiedene Ansätze zur Merkmalsberechnung/-transformation werden gezeigt, darunter Momente, Hauptkomponentenanalyse und Lineare Diskriminanzanalyse.Darüber hinaus werden Möglichkeiten vorgestellt, Merkmalsrepäsentationen direkt aus den Daten zu lernen. Das Modul schließt mit einer Einführung in die maschinelle Klassifikation. In diesem Kontext wird der Bayes- und der Gauss-Klassifikator besprochen. The module aims to familiarize students with the basic structure of a pattern recognition system. The individual steps from the acquisition of data to the classification of patterns are explained. The module starts with a short introduction, which also introduces the used nomenclature. Analog-to-digital conversion is introduced, with emphasis on its impact on further signal analysis.Common methods of preprocessing are then described. An essential component of a pattern recognition system is feature extraction. Various approaches to feature computation/ transformation are demonstrated, including moments, principal component analysis, and linear discriminant analysis.In addition, ways to learn feature representations directly from the data are presented. The module concludes with an introduction to machine classification. In this context, the Bayes and Gauss classifiers are discussed. T
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • erklären die Stufen eines allgemeinen Mustererkennungssystems • verstehen Abtastung, das Abtasttheorem und Quantisierung • verstehen und implementieren Histogrammequalisierung und -dehnung

		• vergleichen verschiedene Schwellwertmethoden • verstehen lineare, verschiebungsinvariante Filter und Faltung • wenden verschiedene Tief- und Hochpassfilter sowie nichtlineare Filter an • wenden verschiedene Normierungsmethoden an • verstehen den Fluch der Dimensionalität • erklären verschiedene heuristische Merkmalsberechnungsmethoden, z.B. Projektion auf einen orthogonalen Basisraum, geometrische Momente, Merkmale • basierend auf Filterung • verstehen analytische Merkmalsberechnungsmethoden, z.B. Hauptkomponentenanalyse, Lineare Diskriminanzanalyse • verstehen die Basis von Repräsentationslernen • erläutern die Grundlagen der statistischen Klassifikation (Bayes-Klassifikator) • benutzen die Programmiersprache Python, um die vorgestellten Verfahren der Mustererkennung anzuwenden • lernen praktische Anwendungen kennen und wenden die vorgestellten Algorithmen auf konkrete Probleme an The students • explain the stages of a general pattern recognition system • understand sampling, the sampling theorem, and quantization • understand and implement histogram equalization and expansion • compare different thresholding methods • understand linear, shift invariant filters and convolution • apply various low-pass, high-pass, and nonlinear filters • apply different normalization methods • understand the curse of dimensionality • explain different heuristic feature calculation methods, e.g. projection on an orthogonal base space, geometric moments, features based on filtering • understand analytical feature computation methods, e.g. principal component analysis, linear discriminant analysis • understand the basis of representation learning • explain the basics of statistical classification (Bayes classifier) • use the programming language Python to apply the presented pattern recognition methods • learn practical applications and apply the presented algorithms to concrete problems
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Ein Mustererkennungssystem besteht aus den folgenden Stufen: Aufnahme von Sensordaten, Vorverarbeitung, Merkmalsextraktion und maschinelle Klassifikation. Dieses Modul beschäftigt sich in erster Linie mit den ersten drei Stufen und schafft damit die Grundlage für weiterführende Module (Pattern Recognition und Pattern Analysis).

		A pattern recognition system consists of the following stages: Sensor Data Acquisition, Preprocessing, Feature Extraction, and Machine Classification. This module primarily deals with the first three stages and thus creates the basis for more advanced modules (Pattern Recognition and Pattern Analysis).
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (60 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	• Vorlesungsfolien/lecture slides • Heinrich Niemann: Klassifikation von Mustern, 2. überarbeitete Auflage, 2003 • Sergios Theodoridis, Konstantinos Koutroumbas: Pattern Recognition, 4. Auflage, Academic Press, Burlington, 2009 • Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stock: Pattern Classification, 2. Auflage, John Wiley & Sons, New York, 2001

1	**Modulbezeichnung** 95280	**Verteilte Systeme** Distributed systems	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Rechnerübungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Übung: Übungen zu Verteilte Systeme (2 SWS) Vorlesung: Verteilte Systeme (2 SWS)	- 2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Tobias Distler Harald Böhm Dr. rer. nat. Christian Berger	

4	**Modulverantwortliche/r**	Tobias Distler
5	**Inhalt**	Verteilte Systeme bestehen aus mehreren Rechnern, die über ein Netzwerk miteinander verbunden sind und einen gemeinsamen Dienst erbringen. Obwohl die beteiligten Rechner hierfür in weiten Teilen unabhängig voneinander agieren, erscheinen sie ihren Nutzern gegenüber in der Gesamtheit dabei trotzdem als ein einheitliches System. Die Einsatzmöglichkeiten für verteilte Systeme erstrecken sich über ein weites Spektrum an Szenarien: Von der Zusammenschaltung kleinster Rechenknoten zur Sammlung von Daten im Rahmen von Sensornetzwerken über Steuerungssysteme für Kraftfahrzeuge und Industrieanlagen bis hin zu weltumspannenden, Internet-gestützten Infrastrukturen mit Komponenten in Datenzentren auf verschiedenen Kontinenten. Ziel dieses Moduls ist es, die sich durch die speziellen Eigenschaften verteilter Systeme ergebenden Problemstellungen zu verdeutlichen und Ansätze zu vermitteln, mit deren Hilfe sie gelöst werden können; Beispiele hierfür sind etwa die Interaktion zwischen heterogenen Systemkomponenten, der Umgang mit erhöhten Netzwerklatenzen sowie die Wahrung konsistenter Zustände über Rechnergrenzen hinweg. Gleichzeitig zeigt das Modul auf, dass die Verteiltheit eines Systems nicht nur Herausforderungen mit sich bringt, sondern auf der anderen Seite auch Chancen eröffnet. Dies gilt insbesondere in Bezug auf die im Vergleich zu nicht verteilten Systemen erzielbare höhere Widerstandsfähigkeit eines Gesamtsystems gegenüber Fehlern wie den Ausfällen ganzer Rechner oder sogar kompletter Datenzentren. Ausgehend von den einfachsten, aus nur einem Client und einem Server bestehenden verteilten Systemen, beschäftigt sich die Vorlesung danach mit der deutlich komplexeren Replikation der Server-Seite und behandelt anschließend die Verteilung eines Systems über mehrere, mitunter weit voneinander entfernte geografische Standorte. In allen Abschnitten umfasst die Betrachtung des jeweiligen Themas eine Auswahl aus Grundlagen, im Praxiseinsatz befindlicher Ansätze und Techniken sowie für den aktuellen Stand der Forschung repräsentativer Konzepte. Im Rahmen der Übungen wird zunächst ein plattformunabhängiges Fernaufrufsystem schrittweise entwickelt und parallel dazu getestet.

		Als Vorlage und Orientierungshilfe dient dabei das in der Praxis weit verbreitete Java RMI. In den weiteren Übungsaufgaben stehen anschließend klassische Problemstellungen von verteilten Systemen wie fehlertolerante Replikation und verteilte Synchronisation im Mittelpunkt.
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Studierende, die das Modul erfolgreich abgeschlossen haben: • beschreiben charakteristische Merkmale und Eigenschaften verteilter Systeme sowie grundlegende Probleme im Zusammenhang mit ihrer Realisierung. • untersuchen die Unterschiede zwischen lokalen Methodenaufrufen und Fernmethodenaufrufen. • vergleichen Ansätze zur Konvertierung von Nachrichten zwischen verschiedenen Datenrepräsenationen. • konzipieren eine eigene auf Java RMI basierende Anwendung. • entwickeln ein eigenes Fernaufrufsystem nach dem Vorbild von Java RMI. • gestalten ein Modul zur Unterstützung verschiedener Fernaufrufsemantiken (Maybe, Last-of-Many) für das eigene Fernaufrufsystem. • beurteilen auf Basis eigener Experimente mit Fehlerinjektionen die Auswirkungen von Störeinflüssen auf verschiedene Fernaufrufsemantiken. • klassifizieren Mechanismen zur Bereitstellung von Fehlertoleranz, insbesondere verschiedene Arten der Replikation (aktiv vs. passiv). • vergleichen verschiedene Konsistenzgarantien georeplizierter Systeme. • illustrieren das Problem einer fehlenden gemeinsamen Zeitbasis in verteilten Systemen. • erforschen logische Uhren als Mittel zur Reihenfolgebestimmung und Methoden zur Synchronisation physikalischer Uhren. • unterscheiden grundlegende Zustellungs- und Ordnungsgarantien beim Multicast von Nachrichten. • gestalten ein Protokoll für den zuverlässigen und totalgeordneten Versand von Nachrichten in einer Gruppe von Knoten. • entwickeln einen Dienst zur Verwaltung verteilter Sperrobjekte auf Basis von Lamport-Locks. • bewerten die Qualität einer Publikation aus der Fachliteratur. • erschließen sich typische Probleme (Nebenläufigkeit, Konsistenz) und Fehlerquellen bei der Programmierung verteilter Anwendungen. • können in Kleingruppen kooperativ arbeiten. • können ihre Entwurfs- und Implementierungsentscheidungen kompakt präsentieren und argumentativ vertreten. • können offen und konstruktiv mit Schwachpunkten und Irrwegen umgehen.

		• reflektieren ihre Entscheidungen kritisch und leiten Alternativen ab.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Gute Programmierkenntnisse in Java
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur Das Modul wird bestanden bei erfolgreicher Bearbeitung aller 6 Übungsaufgaben (Bewertung jeweils mit "ausreichend") und dem Bestehen einer 30-minütigen mündlichen Prüfung.
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%) Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Bewertung der mündlichen Prüfung.
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 96270	**Kanalcodierung** Channel coding	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung: Channel Coding (4 SWS)	5 ECTS
3	Lehrende	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer	

4	**Modulverantwortliche/r**	Dr.-Ing. Clemens Stierstorfer
5	**Inhalt**	1) Introduction and Motivation 2) Fundamentals of Block Coding 3) Introduction to Finite Fields I 4) Linear Block Codes 5) Linear Cyclic Codes 6) Introduction to Finite Fields II 7) BCH and RS Codes 8) Convolutional Codes 9) Codes with Iterative Decoding
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Das Modul Kanalcodierung umfasst eine Einführung in die Grundlagen der algebraischen, fehlerkorrigierenden Blockcodes sowie einen Einstieg in die Thematik der Faltungscodes. Iterativ decodierte Codeschemata wie Turbo-Codes und LDPC-Codes werden ebenfalls eingeführt. Im Einzelnen sind die Inhalte oben aufgeführt. Die Studierenden definieren die Problematik der Kanalcodierung, grenzen sie von anderen Codierverfahren (z.B. der Quellencodierung) ab und kennzeichnen die unterschiedlichen Ansätze zur Fehlerkorrektur und -erkennung. Sie nennen Beispiele für Einsatzgebiete von Kanalcodierung und geben einen Überblick über die historische Entwicklung des Fachgebiets. Die Studierenden erstellen Übertragungsszenarien für den Einsatz von Kanalcodierung bestehend aus Sender, Übertragungskanal und Empfänger und beachten dabei die Grundannahmen beim Einsatz von Blockcodes bzw. der Modellierung der Kanäle. Sie formulieren mathematische Beschreibungen der Encodierung sowie der optimalen Decodierung bzw. suboptimaler Varianten. Die Studierenden beherrschen die Grundlagen fehlerkorrigierender linearer Blockcodes, beschreiben diese mathematisch korrekt mittels Vektoren und Matrizen über endlichen Körpern und implementieren und bewerten zugehörige Encoder- und Decoderstrukturen insbesondere Syndromdecoder. Dabei modifizieren sie Generatormatrizen, ermitteln Prüfmatrizen und erstellen Syndromtabellen. Sie schätzen die minimale Hammingdistanz von Codes mittels Schranken ab und können den erzielbaren Codegewinn erläutern. Sie kennen und benutzen beispielhaften Codefamilien (z.B. Hamming-Codes, Simplex-Codes, Reed-Muller-Codes). Die Studierenden erkennen die Vorteile zyklischer linearer Blockcodes und beschreiben diese mit Polynomen über endlichen Körpern. Sie nutzen die Restklassenrechnung bzgl. Polynomen zur Umsetzung systematischer Encoder und zur Realisierung von Syndromdecodern mittels Schieberegisterschaltungen. Sie kennen beispielhafte Codefamilien.

Die Studierenden nutzen Primkörper, Erweiterungskörper, Minimalpolynome und Kreisteilungsklassen sowie die Spektraldarstellung über endlichen Körpern zur Realisierung von BCH- und Reed-Solomon-Codes gemäß der BCH-Schranke. Sie verstehen die Grundlagen der Decodierung von BCH- und Reed-Solomon-Codes. Sie skizzieren und erläutern die Kanalcodierkonzepte von CD und DVD.
Die Studierenden erklären die Unterschiede von Faltungscodes und Blockcodes, skizzieren anhand von tabellierten Generatorpolynomen zugehörige Encoder und erläutern diese. Sie erklären die Funktionsweise des optimalen Decoders (MLSE) und demonstrieren diese beispielhaft.
Die Studierenden verstehen die Grundlagen der iterativen Decodierung, insbesondere wenden sie die Grundlagen des Information Combining zur Kombination von verschiedenen Beobachtungen an. Sie verstehen die Bedeutung von Log-Likelihood-Ratios bei iterativen Decodieruvorgängen und berechnen diese. Sie skizzieren die grundlegenden Encoder- und Decoderstrukturen von Turbo-Codes und die Grundzüge der Codierung mit LDPC-Codes u.a. der Decodierung mittels Belief Propagation.
Die Vorlesung erfolgt wechselweise auf Deutsch oder Englisch (Winter/ Sommer). Die zur Verfügung gestellten Unterlagen sind ausschließlich in Englisch gehalten. Die Studierenden verwenden entweder die englischen Fachtermini sicher oder kennen diese und drücken sich sicher mit den entsprechenden deutschen Fachbegriffen aus.
Die Umsetzung der angegebenen Algorithmen in eine Programmiersprache (C, Matlab usw.) sollten die Studierenden zu diesem Zeitpunkt des Studiums üblicherweise beherrschen. Übungen hierzu bleiben der Eigeninitiative überlassen.

Students define the problems of channel coding, how to distinguish it from other coding methods (such as source coding) and how to describe the various different approaches to error correction and detection. They are able to list example application areas of channel coding and give an overview of the historical development of the field.
Furthermore, they describe and analyze transmission scenarios for the application of channel coding which consist of transmitter, transmission channel and receiver, taking into account the general assumptions for applying block codes or modeling the channels. They formulate mathematical descriptions of encoding, optimal decoding and sub-optimal methods.
Students illustrate the principles of error-correcting linear block codes and describe them mathematically using vectors and matrices over finite fields. They implement and analyze corresponding encoder and decoder structures, in particular syndrome decoders, and modify generator matrices, construct test matrices and create syndrome tables. They estimate the minimum Hamming distance of codes using bounds and are able to explain the coding gain that can be achieved in individual cases. They analyze and use example code families (e.g. Hamming codes, simplex codes, Reed-Muller codes).

		Students explain the advantages of cyclic linear block codes and how to describe them with polynomials over finite fields. They apply polynomial modular arithmetic to implement systematic encoders and realize syndrome decoders using shift register circuits. They know and use exemplary code families. Students use prime fields, extension fields, minimal polynomials and cyclotomic cosets, and spectral representation over finite fields to implement BCH and Reed-Solomon codes using the BCH bound. They understand the foundations of decoding BCH and Reed-Solomon codes and how to sketch and explain the channel coding concepts of CDs and DVDs. Students are able to describe the differences between convolutional codes and block codes, to sketch the respective encoders based on tabulated generator polynomials and to explain them. They are able to explain how optimal decoders (MLSE) work using examples. Students sketch the foundations of iterative decoding. In particular, they apply methods of information combining to combine different observations. They use and calculate log-likelihood ratios in iterative decoding processes, sketch the basic encoding and decoding structures of turbo codes and the basics of coding using LDPC codes (including decoding using belief propagation). Students either are able to use the English technical terms correctly or know them and are able to express themselves using the respective technical terms in German.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Es ist hilfreich, wenn die Studierenden die erlernten Algorithmen in eine Programmiersprache (C, Matlab usw.) umsetzen können. It would be very helpful if the participants can implement the specified algorithms into a programming language (C, Matlab, etc.).
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 5
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	schriftlich oder mündlich (90 Minuten) Die Prüfung ist eine 90-minütige schriftliche Klausur. Hilfsblatt, Taschenrechner: Sie können ein einzelnes A4-Blatt (Vorder- und Rückseite oder andere Blätter mit offensichtlich identischer Gesamtfläche) verwenden, um Ihre eigene, handschriftliche Formelsammlung aufzuschreiben. Sie können einen nicht programmierbaren Taschenrechner verwenden. --- The examination is a 90-minute written test. Cheat Sheet, Calculator: A single A4 sheet (front and back, or any other collection of sheets with an obviously identical total area size) can be

		used to write down your own handwritten collection of formulas, etc. You may also bring a non-programmable calculator.
11	**Berechnung der Modulnote**	schriftlich oder mündlich (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch oder Englisch
16	**Literaturhinweise**	• J. Huber, R. Fischer, C. Stierstorfer: Folien zur Vorlesung • M. Bossert: Kanalcodierung, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 3. Auflage, 2013 • M. Bossert: Channel Coding for Telecommunications, John Wiley & Sons, 1999 • B. Friedrichs: Kanalcodierung, Springer Verlag, 1996 • S.B. Wicker: Error Control Systems for Digital Communications and Storage, Prentice-Hall, 1995

1	**Modulbezeichnung** 798810	**Rechnerarchitektur** Computer architecture	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Dietmar Fey
5	**Inhalt**	Die Vorlesung baut auf die in den Grundlagen der Rechnerarchitektur und -organisation vermittelten Inhalte auf und setzt diese mit weiterführenden Themen fort. Es werden zunächst grundlegende fortgeschrittene Techniken bei Pipelineverarbeitung und Cachezugriffen in modernen Prozessoren und Parallelrechnern behandelt. Ferner wird die Architektur von Spezialprozessoren, z.B. DSPs und Embedded Prozessoren behandelt. Es wird aufgezeigt, wie diese Techniken in konkreten Architekturen (Intel Nehalem, GPGPU, Cell BE, TMS320 DSP, Embedded Prozessor ZPU) verwendet werden. Zur Vorlesung wird eine Tafelübung angeboten. Mit erfolgreicher mündlicher Prüfung können 5 ECTS erworben werden. In den Tafelübungen werden die in der Vorlesung vermittelten Techniken durch zu lösende Aufgaben vertieft. In der Rechnerübung soll u.a. ein einfacher Vielkern-Prozessor auf Basis des ZPU-Prozessors mit Simulationswerkzeugen aufgebaut werden. Im Einzelnen werden folgende Themen behandelt: • Organisationsaspekte von CISC und RISC-Prozessoren • Behandlung von Hazards in Pipelines • Fortgeschrittene Techniken der dynamischen Sprungvorhersage • Fortgeschritten Cachetechniken, Cache-Kohärenz • Ausnutzen von Cacheeffekten • Architekturen von Digitalen Signalprozessoren • Architekturen homogener und heterogener Multikern-Prozessoren (Intel Corei7, Nvidia GPUs, RISC-V) • Architektur von Parallelrechnern (Clusterrechner, Superrechner) • Effiziente Hardware-nahe Programmierung von Mulitkern-Prozessoren (OpenMP, SSE, CUDA) • Leistungsmodellierung und -analyse von Multikern-Prozessoren (Roofline-Modell)
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Fachkompetenz Wissen Lernende können Wissen abrufen und wiedergeben. Sie kennen konkrete Einzelheiten wie Begriffe, Definitionen, Fakten, und Abläufe in einem Prozessor darlegen. Verstehen Lernende können Beispiele für Rechnerarchitekturen anführen, sie sind in der Lage, Schaubilder von Prozessoren zu interpretieren und die Abläufe in eigenen Worten zu beschreiben.

		Anwenden Lernende können beim Erstellen eigener Programme durch Transfer des Wissens über Interna von Prozesorarchitekturen Optimierungen hinsichtlich des Laufzeitverhaltens vornehmen. Analysieren Lernende können zwischen verschiedenen Varianten von Lösungen einer Prozessorarchitektur klassifizieren, die Gründe für durchgeführte Entwurfsentscheidungen erschließen, Unterscheide gegenüberstellen und gegeneinander bewerten. Lern- bzw. Methodenkompetenz Lernende erwerben die Fähigkeit selbstständig Testprogramme zum Bewerten der Leistungsfähigkeit eines Prozessors zu erstellen.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Variabel
11	**Berechnung der Modulnote**	Variabel (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch Englisch
16	**Literaturhinweise**	• Patterson/Hennessy: Computer Organization und Design • Hennessy/Patterson: Computer Architecture - A Quantitative Approach • Stallings: Computer Organization and Architecture • Märtin: Rechnerarchitekturen

1	**Modulbezeichnung** 93601	**Information Theory and Coding / Informationstheorie und Codierung** Information theory and coding	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Informationstheorie und Codierung - Übung (1 SWS) Vorlesung: Informationstheorie und Codierung (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller Johanna Fröhlich	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	**Inhalt**	1. Introduction: binomial distribution, (7,4)-Hamming code, parity-check matrix, generator matrix 2. Probability, entropy, and inference: entropy, conditional probability, Bayes law, likelihood, Jensens inequality 3. Inference: inverse probability, statistical inference 4. The source coding theorem: information content, typical sequences, Chebychev inequality, law of large numbers 5. Symbol codes: unique decidability, expected codeword length, prefix-free codes, Kraft inequality, Huffman coding 6. Stream codes: arithmetic coding, Lempel-Ziv coding, Burrows-Wheeler transform 7. Dependent random variables: mutual information, data processing lemma 8. Communication over a noisy channel: discrete memory-less channel, channel coding theorem, channel capacity 9. The noisy-channel coding theorem: jointly-typical sequences, proof of the channel coding theorem, proof of converse, symmetric channels 10. Error-correcting codes and real channels: AWGN channel, multivariate Gaussian pdf, capacity of AWGN channel 11. Binary codes: minimum distance, perfect codes, why perfect codes are bad, why distance isnt everything 12. Message passing: distributed counting, path counting, low-cost path, min-sum (=Viterbi) algorithm 13. Exact marginalization in graphs: factor graphs, sum-product algorithm 14. Low-density parity-check codes: density evolution, check node degree, regular vs. irregular codes, girth 15. Lossy source coding: transform coding and JPEG compression -- 1. Einleitung: Binomialverteilung, (7,4)-Hamming-Code, Paritätsmatrix, Generatormatrix 2. Wahrscheinlichkeit, Entropie und Inferenz: Entropie, bedingte Wahrscheinlichkeit, Bayessches Gesetz, Likelihood, Jensensche Ungleichung 3. Inferenz: Inverse Wahrscheinlichkeit, statistische Inferenz 4. Das Quellencodierungstheorem: Informationsgehalt, typische Folgen, Tschebyschevsche Ungleichung, Gesetz der großen Zahlen

		5. Symbolcodes: eindeutige Dekodierbarkeit, mittlere Codewortlänge, präfixfreie Codes, Kraftsche Ungleichung, Huffmancodierung 6. Stromcodes: arithmetische Codierung, Lempel-Ziv-Codierung, Burrows-Wheeler-Transformation 7. Abhängige Zufallsvariablen: Transinformation, Datenverarbeitungslemma 8. Kommunikation over gestörte Kanäle: diskreter gedächtnisloser Kanal, Kanalcodierungstheorem, Kanalkapazität 9. Das Kanalcodierungstheorem: verbundtypische Folgen, Beweis des Kanalcodierungstheorems, Beweis des Umkehrsatzes, symmetrische Kanaäle 10. Fehlerkorrigierende Codes und reale Kanäle: AWGN-Kanal, mehrdimensionale Gaußsche WDF, Kapazität des AWGN-Kanals 11. Binäre Codes: Minimaldistanz, perfekte Codes, Warum perfekte Codes schlecht sind, Warum Distanz nicht alles ist 12. Nachrichtenaustausch: verteiltes Zählen, Pfadzählen, günstigster Pfad, Minimumsummenalgorithmus 13. Exakte Marginalisierung in Graphen: Faktorgraph, Summenproduktalgorithmus 14. LDPC-Codes: Dichteevolution, Knotenordnung, reguläre und irreguläre Codes, Graphumfang 15. Verlustbehaftete Quellencodierung: Transformationscodierung und JPEG-Kompression
6	**Lernziele und Kompetenzen**	The students apply Bayesian inference to problems in both communications and everyday's life. The students explain the concept of digital communications by means of source compression and forward-error correction coding. For the design of communication systems, they use the concepts of entropy and channel capacity. They calculate these quantities for memoryless sources and channels. The students proof both the source coding and the channel coding theorem. The students compare various methods of source coding with respect to compression rate and complexity. The students apply source compression methods to measure mutual information. The students factorize multivariate functions, represent them by graphs, and marginalize them with respect to various variables. The students explain the design of error-correcting codes and the role of minimum distance. They decode error-correcting codes by means of maximum-likelihood decoding and message passing. The students apply distributed algorithms to problems in both communications and everydays life. The students improve the properties of low-density parity-check codes by widening the girth and/or irregularity in the degree distribution. The students transform source images into the frequency domain to improve lossy compression. --

		Die Studierenden wenden Bayessche Inferenz auf Probleme in der Nachrichtentechnik und im Alltagsleben an. Die Studierenden erklären die konzeptuelle Trennung von digitaler Übertragung in Quellen- und Kanalcodierung. Kommunikationssysteme entwerfen sie unter Betrachtung von Entropie und Kanalkapazität. Sie berechnen diese Größen für gedächtnislose Quellen und Kanäle. Die Studierenden beweisen sowohl das Quellen- als auch das Kanalcodierungstheorem. Die Studierenden vergleichen verschiedenartige Quellencodierungsverfahren hinsichtlich Komplexität und Kompressionsrate. Die Studierenden verwenden Quellencodierverfahren zur Messung von Transinformation. Die Studierenden faktorisieren Funktionen mehrerer Veränderlicher, stellen diese als Graph dar und marginalisieren sie bezüglich mehrerer Veränderlicher. Die Studierenden erklären den Entwurf von Kanalcodes und den Einfluss der Minimaldistanz. Sie decodieren Kanalcodes gemäß maximaler Likelihood und Nachrichtenaustausch. Die Studierenden wenden verteilte Algorithmen auf Probleme der Nachrichtentechnik und des Alltagslebens an. Die Studierenden verbessern die Eigenschaften von LDPC-Codes durch Erhöhung des Umfangs und/oder durch irreguäre Knotenordnungsverteilungen. Die Studierenden transformieren Bildquellen zur Verbesserung verlustbehafteter Kompression iin den Frequenzbereich.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	in jedem Semester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	MacKay, D.: Information Theory, Inference, and Learning Algorithms, Cambridge University Press, Cambridge, 2003.

1	**Modulbezeichnung** 43141	**Mobile Communications** Mobile communications	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: Mobile Communications - Tutorial (1 SWS) Vorlesung: Mobile Communications (3 SWS)	- 5 ECTS
3	Lehrende	Bastian Eisele Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Ralf Müller
5	**Inhalt**	History of mobile communications, cellular systems, sectorization, spectral efficiency, co-channel interference, adjacent-channel interference, near-far effect, cellular network architecture, antenna types and parameters, free space propagation, reflection, attenuation, diffraction, scattering, classification of channel models, ground reflection model, Okumura-Hata model, shadowing, narrow-band fading, time- variant channels, scattering function, delay-Doppler spectrum, diversity principles, combining methods, diversity gain, multiplexing, duplexing, digital modulation, Gaussian filtered minimum shift keying, basics of channel coding, interleaving, global system for mobile communications, physical versus logical channels, frame structure, call set-up, synchronization, channel estimation, hand-off
6	**Lernziele und Kompetenzen**	The students explain the cellular structure of mobile communication systems. They students explain the physical mechanics of radio wave propagation in the cm-band. The students explain the GSM cellular communications standard. The students discuss the pros and cons of several multiple-access and duplexing methods. The students discuss the pros and cons of several modulation and coding formats. The students decide which antenna type is suitable for a given morphological structure of the environment. The students predict the amplitude and dynamic of the antenuation between a mobile transmitter and a fixed receiver. The students utilize diversity methods to improve the link quality. The students determine the coverage probability of a given cellular communication system. The students collaborate on solving exercise problems. The students discuss which system solutions fit to which environments.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester

13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Englisch
16	**Literaturhinweise**	Proakis, J.: Digital Communications, McGraw-Hill, 4th ed., 2001. Rappaport, T.: Wireless Communications: Principles & Practice, Prentice Hall, 2nd ed., 2001. Mouly, M., Paulet, M.: The GSM System for Mobile Communications, Cell & SYS, France, 1992. Goldsmith, A.: Wireless Communications, Cambridge Univ. Press, 2005.

1	**Modulbezeichnung** 96590	**Entwurf integrierter Schaltungen I** Design of integrated circuits I	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Peter Meisel Prof. Dr.-Ing. Sebastian Sattler
5	**Inhalt**	Es wird in die Grundlagen des integrierten digitalen Schaltungsentwurfes auf Basis von CMOS eingeführt. Ausgehend vom MOS Transistor wird die Complementäre Logik erklärt und auf gängige statische und dynamische Schaltelemente und ihre Erweiterungen auf hochintegrierte Schaltungen bis 0.13µm eingegangen. • Digitaler IC Entwurf für Deep Submicron • MOS Transistor • Herstellung, Layout und Simulation • MOS Inverterschaltung • Statische CMOS Gatter-Schaltungen • Entwurf von Logik mit hoher Schaltrate • Transfer-Gatter und dynamische Logik • Entwurf von Speichern • Zusätzliche Themen des Speicherentwurfs Content It introduces students to the basics of digital integrated circuit design in CMOS. Starting from the MOS transistor, complementary logic is explained. Common static and dynamic switching elements are discussed as well as their extensions to large scale integrated circuits (0.18µm-0.13µm). • Deep Submicron Digital IC Design • MOS Transistor • Fabrication, Layout and Simulation • MOS Inverter Circuits • Static CMOS Gate-Circuits • Design of Logic with High Switching Rate • Transfer-Gates and Dynamic Logic • Design of Memory • Additional Topics of Memory Design
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Verstehen • Die Studierenden gewinnen einen Überblick über existierende Integrationstechnologien und Entwurfsmethodiken für Integrierte Schaltungen in 0,18µm und 0,13µm CMOS. Dabei verstehen die Studierenden auch die Zusammenhänge zwischen technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten der Halbleiterfertigung. Evaluieren (Beurteilen)

		• Die Studierenden analysiert das Verhalten von MOS/CMOS-Transistoren. Daneben können sie verschiedene statische und dynamische digitale Schaltungsstrukturen auf Transistorebene bewerten. Learning objectives and competencies: Understand • gain an overview of existing integration technologies and integrated circuit design techniques in CMOS (0.18µm-0.13µm), understanding technical and economic aspects of semiconductor manufacturing. Evaluate (Assess) • Analyze the behavior of MOS / CMOS transistors and evaluate various static and dynamic digital circuit structures at transistor level.
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt!
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch oder Englisch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 96500	**Analoge elektronische Systeme** Analogue electronic systems	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr.-Ing. Robert Weigel
5	**Inhalt**	• Feldeffekttransistor • Verstärker, Leistungsverstärker • Nichtlinearität und Verzerrung • Filtertheorie • Realisierung von Filtern • Intrinsisches Rauschen (Konzepte) • Physikalische Rauschursachen • Rauschparameter • Mischer • Oszillatoren • Phasenregelschleifen (PLLs)
6	**Lernziele und Kompetenzen**	• Die Studierenden erlangen Kenntnisse um Rauscheffekte und Nichtlinearitäten in Analogschaltungen zu erklären • Die Studierenden verstehen die Ursachen verschiedener physikalischer Rauschprozesse und können diese klassifizieren • Die Studierenden erwerben die Fähigkeit zur Planung und Implementierung frequenzumsetzender Systeme mittels zugehöriger Frequenz- und Pegelpläne • Die Studierenden bewerten Hochfrequenzoszillatoren und stabilisierende PLL-Schaltungen • Die Studierenden untersuchen Messaufbauten zur Charakterisierung von Rauschen und Nichtlinearitäten • Die Studierenden analysieren den inneren Aufbau von Leistungsverstärkern auf Basis von Transistorschaltungen • Die Studierenden sind in der Lage komplexe Analogschaltungen simulativ und analytisch zu untersuchen und deren Verhalten im Groß- und Kleinsignalbereich zu charakterisieren • Die Studierenden führen Filterentwürfe durch und bestimmen deren Amplituden- und Phasengang • Die Studierenden können bei auftretenden Problemen selbstständig mit Hilfe weitergehender Literatur oder durch Diskussion in der Gruppe Lösungen erarbeiten
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 1

9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	

1	**Modulbezeichnung** 43490	**Hardware-Software-Co-Design** Hardware-software-co-design	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Übung: UE-HSCD (2 SWS) Vorlesung: Hardware-Software-Co-Design (2 SWS)	2,5 ECTS 2,5 ECTS
3	Lehrende	Muhammad Sabih Tobias Hahn Abrarul Karim Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich	

4	**Modulverantwortliche/r**	Joachim Falk Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich
5	**Inhalt**	Zahlreiche Realisierungen eingebetteter Systeme (z.B. Mobiltelephone, Faxgeräte, Industriesteuerungen) zeichnen sich durch kooperierende Hardware- und Softwarekomponenten aus. Die Popularität solcher Realisierungsformen lässt sich begründen durch 1) die steigende Vielfalt und Komplexität heterogener Systeme, 2) die Notwendigkeit, Entwurfs- und Testkosten zu senken und 3) Fortschritte in Schlüsseltechnologien (Mikroelektronik, formale Entwurfsmethoden). Zum Beispiel bieten Halbleiterhersteller kostengünstige ASICs an, die einen Mikrocontroller und benutzerspezifische Peripherie und Datenpfade auf einem Chip integrieren. Die Synthese solcher Systeme wirft jedoch eine Reihe neuartiger Entwurfsprobleme auf, insbesondere 1) die Frage der Auswahl von Hardware- und Softwarekomponenten, 2) die Partitionierung einer Spezifikation in Hard- und Software, 3) die automatische Synthese von Interface- und Kommunikationsstrukturen und 4) die Verifikation und Cosimulation. 1) Überblick und Vergleich von Architekturen und Komponenten in Hardware/Software-Systemen. 2) Aufbau eines Compilers und Codeoptimierungsverfahren für Hardware und Software 3) Hardware/Software-Partitionierung (Partitionierung komplexer Systeme, Schätzungsverfahren, Performanzanalyse, Codegenerierung) 4) Interfacesynthese (Kommunikationsarten, Synchronisation, Synthese) 5) Verifikation und Cosimulation 6) Tafelübungen
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Fachkompetenz - Wissen • Die Studierenden erhalten Einblick in ein aktuelles Forschungsgebiet. Fachkompetenz - Verstehen • Die Studierenden verstehen Grundlagen des modernen Systementwurfs. • Die Studierenden erklären Implementierungsalternativen für digitale Hardware/Software-Systeme. Fachkompetenz - Anwenden • Die Studierenden wenden grundlegende Algorithmen an, zur Analyse und Optimierung von Hardware/Software-Systemen.

7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Die Auswahl dieses Moduls schließt die Auswahl des Moduls „Hardware-Software-Co-Design (Vorlesung mit erweiterter Übung)“ aus.
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 2
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Klausur (90 Minuten)
11	**Berechnung der Modulnote**	Klausur (100%)
12	**Turnus des Angebots**	nur im Sommersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch
16	**Literaturhinweise**	Empfohlene Bücher zur Begleitung und Vertiefung: • Teich J., Haubelt C.: "Digitale Hardware/Software-Systeme: Synthese und Optimierung", Springer-Verlag, 2007, ISBN: 978-3-540-46822-6 • Gajski, D. et al.: "Specification and Design of Embedded Systems", Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1994, ISBN: 978-0131507319 Weitere Informationen: https://www.cs12.tf.fau.de/lehre/lehrveranstaltungen/vorlesungen/hardware-software-co-design

1	**Modulbezeichnung** 43822	**Computer Graphics** Computer graphics	**5 ECTS**
2	Lehrveranstaltungen	Im aktuellen Semester werden keine Lehrveranstaltungen zu dem Modul angeboten. Für weitere Auskünfte zum Lehrveranstaltungsangebot kontaktieren Sie bitte die Modul-Verantwortlichen.	
3	Lehrende	-	

4	**Modulverantwortliche/r**	Prof. Dr. Marc Stamminger
5	**Inhalt**	Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Computergraphik: • Graphik Pipeline • Clipping • 3D Transformationen • Hierarchische Display Strukturen • Perspektive und Projektionen • Visibilitätsbetrachtungen • Rastergraphik und Scankonvertierung • Farbmodelle • Lokale und globale Beleuchtungsmodelle • Schattierungsverfahren • Ray Tracing und Radiosity • Schatten und Texturen Contents: This lecture covers the following aspects of Computer Graphics: • graphics pipeline • clipping • 3D transformations • hierarchical display structures • perspective transformations and projections • visibility determination • raster graphics and scan conversion • color models • local and global illumination models • shading models • ray tracing and radiosity • shadows and textures
6	**Lernziele und Kompetenzen**	Die Studierenden • geben die unterschiedlichen Schritte der Graphik Pipeline wieder • erklären die Funktionsweise der Clippingalgorithmen für Linien und Polygone • beschreiben, charakterisieren und berechnen affine und perspektivische Transformationen in 3D und veranschaulichen die allgemeine Form der Transformationsmatrix in homogener Koordinaten • skizzieren die Verfahren zur Tiefe- und Visibilitätsberechnung

		• vergleichen die unterschiedlichen Farbmodelle der Computergraphik • illustrieren und untersuchen die Datenstrukturen zur Beschreibung virtueller 3D Modelle und komplexer Szenen • erläutern die Funktionsweise der Rasterisierung und Scankonvertierung in der Graphikpipeline • lösen Aufgaben zu Beleuchtung und Texturierung von 3D virtuellen Modellen • klassifizieren Schattierungsverfahren • bestimmen den Unterschied zwischen lokaler und globaler Beleuchtung und formulieren Algorithmen für Ray Tracing und Radiocity *Educational objectives and skills:* Students should be able to • describe the processing steps in the graphics pipeline • explain clipping algorithms for lines and polygons • explain, characterize and compute affine and perspective transformations in 2D and 3D, and provide an intuitive description of the general form of corresponding transformation matrices in homogeneous coordinates • depict techniques to compute depth, occlusion and visibility • compare the different color models • describe data structures to represent 3D virtual models and complex scenes • explain the algorithms for rasterization and scan conversion • solve problems with shading and texturing of 3D virtual models • classify different shadowing techniques • explain the difference between local and global illumination techniques and formulate algorithms for ray tracing and radiosity
7	**Voraussetzungen für die Teilnahme**	Keine
8	**Einpassung in Studienverlaufsplan**	Semester: 3
9	**Verwendbarkeit des Moduls**	Vertiefungsrichtung Graphische Datenverarbeitung Bachelor of Science Mathematik 20192 Wahlpflichtmodule aus Katalog für IuK Bachelor of Science Mathematik 20192
10	**Studien- und Prüfungsleistungen**	Übungsleistung Klausur (60 Minuten) Die Übungen ("Computer Graphics Basic Tutorials") bestehen aus insgesamt 10 wöchentlichen Aufgabenblättern mit kleinen Programmieraufgaben. The exercises ("Computer Graphics Basic Tutorials") consist of weekly worksheets (10 worksheets in total) with small programming tasks.
11	**Berechnung der Modulnote**	Übungsleistung (bestanden/nicht bestanden) Klausur (100%)

		Zum Bestehen des Moduls müssen 50% der Punkte in den Übungen erreicht und die Abschlussprüfung bestanden werden. Die Modulnote ergibt sich zu 100% aus der Prüfung. The module is passed when 50% of the points in the exercises are reached and when the final exam is passed. The grade of the module is entirely determined by the grade in the final exam.
12	**Turnus des Angebots**	nur im Wintersemester
13	**Arbeitsaufwand in Zeitstunden**	Präsenzzeit: 60 h Eigenstudium: 90 h
14	**Dauer des Moduls**	1 Semester
15	**Unterrichts- und Prüfungssprache**	Deutsch Englisch
16	**Literaturhinweise**	• P. Shirley: Fundamentals of Computer Graphics. AK Peters Ltd., 2002 • Hearn, M. P. Baker: Computer Graphics with OpenGLD. Pearson • Foley, van Dam, Feiner, Hughes: Computer Graphics - Principles and Practice • Rauber: Algorithmen der Computergraphik • Bungartz, Griebel, Zenger: Einführung in die Computergraphik • Encarnação, Strasser, Klein: Computer Graphics