

Modulhandbuch

für den Studiengang

Master of Science Mathematik

(Prüfungsordnungsversion: 20192)

für das Wintersemester 2024/25

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

| | |
|--|----|
| Masterseminar (65955)..... | 6 |
| Masterarbeit (M.Sc. Mathematik 20192) (1999)..... | 8 |
| Nebenfach (außermathematisch) (1760)..... | 10 |
| Studienrichtung Algebra und Geometrie | |
| Algebraische Kurven (65972)..... | 12 |
| Algebraische Zahlentheorie (65889)..... | 13 |
| Analytische Zahlentheorie (65973)..... | 14 |
| Convex Geometry (65066)..... | 15 |
| Darstellungstheorie von Lie-Algebren (65934)..... | 17 |
| Differentialgeometrie (65879)..... | 18 |
| Einführung in die kategoriale Homotopietheorie (65874)..... | 20 |
| Einführung in die unitäre Darstellungstheorie (EUniD) (65706)..... | 22 |
| Homologische Algebra (65978)..... | 24 |
| Fortgeschrittene Themen der Stochastik (65065)..... | 26 |
| Geometrie von Mannigfaltigkeiten (65976)..... | 28 |
| Introduction to abstract harmonic analysis (65099)..... | 30 |
| Introduction to Operator Algebras (65079)..... | 32 |
| Kommutative Algebra (65943)..... | 34 |
| Kryptographie I (65979)..... | 35 |
| Kryptographie II (65980)..... | 37 |
| Lektüre von Arbeiten zur Risikoanalyse (LektRA) (65702)..... | 38 |
| Lie-Algebren (65981)..... | 39 |
| Lie-Gruppen (720057)..... | 40 |
| Operatoralgebren (956800)..... | 42 |
| Reading Course in Topos Theory (Topoi) (65705)..... | 43 |
| Reading Seminar: Unitary representation theory for groups and C*-algebras (65932)..... | 44 |
| Tensorkategorien (65939)..... | 46 |
| Unitäre Darstellungstheorie (65971)..... | 48 |
| Zeitgenössische Algebraische Geometrie (65726)..... | 50 |
| Seminar (65950)..... | 51 |
| Semigroups of linear operators (65273)..... | 52 |
| Studienrichtung Analysis und Stochastik | |
| Approximationstheorie (65886)..... | 55 |
| Ausgewählte Kapitel der reellen Analysis (65947)..... | 57 |
| Ausgewählte Kapitel zu Partiellen Differentialgleichungen (65982)..... | 58 |
| Convex Geometry (65066)..... | 59 |
| Data-driven methods for dynamical systems (65876)..... | 61 |
| Differentialgeometrie (65879)..... | 63 |
| Einführung in die unitäre Darstellungstheorie (EUniD) (65706)..... | 65 |
| Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 (65963)..... | 67 |
| Fortgeschrittene Risikoanalyse 2 (65951)..... | 68 |
| Fortgeschrittene Themen der Stochastik (65065)..... | 69 |
| Fourier Methods for PDEs (65058)..... | 71 |
| Funktionalanalysis II (65927)..... | 73 |
| Geometrie von Mannigfaltigkeiten (65976)..... | 74 |
| Geometrische Maßtheorie I (65944)..... | 76 |
| Geometrische Maßtheorie II (65722)..... | 78 |
| Hauptseminar Quantitatives Risikomanagement (65861)..... | 79 |
| Introduction to abstract harmonic analysis (65099)..... | 80 |

| | |
|---|-----|
| Introduction to material- and shape optimization (65915)..... | 82 |
| Introduction to Operator Algebras (65079)..... | 84 |
| Mathematische Grundlagen zu Data Analytics, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz (303776)..... | 86 |
| Lie-Gruppen (720057)..... | 88 |
| Mathematische Statistik (65969)..... | 90 |
| Modeling and analysis in continuum mechanics I (65860)..... | 91 |
| Modeling and analysis in continuum mechanics II (65865)..... | 93 |
| Modul Conservation Laws (65887)..... | 95 |
| Navier Stokes Equations (65888)..... | 97 |
| Neural Network Approximation (65059)..... | 99 |
| Numerische Behandlung Elliptischer PDEs (65878)..... | 101 |
| Operatoralgebren (956800)..... | 103 |
| Partielle Differentialgleichungen I (65123)..... | 104 |
| Partielle Differentialgleichungen II (409733)..... | 105 |
| Partielle Differentialgleichungen III (65081)..... | 107 |
| Reading Course in Spectral Theory (282073)..... | 109 |
| Reading Course: Partielle Differentialgleichungen (65721)..... | 110 |
| Reelle Analysis (65957)..... | 112 |
| Seminar Approximationstheorie (65097)..... | 113 |
| Spektraltheorie (65077)..... | 115 |
| Steuerung partieller Differentialgleichungen (364959)..... | 117 |
| Stochastische Analysis (65970)..... | 119 |
| Theorie parabolischer Differentialgleichungen (ThpD) (65704)..... | 120 |
| Theory of stochastic evolution equations (65907)..... | 121 |
| Unitäre Darstellungstheorie (65971)..... | 122 |
| Variationsrechnung (930178)..... | 124 |
| Seminar (65950)..... | 125 |
| Analytische Zahlentheorie (65973)..... | 126 |
| Semigroups of linear operators (65273)..... | 127 |
| Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung | |
| Advanced algorithms for nonlinear optimization (65916)..... | 130 |
| Advanced discretization techniques (65900)..... | 131 |
| Advanced nonlinear optimization (65920)..... | 133 |
| Advanced solution techniques (65901)..... | 134 |
| Algorithmic Game Theory (65082)..... | 136 |
| Approximationstheorie (65886)..... | 138 |
| Ausgewählte Kapitel der Nichtlinearen Optimierung (294239)..... | 140 |
| Ausgewählte Kapitel der reellen Analysis (65947)..... | 141 |
| Conic Optimization and Applications (65862)..... | 142 |
| Convex Geometry and Applications (65086)..... | 144 |
| Data-driven methods for dynamical systems (65876)..... | 145 |
| Discrete optimization I (65917)..... | 147 |
| Discrete optimization II (65933)..... | 148 |
| Discrete optimization III (65910)..... | 150 |
| Dualität und Optimierung (65926)..... | 152 |
| Efficient discretization of two-phase flow (65083)..... | 154 |
| Einführung in die unitäre Darstellungstheorie (EUniD) (65706)..... | 155 |
| Fourier Methods for PDEs (65058)..... | 157 |
| Funktionalanalysis II (65927)..... | 159 |
| Internet Seminar on Evolution Equations (65893)..... | 160 |
| Introduction to abstract harmonic analysis (65099)..... | 162 |
| Introduction to material- and shape optimization (65915)..... | 164 |

| | |
|--|-----|
| Lecture Series Partial Differential Equations, Control and Numerics (PdeConNum) (65700)..... | 166 |
| Mathematical Image Processing (48241)..... | 167 |
| Mathematical modeling in the life sciences (65911)..... | 169 |
| Mathematics of Learning (65785)..... | 170 |
| Mathematics of multiscale models (65906)..... | 171 |
| Mathematische Bildverarbeitung (506443)..... | 172 |
| Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics I (65133)..... | 173 |
| Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics II (65723)..... | 175 |
| Modeling and analysis in continuum mechanics I (65860)..... | 177 |
| Modelling and simulation of biomembranes (65891)..... | 179 |
| Modeling, simulation and optimization (Practical Course) (65870)..... | 181 |
| Modul Conservation Laws (65887)..... | 182 |
| Navier Stokes Equations (65888)..... | 184 |
| Neural Network Approximation (65059)..... | 186 |
| Nichtglatte Optimierung (nicht vertieft) (65952)..... | 188 |
| Nichtglatte Optimierung (vertieft) (65883)..... | 190 |
| Numerics of incompressible flows I (65904)..... | 192 |
| Numerical Aspects of Linear and Integer Programming (407487)..... | 194 |
| Numerics of incompressible flows II (65905)..... | 195 |
| Numerics of stochastic evolution equations (65908)..... | 197 |
| Numerik der Optimalen Steuerungen (65954)..... | 198 |
| Numerische Behandlung Elliptischer PDEs (65878)..... | 200 |
| Optimization in industry and economy (65923)..... | 202 |
| Optimization with partial differential equations (advanced) (65921)..... | 204 |
| Partielle Differentialgleichungen I (65123)..... | 205 |
| Partielle Differentialgleichungen II (409733)..... | 206 |
| Partielle Differentialgleichungen III (65081)..... | 208 |
| Polynomial Optimization and Application (65877)..... | 210 |
| Practical course on finite element methods for phase-separation equations (65095)..... | 212 |
| Projektseminar Optimierung (Master) (562819)..... | 213 |
| Reading Course: Partielle Differentialgleichungen (65721)..... | 215 |
| Reelle Analysis (65957)..... | 217 |
| Robust optimization II (65918)..... | 218 |
| Selected Topics in Mathematics of Learning (65789)..... | 219 |
| Seminar Approximationstheorie (65097)..... | 220 |
| Steuerung partieller Differentialgleichungen (364959)..... | 222 |
| Subspace correction methods (65909)..... | 224 |
| Theorie der Optimalsteuerungen (65959)..... | 225 |
| Transport and reaction in porous media: Modelling (65902)..... | 227 |
| Transport and reaction in porous media: Simulation (65903)..... | 229 |
| Unitäre Darstellungstheorie (65971)..... | 231 |
| Variationsrechnung (930178)..... | 233 |
| Vertiefte Nichtlineare Optimierung (65960)..... | 234 |
| Seminar (65950)..... | 236 |
| Semigroups of linear operators (65273)..... | 237 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---|
| 1 | Modulbezeichnung 65955 | Masterseminar Master´s seminar | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Masterseminar: Masterseminar Hauptseminar: Masterseminar "Quantitatives Risikomanagement" Masterseminar: Master seminar "Numerical solutions for eigenvalue problems" Masterseminar: Einführung in die Darstellungstheorie von Quantengruppen (Seminar) Seminar: Master Seminar "Statistical Foundations of Data Science" | 5 ECTS 5 ECTS 5 ECTS - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Timm Oertel Prof. Dr. Wolfgang Stummer Prof. Dr. Daniel Tenbrinck Prof. Dr. Peter Fiebig Prof. Dr. Marie-Christine Düker | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Timm Oertel |
| 5 | Inhalt | Die aktuell angebotenen Themen werden von den Dozenten rechtzeitig bekannt gegeben. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> 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 und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form; tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Vorgaben der Dozierenden als dringende Empfehlung |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Pflichtmodul Master of Science Mathematik 20192 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Seminarleistung Seminarleistung (Vortrag 30-80 Min), ggf. mit Ausarbeitung (ca. 5-10 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 | nach Vorgabe der Dozentin/des Dozenten |

| | | | |
|---|---------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 1999 | Masterarbeit (M.Sc. Mathematik 20192) Master's thesis | 30 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 | <p>Masterarbeit:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eigenständige Lösung einer wissenschaftlichen Aufgabe im Bereich der Mathematik unter Anleitung und schriftliche Ausarbeitung. - Betreuung durch Hochschullehrer/in der Mathematik <p>Masterkolloquium:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Präsentation des im Rahmen der Masterarbeit erarbeiteten Themas | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Masterarbeit:Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> - bearbeiten eine Problemstellung aus dem Bereich der Mathematik mit wissenschaftlichen Methoden selbständig und stellen diese strukturiert in schriftlicher Form dar; - wirken bei der Bearbeitung aktueller Forschungsthemen problemorientiert mit und definieren anhand dieses Wissens neue Forschungsziele. <p>Masterkolloquium:</p> <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> - verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren die erarbeiteten Inhalte und Resultate der Masterarbeit; - tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Es wird dringend empfohlen, dass die übrigen Mastermodule vor Beginn der Masterarbeit abgeschlossen sind. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Pflichtmodul Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>mündlich (75 Minuten)</p> <p>schriftlich (6 Monate)</p> <p>Masterarbeit (ca. 60 Seiten) und Vortrag mit mündlicher Prüfung (ca. 60 + 15 Min.)</p> | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | <p>mündlich (17%)</p> <p>schriftlich (83%)</p> <p>Masterarbeit 85 %, Vortrag mit mündlicher Prüfung 15 %</p> | |
| 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: 900 h |
| 15 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 16 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch |
| 17 | Literaturhinweise | nach Vorgabe der Betreuerin/des Betreuers der Masterarbeit |

| | | | |
|---|---------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 1760 | Nebenfach (außermathematisch) Elective modules | 20 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | | |
| 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 | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Pflichtmodul Master of Science Mathematik 20192 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | |
| 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 | |

Studienrichtung Algebra und Geometrie

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65972 | Algebraische Kurven Algebraic curves | 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 | apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript zum Modul | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65889 | Algebraische Zahlentheorie Algebraic Number Theory | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Algebraische Zahlkörper • Moduln in algebraischen Zahlkörpern, hermitesche Normalform • Ordnungen, Maximalordnung • Ideale, invertierbare Ideale, Klassengruppe, Dedekindringe • Gitter, Gitterpunktsatz von Minkowski, LLL-Reduktion • Einheiten, Dirichletscher Einheitensatz • Endlichkeit der Klassenzahl • Zahlkörpersieb, Faktorisierung mit algebraischen Zahlen | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden grundlegende Begriffe der Algebraischen Zahlentheorie. Sie verwenden Software – wie SAGE – um praktisch mit den besprochenen Begriffen umzugehen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Empfohlen: Algebra und Körpertheorie | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | Vorlesungsskript zum Modul | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65973 | Analytische Zahlentheorie Analytic number theory | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Fragestellungen der Analytischen Zahlentheorie • Abschätzungen mit elementaren Methoden, partielle Summation • Dirichlet-Reihen und der Primzahlsatz • Dirichlet-L-Reihen und der Dirichletsche Primzahlsatz <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 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 | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 65066 | Convex Geometry | 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. Timm Oertel | |
| 5 | Inhalt | The module comprises of two parts. The first part is a general introduction to convex geometry, where basic concepts and tools will be introduced, such as separation, the classical results of Carathéodory, Helly and Radon and symmetrization techniques. The second part will be more specialized, including ellipsoidal approximation, volume concentration of convex bodies and high-dimensional phenomena. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • will know the foundations of classical convex geometry • can apply concepts and tools from modern convex geometry. • can explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <ul style="list-style-type: none"> • Linear Algebra and Analysis is required • Basic knowledge in Probability Theory is recommended | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Mandatory elective module for:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MSc in Data Sciences within Mathematical Theory / Fundamentals of Data Science • MSc in Mathematics within Studienrichtung Algebra und Geometrie • MSc in Mathematics within Modelling, Simulation and Optimization • MSc in Mathematics and Economics within Optimization and process management | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Oral exam (30 minutes) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) 100% oral exam | |
| 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 oder Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | TBA |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65934 | Darstellungstheorie von Lie-Algebren Representation theory of Lie algebras | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übungen zur Darstellungstheorie von Lie-Algebren | - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Peter Fiebig | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Peter Fiebig |
| 5 | Inhalt | Höchstgewichtsdarstellungen, Kategorie O, BGG-Reziprozität, Charakterformeln |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erklären und verwenden weiterführende Begriffe der Darstellungstheorie am Beispiel von Lie-Algebren • liefern Beispiele, die weiterführende Konzepte der Darstellungstheorie veranschaulichen |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Vorlesung Lie-Algebren als dringende Empfehlung |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | J. Humphreys: Representations of semisimple Lie algebras in the BGG category O, AMS Publications |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65879 | Differentialgeometrie Differential 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 | apl. Prof. Dr. Jens Habermann | |
| 5 | Inhalt | <p>Eine Auswahl aus den folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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, Lineare Algebra und Gewöhnliche Differentialgleichungen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 | | |

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"
- M. Do Carmo: "Riemannian Geometry"

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65874 | Einführung in die kategorielle Homotopietheorie Introduction to Categorical 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 | <ul style="list-style-type: none"> • (Ko)limiten, (Ko)enden, Kan-Erweiterungen • Komma-Kategorien und die Grothendieck-Konstruktion • simpliziale Objekte, Kan-Komplexe, Quasi-Kategorien, • Nerven, Bousfield-Kan Homotopie-Kolimiten, klassifizierende Räume | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erlernen grundlegende und fortgeschrittene kategorielle Konzepte und Methoden • vernetzen diese mit verschiedenen Gebieten der Mathematik • wenden sie auf konkrete Probleme aus Algebra und Topologie an • erlernen mathematische Werkzeuge der modernen Homotopietheorie | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Vorlesung Einführung in die Darstellungstheorie oder Vorkenntnisse zu Kategorien aus anderen Vorlesungen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (20 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | jedes 4. Semester | |
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Emily Riehl: Category Theory in Context • Emily Riehl: Categorical Homotopy Theory • Birgit Richter: From Categories to Homotopy Theory • Paul G. Goerss, John F. Jardine, Simplicial Homotopy Theory | |



| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65706 | Einführung in die unitäre Darstellungstheorie (EUniD) Introduction to unitary representation theory (EUniD) | 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. Karl Hermann Neeb | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Diskrete und kontinuierliche Zerlegung von Darstellungen • Darstellungen kompakter und abelscher Gruppen • Satz von Stone (unitäre Einparametergruppen) • Abgeleitete Darstellungen, Integrationsprobleme • Spektralmasse und messbarer Funktionalkalkül • Positiv definite Funktionen (GNS-Konstruktion) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • verwenden die zentrale Methoden der Darstellungstheorie auf Hilberträumen und bearbeiten mit deren Hilfe Zerlegungs- und Klassifikationsprobleme • ordnen Methoden aus den Bereichen Algebra und Funktionalanalysis in einen übergreifenden Kontext ein und wenden sie dort an. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundkenntnisse in Funktionalanalysis (Operatoren auf Hilberträumen), Grundkenntnisse über Matrixgruppen oder Lie-Gruppen, wie sie in der gleichnamigen Vorlesung bereitgestellt werden, sind nützlich. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Vorlesungsskript zu diesem Modul• G. Mackey, Unitary group representations, Addison Wesley• G. B. Folland, A course in abstract Harmonic Analysis, CRC Press |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65978 | Homologische Algebra Homological 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. Cathérine Meusburger | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Kettenkomplexe und ihre Homologien/Kohomologien, • Singuläre und simpliziale Homologie topologischer Räume, • Hochschild-Homologie und -Kohomologie, • Gruppenkohomologie, • Homologie und Kohomologie von Lie-Algebren, • simpliziale Methoden, • Auflösungen und derivierte Funktoren. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erlernen grundlegende und fortgeschrittene Methoden der homologischen Algebra • wenden diese Methoden und die erlernten rechnerischen Werkzeuge auf konkrete algebraische und topologische Fragestellungen an • stellen Verbindungen zwischen topologischen und algebraischen Homologietheorien und Kohomologietheorien her <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Übungen und wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Grundkenntnisse in Topologie, und gegebenenfalls in Darstellungstheorie | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | <ul style="list-style-type: none">• Weibel, An introduction to homological algebra, Cambridge Studies in Advanced Mathematics• Hilton, Stammbach, A Course in Homological Algebra, Springer• MacLane, Homology, Springer |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65065 | Fortgeschrittene Themen der Stochastik Advanced topic in probability | 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. Torben Krüger |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Themen, welche die in den vorbereitenden Vorlesungen erworbenen Basiskenntnisse der Stochastik vertiefen. • Anwendungsfelder der Wahrscheinlichkeitstheorie • Zusammenhang zwischen Stochastik und anderen Themenbereichen der Mathematik • Analytische Methoden in der Stochastik <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Präsenzübungen und Hausaufgaben.</p> <p>- Topics that deepen the basic knowledge of stochastics acquired in the preparatory lectures. - Fields of application of probability theory - Relationship between stochastics and other areas of mathematics - Analytical methods in stochastics</p> <p>The material is presented in lecture form. Further acquisition of the essential concepts and techniques takes place through classroom exercises and homework.</p> |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • wenden die formalen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie an und übertragen diese auf fortgeschrittene Themenbereiche • erfassen und formulieren randomisierte Phänomene mathematisch. • nennen und erklären die wichtigsten stochastisch-mathematischen Objekte, 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. <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • apply the formal foundations of probability theory and transfer them to advanced subject areas • grasp and formulate randomized phenomena mathematically. |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • name and explain the most important stochastic mathematical objects that play a role in the applications. • collect and evaluate relevant information and recognize connections to other mathematical topics. • independently classify and solve problems analytically. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Wahrscheinlichkeitstheorie, sowie Grundlagen in Analysis und Linearer Algebra recommended: Probability theory, as well as basics in analysis and linear algebra |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 - M. Sc. Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik) - M.Sc. Wirtschaftsmathematik - M.Sc. Data Science - M.Sc. Technomathematik - B. Sc. Mathematik |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (20 Minuten) <ul style="list-style-type: none"> • Übungsleistungen (unbenotet) • Mündliche Prüfung (20 min) <ul style="list-style-type: none"> • weekly assignments (ungraded) • oral exam (20 min) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Mündliche Prüfung (100%) Oral Exam (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 52 h Eigenstudium: 98 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 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 | <p>Eine Auswahl aus den folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>After following this course, the student</p> <p>(1) knows the integration on locally compact groups;</p> <p>(2) has acquired insight in the elementary theory on duality for abelian groups and compact groups;</p> <p>(3) can illustrate the various concepts and results treated in this course with relevant examples;</p> <p>(4) has gained basic intuition about unitary dual and is able to verify intuitive conjectures by giving either rigorous proofs or counterexamples;</p> <p>(5) -> is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Knowledge of set theoretic topology, Lebesgue integration, and functional analysis on an introductory level. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 65079 | Introduction to Operator Algebras Introduction to operator 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. Kang Li | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> Banach algebras: Basic properties. Gelfand's theory of commutative Banach algebras and C*-algebras: a) Special elements such as unitary, self-adjoint, normal, positive elements and their spectrum); b) The continuous functional calculus for normal elements in a C*-algebra; c) Gelfand-Naimark theorem. C*-algebras (States and representations, and GNS construction) von Neumann algebras (Bicommutant theorem, Kaplansky density theorem, Borel functional calculus) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>After following this course the student</p> <ul style="list-style-type: none"> knows the notion of spectrum in several contexts; in simple cases, he/she can compute the spectrum, has acquired insight in the elementary theory of operator algebras, in particular C*-algebras and von Neumann algebras, can deal with functions of operators, can illustrate the various concepts and results treated in this course with relevant examples, has gained intuition about linear mappings between infinite-dimensional Hilbert spaces and is able to verify intuitive conjectures by giving either rigorous proofs or counterexamples, is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: basic knowledge of operators on Hilbert spaces as provided within the lecture on Functional Analysis. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | <p>We will mainly use the book</p> <p>C*-Algebras and Operator Theory, Academic Press, 1990,, Gerard J. Murphy</p> <p>Several good books to read:</p> <ul style="list-style-type: none"> • K. Zhu: An introduction to Operator Algebras. (a concise introduction) • R.V. Kadison and J.R. Ringrose: Fundamentals of the theory of operator algebras. Volumes 1 & 2. (This contains far more material than we will be able to cover.) • B. Blackadar: Operator algebras. Theory of C*-algebras and von Neumann algebras. (Contains lots of material, but does not include detailed proofs for everything.) • K. Davidson: C*-algebras by example. (Useful example-based approach. But be careful: some parts are known to have mistakes.) |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Kommutative Ringe • Module kommutativer Ringe • [weitere Themen nach Interesse] Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 65979 | Kryptographie I Cryptography I | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übungen zur Kryptographie I / Kryptographie für Lehramt Vorlesung: Kryptographie I / Kryptographie für Lehramt | - 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | apl. Prof. Dr. Wolfgang Ruppert | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • 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 <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: <ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse aus den Modulen Analysis I und Lineare Algebra I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | <ul style="list-style-type: none">• 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 | 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 | 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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: <ul style="list-style-type: none"> • Kryptographie I • Algebra | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 65702 | Lektüre von Arbeiten zur Risikoanalyse (LektRA) Reading course on risk analysis (LektRA) | 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. Wolfgang Stummer | |
| 5 | Inhalt | Neuere Arbeiten aus der Risikoanalyse (inklusive angrenzende Bereiche aus der Künstlichen Intelligenz und Machine Learning) nach jeweils besonderer Ankündigung. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • arbeiten mit neuer wissenschaftlicher Literatur auf einem Spezialgebiet der Risikoanalyse (inklusive angrenzende Bereiche aus der Künstlichen Intelligenz und Machine Learning); • 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 | empfohlen: Kenntnisse in Wahrscheinlichkeitstheorie | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | nur im Sommersemester | |
| 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 65981 | Lie-Algebren Lie algebras | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Lie-Algebren | 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Peter Fiebig | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Peter Fiebig | |
| 5 | Inhalt | <p>Grundlagen zu folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition einer Lie-Algebra, • Definition von Darstellungen • Nilpotente und auflösbare Lie-Algebren • Halbeinfache Lie-Algebren • Wurzelsysteme und die Klassifikation halbeinfacher Lie-Algebren • Charakterformeln <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Lie-Algebra einer Lie-Gruppe, Exponentialfunktion • Abgeschlossene Untergruppen, Quotienten, homogene Räume • Überlagerungen von Lie-Gruppen, Strukturtheorie, Integrationsprobleme • Elementare Anwendungen in der Darstellungstheorie <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt in den Übungen.</p> | |
| 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: <ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse über Mannigfaltigkeiten (Vektorfelder, Flüsse), • Grundkenntnisse in Topologie (Bogenzusammenhang, Überlagerungen) | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | |

- Vorlesungsskript zu diesem Modul
- Hilgert/Neeb, Structure and Geometry of Lie Groups

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 956800 | Operatoralgebren Operator algebras | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Von Neumann-Algebren (Bikommutantensatz, Projektionen) • Struktur kommutativer Algebren (Spektraltheorie) • Faktoren vom Typ I,II,III • C*- Algebren, positive Funktionale, GNS-Konstruktion • CCR und CAR-Algebra; Fockraumdarstellungen; Weylalgebra und Clifford-Algebren • Automorphismengruppen und kovariante Darstellungen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erlernen den Umgang mit den zentralen Begriffen und Methoden der Operatoralgebren auf Hilberträumen. Dies befähigt sie insbesondere Zerlegungs- und Klassifikationsprobleme zu bearbeiten sowie Methoden aus den Bereichen Algebra und Funktionalanalysis in einen übergreifenden Kontext einzuordnen und dort anzuwenden. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundkenntnisse über Operatoren auf Hilberträumen, wie sie in der Vorlesung Funktionalanalysis bereitgestellt werden. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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: 60 h Eigenstudium: 90 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Neumark, M. A., Normierte Algebren, Verlag Henri Deutsch, 1990, • Brattelli, Robinson, Operator algebras and quantum statistical mechanics I, Springer, 1987, • Rudin, Functional Analysis, McGraw Hill, 1991 | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65705 | Reading Course in Topos Theory (Topoi) Reading course in topos theory (Topoi) | 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. Cathérine Meusburger | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • zugrundeliegende Konzepte, Formalismus und einfachere • Anwendungen der Topos Theorie • Die Studierenden erarbeiten die Inhalte gemeinsam mit der Dozentin anhand von Lehrbüchern und wissenschaftlicher Literatur. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erarbeiten sich eigenständig anhand von Literatur ein Forschungsgebiet; • verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken und präsentieren mathematische Sachverhalte und diskutieren diese kritisch. • tauschen sich untereinander und mit der Dozentin über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Vertiefungsmodul Einführung in die Darstellungstheorie | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Robert Goldblatt, Topoi, The Categorical Analysis of Logic • Saunders Mac Lane and Ieke Moerdijk, Sheaves in Geometry and Logic: First Introduction to Topos Theory, • Michael Barr and Charles Wells, Toposes, Triples and Theories | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65932 | Reading Seminar: Unitary representation theory for groups and C*-algebras Reading seminar: Unitary representation theory for groups and C*-algebras | 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 | 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | 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 | 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 65939 | Tensorkategorien Tensor categories | 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. Cathérine Meusburger | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Monoidale Kategorien und Tensorkategorien • Darstellungstheorie von Hopf Algebren • Faserfunktoren und Rekonstruktion • Verzopfte und symmetrische Tensorkategorien • Anwendungen: Knoten -, Schleifen- und Mannigfaltigkeitsinvarianten, topologische Quantenfeldtheorien Die Präsentation der Inhalte erfolgt in Vorlesungsform | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • wenden die Konzepte der monoidalen und der Tensorkategorie selbständig in verschiedenen Zusammenhängen an • verstehen den Zusammenhang dieser Konzepte mit der Darstellungstheorie von Hopf-Algebren • beschäftigen sich aktiv mit aktuellen Forschungsergebnissen und Anwendungen in der Topologie und mathematischen Physik • tauschen sich untereinander und mit der Dozentin auf wissenschaftlichem Niveau über die Inhalte aus | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Vertiefungsmodul Einführung in die Darstellungstheorie | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • P. Etingof, S. Gelaki, D. Nikshych, V. Ostrik: Tensor Categories, AMS Mathematical Surveys and Monographs, 205 | |

- C. Kassel, Quantum Groups, Springer Graduate Texts in Mathematics 155
- S. Majid, Foundations of Quantum Group Theory, Cambridge University Press

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65971 | Unitäre Darstellungstheorie Unitary representation theory | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Diskrete und kontinuierliche Zerlegung von Darstellungen • Darstellungen kompakter und abelscher Gruppen, Satz von Stone • Abgeleitete Darstellungen, Integrationsprobleme • Projektive Darstellungen, zentrale Erweiterungen • Spektralmasse und direkte Integrale • Reproduzierende Kerne und positiv definite Funktionen (GNS-Konstruktion) • Darstellungen semidirekter Produkte • Fockraeume und zweite Quantisierung <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verwenden die zentrale Methoden der Darstellungstheorie auf Hilberträumen und bearbeiten mit deren Hilfe Zerlegungs- und Klassifikationsprobleme • ordnen Methoden aus den Bereichen Algebra und Funktionalanalysis in einen übergreifenden Kontext ein und wenden sie dort an. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundkenntnisse in Funktionalanalysis (Operatoren auf Hilberträumen), Grundkenntnisse über Matrixgruppen oder Lie-Gruppen, wie sie in der gleichnamigen Vorlesung bereitgestellt werden, sind nützlich. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | jedes 4. Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript zu diesem Modul (auf StudOn) • G. Mackey, Unitary group representations, Addison Wesley • G. B. Folland, A course in abstract Harmonic Analysis, CRC Press |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master 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 | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65950 | Seminar | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Hauptseminar: Seminar zur Topologie Seminar: Seminar Optimization | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Kang Li Prof. Dr. Timm Oertel | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Timm Oertel |
| 5 | Inhalt | Die aktuell angebotenen Themen werden von den Dozenten rechtzeitig bekannt gegeben. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • 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 und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | nach Vorgabe der Dozentin/des Dozenten |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 oder Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65273 | Semigroups of linear operators | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Semigroups of linear operators The course will take place in room 04.324 (4.0 SWS, WiSe 2024) Übung: Übungen zu Semigroups of linear operators (2.0 SWS, WiSe 2024) | - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Eberhard Bänsch | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Eberhard Bänsch | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Unbounded, closed operators • generators and semigroups • resolvent of a semigroup • Hille-Yosida-Theorem; Lumer-Phillips-Theorem; evolution equations • perturbation and approximation | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students are familiar with unbounded operators. They understand the interlink between semigroups and operators. Furthermore, they can apply semigroup theory to the solution of evolution equations. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Strongly recommended: knowledge in functional analysis. Recommended: some basics about PDEs and maybe some notion of stochastic processes. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (20 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig irregularly | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 hrs Eigenstudium: 225 hrs | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 semester Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|---|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• David Applebaum: Semigroups of linear operators (can be downloaded through https://www.cambridge.org/core/books/semigroups-of-linear-operators/)• Ronald Schnaubelt: Lecture Notes on Evolution Equations (pdf will be made available for the participants)• Klaus-Jochen Engel; Rainer Nagel: A short course on operator semigroups, Universitext, Springer 2006 |
|----|--------------------------|---|

Studienrichtung Analysis und Stochastik

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65886 | Approximationstheorie 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 | <p>Einführung in die klassische Approximationstheorie: z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Satz von Weierstraß (Bernstein Polynome, Verallgemeinerungen) • Approximation periodischer Funktionen (Fejér Kerne, Fourier-Reihen) • Bestapproximation (Existenz und Eindeutigkeit in normierten Räumen), algebraische Polynome, Charakterisierungssatz von Kolmogorov, orthogonale Projektionen in Hilberträumen • Approximationsraten und Funktionenräume, Stetigkeitsmoduli, Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ, Approximationsräume | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden sollen die Relevanz</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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) <p>in den Übungen ihre mündliche Kommunikationsfähigkeit durch Einüben der freien Rede vor Publikum und bei der Diskussion verbessern</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Wahlpflichtmodul in</p> | |

| | | |
|----|---|---|
| | | <p>- B.Sc. Bachelor Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik)</p> <p>- B.Sc. Technomathematik (Numerische Mathematik, Modellierung und Optimierung)</p> <p>- B.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule)</p> <p>- M. Sc. Mathematik (Studienrichtungen "Analysis und Stochastik", "Modellierung, Simulation und Optimierung")</p> <p>- M.Sc. Computational and Applied Mathematics (Studienrichtung "Modellierung und Simulation")</p> <p>- M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule)</p> <p>Freies Wahlmodul in</p> <p>- M.Sc. CAM</p> <p>- M.Sc. Data Science</p> |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Variabel</p> <p>Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)</p> <p>Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | <p>Variabel (100%)</p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung (100%)</p> |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 60 h</p> <p>Eigenstudium: 90 h</p> |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • 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, Studentexte Mathematik, Akad. Verlagsgesellsch. Wiesbaden (1978). • A. Schönhage: Approximationstheorie, De Gruyter, Berlin (1971). |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65947 | Ausgewählte Kapitel der reellen Analysis Selected chapters of real analysis | 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. Emil Wiedemann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Maßtheorie • Dichten, Hausdorff-Maß • Darstellungssatz von Riesz, schwache Konvergenz von Radon-Maßen • Differentiation von Radon-Maßen, Satz von Lebesgue-Radon-Nykodym, Differentiationssatz von Lebesgue • Lipschitz-Funktionen, Satz von Rademacher • Flächen- und Koflächenformel im Lipschitz-Kontext | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden mathematische Sichtweisen und Techniken der reellen Analysis, die u.a. in den Bereichen Partielle Differentialgleichungen, Variationsrechnung und Geometrische Maßtheorie erforderlich sind. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundvorlesungen Analysis I-III | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 30 h Eigenstudium: 120 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Evans & Garipey: Measure Theory and Fine Properties of Functions, Taylor & Francis, 2015 • Federer: Geometric Measure Theory, Springer 1969 • Simon: Lectures on geometric measure theory, Australian National University, , 1983 • Mattila: Geometry of sets and measures in Euclidean spaces. Fractals and rectifiability, Cambridge 2008 | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65982 | Ausgewählte Kapitel zu Partiellen Differentialgleichungen Selected chapters on partial 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 | Prof. Dr. Emil Wiedemann | |
| 5 | Inhalt | <p>Fortgeschrittene Themen über partielle Differentialgleichungen, zum Beispiel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gleichungssysteme der Strömungsdynamik • elliptische und parabolische Regularität • hyperbolische Gleichungen und Systeme <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden erarbeiten und vertiefen wichtige moderne und postmoderne Methoden der Theorie der partiellen Differentialgleichungen mit Fokus auf nichtlinearen Phänomenen. Sie erlernen grundlegende Techniken und Konstruktionen aus der Existenz- und Eindeigkeitstheorie, zum Beispiel Variationsmethoden, (kompensierte) Kompaktheit, optimalen Transport, konvexe Integration.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysis-Module des Bachelorstudiums, Partielle Differentialgleichungen I+II | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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: 30 h Eigenstudium: 120 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Robinson, Rodrigo, Sadowski: The Three-Dimensional Navier-Stokes Equations, 2016 • Dafermos: Hyperbolic Conservation Laws in Continuum Physics, 2010 • Aktuelle Forschungsliteratur | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65066 | Convex Geometry | 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. Timm Oertel | |
| 5 | Inhalt | The module comprises of two parts. The first part is a general introduction to convex geometry, where basic concepts and tools will be introduced, such as separation, the classical results of Carathéodory, Helly and Radon and symmetrization techniques. The second part will be more specialized, including ellipsoidal approximation, volume concentration of convex bodies and high-dimensional phenomena. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • will know the foundations of classical convex geometry • can apply concepts and tools from modern convex geometry. • can explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <ul style="list-style-type: none"> • Linear Algebra and Analysis is required • Basic knowledge in Probability Theory is recommended | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Mandatory elective module for:</p> <ul style="list-style-type: none"> • MSc in Data Sciences within Mathematical Theory / Fundamentals of Data Science • MSc in Mathematics within Studienrichtung Algebra und Geometrie • MSc in Mathematics within Modelling, Simulation and Optimization • MSc in Mathematics and Economics within Optimization and process management | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) Oral exam (30 minutes) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) 100% oral exam | |
| 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 oder Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | TBA |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65876 | Data-driven methods for dynamical systems | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Data-driven methods for dynamical systems Übung: Exercise Data-driven methods for dynamical systems | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Giovanni Fantuzzi | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Giovanni Fantuzzi | |
| 5 | Inhalt | <p>This course introduces students to modern data science techniques for interpreting, analyzing, forecasting, and controlling dynamic data. Classical problems from the theory of dynamical systems will be re-examined using state-of-the-art computational methods based on data. Course topics will include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dynamic mode decomposition • The Koopman operator • Kernel methods for dynamics • System identification and forecasting <p>Theory will be complemented by programming assignments, where students will have the chance to implement the theory and reproduce results presented in the lectures.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>By the end of the course, students should be able to: # Explain and apply dynamic mode decomposition and its extensions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explain and apply the basic notions of Koopman operator theory • Explain and utilize system identification techniques • Implement data-driven methods for dynamical system in a programming language of choice | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>This course requires:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A basic understanding of differential equations / maps • The ability to program in at least one scientific programming language (e.g. MATLAB, Python, Julia, etc.) | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | |
| 16 | Literaturhinweise | Lecture materials will be provided as the course progresses. A reading list will also be provided at the start of the course. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65879 | Differentialgeometrie Differential 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 | apl. Prof. Dr. Jens Habermann | |
| 5 | Inhalt | <p>Eine Auswahl aus den folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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, Lineare Algebra und Gewöhnliche Differentialgleichungen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 | | |

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"
- M. Do Carmo: "Riemannian Geometry"

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65706 | Einführung in die unitäre Darstellungstheorie (EUniD) Introduction to unitary representation theory (EUniD) | 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. Karl Hermann Neeb | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Diskrete und kontinuierliche Zerlegung von Darstellungen • Darstellungen kompakter und abelscher Gruppen • Satz von Stone (unitäre Einparametergruppen) • Abgeleitete Darstellungen, Integrationsprobleme • Spektralmasse und messbarer Funktionalkalkül • Positiv definite Funktionen (GNS-Konstruktion) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • verwenden die zentrale Methoden der Darstellungstheorie auf Hilberträumen und bearbeiten mit deren Hilfe Zerlegungs- und Klassifikationsprobleme • ordnen Methoden aus den Bereichen Algebra und Funktionalanalysis in einen übergreifenden Kontext ein und wenden sie dort an. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundkenntnisse in Funktionalanalysis (Operatoren auf Hilberträumen), Grundkenntnisse über Matrixgruppen oder Lie-Gruppen, wie sie in der gleichnamigen Vorlesung bereitgestellt werden, sind nützlich. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Vorlesungsskript zu diesem Modul• G. Mackey, Unitary group representations, Addison Wesley• G. B. Folland, A course in abstract Harmonic Analysis, CRC Press |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65963 | Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 Advanced risk analysis 1 | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übungen zu Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 Vorlesung: Fortgeschrittene Risikoanalyse 1 | - 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Wolfgang Stummer | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Wolfgang Stummer | |
| 5 | Inhalt | <p>Die aktualisierten definitiven Inhalte werden zeitnah veröffentlicht. Exemplarisch seien hier angeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsbezogene Motivationen aus der Risikoanalyse; • zeitdiskrete Risikoprozesse; • zeitkontinuierliche Risikoprozesse. <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur und der Bearbeitung von speziell abgestimmten zugehörigen Seminarthemen, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb des Seminars.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erlernen und verwenden aktuelle, vielseitig nutzbare, fortgeschrittene Methoden zur Lösung von zeitgemäßen Problemstellungen aus der Quantifizierung von unsicherheitsbehafteten Fakten, Vorgängen und darauf aufbauenden Entscheidungen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Fundierte Grundkenntnisse der Stochastik und der Integrationstheorie. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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: 75 h Eigenstudium: 225 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Manuskript des Dozenten • Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65951 | Fortgeschrittene Risikoanalyse 2 Advanced risk analysis 2 | 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 Stummer | |
| 5 | Inhalt | Die aktualisierten definitiven Inhalte werden zeitnah veröffentlicht. Exemplarisch seien hier angeführt: Fortgeschrittene zeitdiskrete Risikoprozesse; fortgeschrittene zeitkontinuierliche Risikoprozesse. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erlernen und verwenden aktuelle, vielseitig nutzbare, sehr fortgeschrittene Methoden zur Lösung von zeitgemäßen Problemstellungen aus der Quantifizierung von unsicherheitsbehafteten Fakten, Vorgängen und darauf aufbauenden Entscheidungen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> Fundierte Grundkenntnisse der Stochastik und der Integrationstheorie. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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: 75 h Eigenstudium: 225 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> Manuskript des Dozenten Weitere Literatur wird in der Vorlesung bekanntgegeben. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65065 | Fortgeschrittene Themen der Stochastik Advanced topic in probability | 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. Torben Krüger |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Themen, welche die in den vorbereitenden Vorlesungen erworbenen Basiskenntnisse der Stochastik vertiefen. • Anwendungsfelder der Wahrscheinlichkeitstheorie • Zusammenhang zwischen Stochastik und anderen Themenbereichen der Mathematik • Analytische Methoden in der Stochastik <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Präsenzübungen und Hausaufgaben.</p> <p>- Topics that deepen the basic knowledge of stochastics acquired in the preparatory lectures. - Fields of application of probability theory - Relationship between stochastics and other areas of mathematics - Analytical methods in stochastics</p> <p>The material is presented in lecture form. Further acquisition of the essential concepts and techniques takes place through classroom exercises and homework.</p> |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • wenden die formalen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie an und übertragen diese auf fortgeschrittene Themenbereiche • erfassen und formulieren randomisierte Phänomene mathematisch. • nennen und erklären die wichtigsten stochastisch-mathematischen Objekte, 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. <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • apply the formal foundations of probability theory and transfer them to advanced subject areas • grasp and formulate randomized phenomena mathematically. |

| | | |
|----|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • name and explain the most important stochastic mathematical objects that play a role in the applications. • collect and evaluate relevant information and recognize connections to other mathematical topics. • independently classify and solve problems analytically. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Wahrscheinlichkeitstheorie, sowie Grundlagen in Analysis und Linearer Algebra recommended: Probability theory, as well as basics in analysis and linear algebra |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 - M. Sc. Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik) - M.Sc. Wirtschaftsmathematik - M.Sc. Data Science - M.Sc. Technomathematik - B. Sc. Mathematik |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (20 Minuten) <ul style="list-style-type: none"> • Übungsleistungen (unbenotet) • Mündliche Prüfung (20 min) <ul style="list-style-type: none"> • weekly assignments (ungraded) • oral exam (20 min) |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Mündliche Prüfung (100%) Oral Exam (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 52 h Eigenstudium: 98 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65058 | Fourier Methods for PDEs Advanced topic in probability | 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. Enrique Zuazua Iriondo | |
| 5 | Inhalt | <p>Standard Fourier methods for PDEs:</p> <p>1) Fourier Transform, Schwartz space, tempered distributions, Sobolev spaces. Application of the theory to the heat and wave equations. 2) Study of the incompressible Navier-Stokes equations. Leray's existence result. Ladyzhenskaya's uniqueness results.</p> <p>Littlewood-Paley theory:</p> <p>1) Presentation of the theory. Application to the linear heat and transport equations. 2) Application to partially dissipative systems in simple cases. Study of the linear compressible Euler system with damping. Global well-posedness and large-time behavior results.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • use standard Fourier methods to study the behavior of the solutions of partial differential equations. • use the Littlewood-Paley decomposition to study concrete linear and nonlinear models. • work out the examples and applications that accompany the theory. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Advanced functional analysis, Theory of distributions, Analysis of ODEs and PDEs. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> <p>MSc Mathematics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysis and Stochastics • Modelling, Simulation and Optimization | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Oral Exam (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |

| | | |
|----|---|--|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 49 h Eigenstudium: 101 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Fourier Analysis and Nonlinear Partial Differential Equation, H. Bahouri, J-Y. Chemin and R. Danchin, Springer, Volume 343. • Handouts and lecture notes distributed via StudOn and on the webpage timotheecrinbarat.com |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65927 | Funktionalanalysis II Function analysis II | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung zur Funktionalanalysis II Vorlesung: Funktionalanalysis II | - 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Gandalf Lechner | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 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 | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 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 | <p>Eine Auswahl aus den folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 • Differentiationsatz von Lebesgue • Lipschitz-Funktionen, der Satz von Rademacher • Flächen- und Koflächenformel im Lipschitz Kontext • Rektifizierbare Mengen, approximativer Tangentialraum • Rektifizierbare Varifaltigkeiten <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.</p> | |
| 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 65722 | Geometrische Maßtheorie II Geometric dimension theory II | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Tangentialer Gradient • Rektifizierbarkeit, Struktursatz • Varifaltigkeiten • Totale Variation, Monotonieformel • Allardscher Regularitätssatz • Poincaré- und Sobolev-Ungleichung • Isoperimetrische Ungleichung <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erarbeiten sich Konzepte der Regularitätstheorie im Rahmen der Geometrischen Maßtheorie. Ziel ist das tiefere Verständnis der Regularitätstheorie von rektifizierbaren Varifaltigkeiten, die in der Variationsrechnung eine zentrale Rolle spielen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Maß- und Integrationstheorie, Geometrische Maßtheorie I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 65861 | Hauptseminar Quantitatives Risikomanagement Advanced seminar: Quantitative risk management | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Hauptseminar: Masterseminar "Quantitatives Risikomanagement" | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Wolfgang Stummer | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Wolfgang Stummer | |
| 5 | Inhalt | Die aktuellen, definitiven Inhalte werden vom Dozenten zeitnah veröffentlicht. Des Weiteren dient das Hauptseminar als methodische und arbeitstechnische Vorbereitung für die anschließend abzulegende Masterarbeit. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • erarbeiten ein sehr fortgeschrittenes Teilgebiet des stochastisch-quantitativen Risikomanagements; • verwenden relevante Präsentations- und Kommunikationstechniken für mathematische Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form und perfektionieren diese; • formulieren hochentwickelte unsicherheitsbehaftete wirtschaftswissenschaftlich relevante Phänomene mathematisch präzise. • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse der Module Fortgeschrittene Risikoanalyse 1, Fortgeschrittene Risikoanalyse 2. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | 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 | Die zugrundeliegenden Vortragsunterlagen werden vom jeweiligen Dozenten im Voraus (bei der Vorbesprechung) ausgehändigt. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>After following this course, the student</p> <p>(1) knows the integration on locally compact groups;</p> <p>(2) has acquired insight in the elementary theory on duality for abelian groups and compact groups;</p> <p>(3) can illustrate the various concepts and results treated in this course with relevant examples;</p> <p>(4) has gained basic intuition about unitary dual and is able to verify intuitive conjectures by giving either rigorous proofs or counterexamples;</p> <p>(5) -> is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Knowledge of set theoretic topology, Lebesgue integration, and functional analysis on an introductory level. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 65915 | Introduction to material- and shape optimization | 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. Michael Stingl | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • shape-, material- and topology optimization models • linear elasticity and contact problems • existence of solutions of shape, material and topology optimization problems • approximation of shape, material and topology optimization problems by convergent schemes | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • derive mathematical models for shape-, material and topology optimization problems, • apply regularization techniques to guarantee to existence of solutions, • approximate design problems by finite dimensional discretizations, • derive algebraic forms and solve these by nonlinear programming techniques. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge in nonlinear optimization, • Basic knowledge in numerics of partial differential equations | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • J. Haslinger & R. Mäkinen: Introduction to shape optimization, SIAM, | |

- M. P. Bendsoe & O. Sigmund: Topology Optimization: Theory, Methods and Applications, Springer.

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65079 | Introduction to Operator Algebras Introduction to operator 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. Kang Li | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> Banach algebras: Basic properties. Gelfand's theory of commutative Banach algebras and C*-algebras: a) Special elements such as unitary, self-adjoint, normal, positive elements and their spectrum); b) The continuous functional calculus for normal elements in a C*-algebra; c) Gelfand-Naimark theorem. C*-algebras (States and representations, and GNS construction) von Neumann algebras (Bicommutant theorem, Kaplansky density theorem, Borel functional calculus) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>After following this course the student</p> <ul style="list-style-type: none"> knows the notion of spectrum in several contexts; in simple cases, he/she can compute the spectrum, has acquired insight in the elementary theory of operator algebras, in particular C*-algebras and von Neumann algebras, can deal with functions of operators, can illustrate the various concepts and results treated in this course with relevant examples, has gained intuition about linear mappings between infinite-dimensional Hilbert spaces and is able to verify intuitive conjectures by giving either rigorous proofs or counterexamples, is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: basic knowledge of operators on Hilbert spaces as provided within the lecture on Functional Analysis. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | <p>We will mainly use the book</p> <p>C*-Algebras and Operator Theory, Academic Press, 1990,, Gerard J. Murphy</p> <p>Several good books to read:</p> <ul style="list-style-type: none"> • K. Zhu: An introduction to Operator Algebras. (a concise introduction) • R.V. Kadison and J.R. Ringrose: Fundamentals of the theory of operator algebras. Volumes 1 & 2. (This contains far more material than we will be able to cover.) • B. Blackadar: Operator algebras. Theory of C*-algebras and von Neumann algebras. (Contains lots of material, but does not include detailed proofs for everything.) • K. Davidson: C*-algebras by example. (Useful example-based approach. But be careful: some parts are known to have mistakes.) |

| | | | |
|---|-----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 303776 | Mathematische Grundlagen zu Data Analytics, Neuronale Netze und Künstliche Intelligenz Mathematical foundations of data analytics, neural networks and artificial intelligence | 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. Frauke Liers-Bergmann | |
| 5 | Inhalt | <p>Künstliche-Intelligenz Forschung ist der Versuch, menschenähnliche Denkprozesse auf Maschinen zu übertragen. Das betrifft insbesondere Wahrnehmung (nicht nur Sensordaten, sondern auch Bild- und Audio-daten), Modellierung (Untersuchung von Zusammenhängen in Beobachtungen) und Aktionsplanung (für optimale Aktionsplanung ist ein Modell zur Beurteilung vorgeschlagener Aktionen essenziell). Die Mathematik der Neuronalen Netze wurde von Anfang an als adäquate Lösungsmethode gesehen es dauerte aber ein halbes Jahrhundert, bis diese Mathematik und die Computer Hardware soweit entwickelt waren, dass die Vision tatsächlich bearbeitet werden kann.</p> <p>Im Sommersemester werden wir insbesondere komplexe (d.h. nichtlineare, hochdimensionale) dynamische Systeme, Zeitreihenanalyse und Prognosemethoden untersuchen. Zeit ist ein a-priori Strukturrahmen, der sich mit Rekurrenten Neuronalen Netzen darstellen lässt. Die Formulierung von Strukturelementen der Aufgabenstellungen in Form adäquater Netzwerkarchitekturen ist ein wesentliches Lernelement der Vorlesung. Es geht also nicht nur um das Lernen von Netzwerkparametern sondern um einen Denkstil. Diese Leitlinie zieht sich weiter zu dynamischen Systemen auf Mannigfaltigkeiten, der Wahl optimaler Koordinatensysteme zur Beschreibung dynamischer Systeme und der Berechnung optimaler Steuerungen. Der Vergleich offener und geschlossener dynamischer Systeme wird sich als essenziell für Langfristprognosen erweisen. Allerdings wird die Eleganz der Modelle mit zusätzlichen mathematischen Schwierigkeiten erkauft. Lösungsansätze hierfür werden in der Vorlesung ausgearbeitet. Deep-Learning liefert auch hier wichtige Erweiterungen. In einem weiteren Teil sollen menschengemachte dynamische Systeme (Märkte) untersucht werden. Für Prognosen in diesem Rahmen entwickeln wir Kausal-Retro-Kausale Netze. Gerade bei ökonomischen Prognosen ist die Analyse der Unsicherheit wesentlicher Teil der Aufgabe.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erkennen selbständig Aufgabenstellungen, in denen Neuronale Netze eine hilfreiche Lösungsmethode sind • Sind in der Lage die richtigen Netzstrukturen für echte Anwendungsprobleme Probleme zu konstruieren | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Mathematische Grundlagen aus dem Bachelor-Studium. | |

| | | |
|----|--|--|
| | | Vorlesung Mathematische Grundgagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics I aus dem Wintersemester. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------|
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Lie-Algebra einer Lie-Gruppe, Exponentialfunktion • Abgeschlossene Untergruppen, Quotienten, homogene Räume • Überlagerungen von Lie-Gruppen, Strukturtheorie, Integrationsprobleme • Elementare Anwendungen in der Darstellungstheorie <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt in den Übungen.</p> | |
| 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: <ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse über Mannigfaltigkeiten (Vektorfelder, Flüsse), • Grundkenntnisse in Topologie (Bogenzusammenhang, Überlagerungen) | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | |

- Vorlesungsskript zu diesem Modul
- Hilgert/Neeb, Structure and Geometry of Lie Groups

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65969 | Mathematische Statistik Mathematical statistics | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Parameterschätzung • Konfidenzbereiche • Hypothesentests <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. In der Übung vertiefen Lösungen typischer Beispiele das Verständnis des Vorlesungsstoffs.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden mathematische Grundlagen der Statistik. Sie entwickeln Lösungsmethoden für einfache statistische Problemstellungen eigenständig. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Stochastische Modellbildung sowie Maßtheorie (Analysis III), Grundkenntnisse in Wahrscheinlichkeitstheorie | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Georgii, Stochastik • Casella, Berger, Statistical Inference | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65860 | Modeling and analysis in continuum mechanics I | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Tutorial to Modeling and Analysis in Continuum Mechanics 1 Vorlesung: Modeling and Analysis in Continuum Mechanics 1 | - 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Dr. Marco Bresciani | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Günther Grün |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Theory of elasticity (geometrical non-linear modelling, objectivity and isotropy of energy functionals, linearised elasticity, polyconvexity, existence according to J. Ball) • Non-equilibrium thermodynamics and modelling in hydrodynamics (basic concepts in thermodynamics, balance equations, constitutive relations) • Parabolic function spaces and the Aubin-Lions lemma • Weak solution theory for incompressible Navier-Stokes equations |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • derive mathematical models for fluid mechanics and elasticity theory, • evaluate the predictive power of models using physical modelling assumptions and the qualitative characteristics of solutions, • apply analytical techniques to rigorously prove qualitative properties of solutions. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge in functional analysis and modelling is recommended. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• P.G. Ciarlet: Mathematical elasticity, North-Holland,• S.R. De Groot & P. Mazur: Non-equilibrium thermodynamics, Dover,• C. Eck, H. Garcke & P. Knabner: Mathematical Modeling, Springer,• L.C. Evans: Partial differential equations, AMS,• I. Liu: Continuum mechanics, Springer,• R. Temam: The Navier-Stokes equations, AMS Chelsea Publishing. |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65865 | Modeling and analysis in continuum mechanics 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. Günther Grün | |
| 5 | Inhalt | <p>Some (at least two) of the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Monotone operators and applications in continuum mechanics, e.g. shear-thinning liquids, • Mathematical concepts of model reduction: homogenization, gamma convergence, asymptotic analysis, • Reaction diffusion models from biology and social sciences; • Models in fluid dynamics (compressible and incompressible Navier-Stokes equations); • Wave phenomena and other hyperbolic equations in continuum mechanics | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students can:</p> <ul style="list-style-type: none"> • derive mathematical models for several important applications in continuum mechanics. • apply analytical techniques to rigorously prove qualitative properties of solutions. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Modeling and Analysis in Continuum Mechanics I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 35 h Eigenstudium: 115 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • A. Braides: Gamma-convergence for beginners, Oxford University Press, • D. Cioranescu & P. Donato: An introduction to homogenization, Oxford University Press, • L.C. Evans. (2010). Partial differential equations. AMS. | |

- T.A. Roberts (1994). A one-dimensional introduction to continuum mechanics. World Scientific.
- R.E. Showalter: Monotone operators in Banach space and nonlinear partial differential equations, AMS
- T. Temam and A. Miranville (2005). Mathematical modeling in continuum mechanics. Cambridge University Press.
- Handouts and lecture notes distributed via StudOn.

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65887 | Modul Conservation Laws Module: Conservation laws | 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 | Dr. Lukas Pflug | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • (Non-)local conservation laws in applications • Linear scalar transport equations and conservation laws • Linear multi-D transport equations and conservation laws • Method of characteristics • Fixed-point methods in Banach spaces • Existence and uniqueness of nonlocal conservation laws • Maximum principles • Regularity and stability of solutions • Local conservation laws, Entropy solutions; • The singular limit problem – approximation of local Entropy solutions by nonlocal conservation laws • Numerical methods | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students learn the basic theory on nonlocal conservation laws, apply approximation results, learn fixed-point approaches in Banach spaces and understand the applicability of conservation laws in the applied sciences. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Some basic knowledge in PDE is of advantage, Sobolev spaces. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Bressan, Alberto. Hyperbolic systems of conservation laws: the one-dimensional Cauchy problem. Vol. 20. Oxford University Press on Demand, 2000. • Keimer, Alexander, and Lukas Pflug. "Existence, uniqueness and regularity results on nonlocal balance laws." <i>Journal of Differential Equations</i> 263.7 (2017): 4023-4069. • Coclite, Giuseppe Maria, et al. "A general result on the approximation of local conservation laws by nonlocal conservation laws: The singular limit problem for exponential kernels." <i>Annales de l'Institut Henri Poincaré C</i> (2022). • Blandin, Sebastien, and Paola Goatin. "Well-posedness of a conservation law with non-local flux arising in traffic flow modeling." <i>Numerische Mathematik</i> 132.2 (2016): 217-241. • Aggarwal, Aekta, Rinaldo M. Colombo, and Paola Goatin. "Nonlocal systems of conservation laws in several space dimensions." <i>SIAM Journal on Numerical Analysis</i> 53.2 (2015): 963-983. |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65888 | Navier Stokes Equations Navier stokes 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. Emil Wiedemann | |
| 5 | Inhalt | <p>The incompressible Navier-Stokes equations (NSE) are a nonlinear system of partial differential equations fundamental for the modelling of fluid flow. They are extensively used in meteorology and oceanography, but also pose great mathematical challenges. Famously, global regularity of the three-dimensional NSE forms one of the seven Millennium Problems. This course serves as an introduction to the mathematical theory of these equations and includes the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • existence of weak solutions of Leray-Hopf type; • local-in-time existence of strong solutions; • the Prodi-Serrin criteria for regularity and energy balance; • partial regularity theory; • the singular limit of vanishing viscosity. <p>The course can be a good preparation for a subsequent master's thesis in the topic.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students know and understand the basic theory of the Navier-Stokes equations and have mastered important methods for systems of non-linear partial differential equations. They have a basic understanding of mathematical fluid dynamics. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Lineare Algebra, Analysis. Empfohlen: erste Kurse in partiellen Differentialgleichungen und Funktionalanalysis. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 | Deutsch oder Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|---|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• J. C. Robinson, J. L. Rodrigo, W. Sadowski: The Three-Dimensional Navier-Stokes Equations. Cambridge University Press, 2016.• P. Constantin, C. Foias: Navier-Stokes Equations. University of Chicago Press, 1988.• W. Ożański: The Partial Regularity Theory of Caffarelli, Kohn, and Nirenberg and its Sharpness. Birkhäuser, 2019.• E. Wiedemann: Navier-Stokes Equations: Lecture Notes. Universität Ulm, 2018/19. |
|----|--------------------------|---|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65059 | Neural Network Approximation Advanced topic in probability | 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 | <p>Ausgewählte Kapitel im Bereich der Approximation mittels Neuronaler Netze: z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung zu Neuronalen Netzen (Beispiele, Aktivierungsfunktionen, Kostenfunktionen, Neuronen, Aufbau eines Neuronalen Netzes) • Sätze aus der Approximationstheorie und Anwendungen auf Neuronale Netze (Dinis Theorem, Satz von Arzela-Ascoli, Satz von Stone-Weierstrass, Wieners Tauberian Theorem, Banachscher Fixpunktsatz) • Neuronale Netze als universale Approximatoren <p>weitere fortgeschrittene Themen (hinführend auf eine Masterarbeit)</p> <p>Selected chapters in the area of approximation using neural networks: e.g.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to neural networks (examples, activation functions, cost functions, neurons, structure of a neural network) • Theorems from approximation theory and applications to neural networks (Dini's theorem, Arzela-Ascoli's theorem, Stone-Weierstrass' theorem, Wiener's Tauberian theorem, Banach's fixed point theorem) • Neural networks as universal approximators • Further advanced topics (leading to a master thesis) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • arbeiten selbständig mit Literatur auf einem Spezialgebiet; • verwenden Präsentations- und Kommunikationstechniken, präsentieren mathematische Sachverhalte und diskutieren diese; <p>tauschen sich untereinander und mit dem Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen aus.</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • work independently with literature in a specialized field; • use presentation and communication techniques, present mathematical facts and discuss them; • exchange information, ideas, problems and solutions with each other and with the lecturer. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums</p> <p>Recommended: Analysis modules of the Bachelor's program</p> | |

| | | |
|----|--|---|
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Wahlpflichtmodul in</p> <ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Mathematik (Studienrichtungen "Analysis und Stochastik", "Modellierung, Simulation und Optimierung") • M.Sc. Computational and Applied Mathematics (Studienrichtung "Modellierung und Simulation") • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) • M.Sc. Data Science (Mathematische Theorie/ Grundlagen der Data Science) |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>mündlich (20 Minuten)</p> <p>Vortrag und Handout</p> <p>Presentation and handout</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | <p>mündlich (100%)</p> <p>Mündliche Prüfung (100%)</p> <p>Oral exam (100%)</p> |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 30 h</p> <p>Eigenstudium: 120 h</p> |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • O. Calin: Deep Learning Architectures. A mathematical approach, Springer Series in the Data Sciences (2020). • I. Daubechies, R. DeVore, S. Foucart, B. Hanin, and G. Petrova: Nonlinear Approximation and (Deep) ReLU Networks, Constr. Approx. 55:127-172 (2022). • P. Grohs and F. Voigtlaender: Sobolev-type embeddings for neural network approximation spaces, Constr. Approx. 57:579-599 (2023). • C. Schneider and J. Vybiral: A multivariate Riesz basis of ReLU neural networks, to appear in ACHA (2023). • weitere Originalliteratur. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65878 | Numerische Behandlung Elliptischer PDEs Numerical methods of elliptic PDEs | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Elliptische Differentialgleichungen • Schwache Lösungen • Variationsformulierung • Galerkin Verfahren • Finite Elemente | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden sollen</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Grenzen der Standardverfahren erkennen, wenn die Problemstellung besondere Anforderungen mit sich bringt, • lernen, problemadäquate Lösungen zu finden, • beispielhaft nachvollziehen, wie konkrete praktische Entwicklungen die Fragestellungen der angewandten Mathematik beeinflussen, • 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 einem Publikum und bei der Diskussion verbessern. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Empfohlen: Basis- und Aufbaumodule Numerik | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Hackbusch, W., Theorie und Numerik elliptischer Differentialgleichungen, Teubner 1986• Brenner, S.C., Scott, L.R, The mathematical theory of finite element methods, Springer, 1994 |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 956800 | Operatoralgebren Operator algebras | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Von Neumann-Algebren (Bikommutantensatz, Projektionen) • Struktur kommutativer Algebren (Spektraltheorie) • Faktoren vom Typ I,II,III • C*- Algebren, positive Funktionale, GNS-Konstruktion • CCR und CAR-Algebra; Fockraumdarstellungen; Weylalgebra und Clifford-Algebren • Automorphismengruppen und kovariante Darstellungen Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erlernen den Umgang mit den zentralen Begriffen und Methoden der Operatoralgebren auf Hilberträumen. Dies befähigt sie insbesondere Zerlegungs- und Klassifikationsprobleme zu bearbeiten sowie Methoden aus den Bereichen Algebra und Funktionalanalysis in einen übergreifenden Kontext einzuordnen und dort anzuwenden. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundkenntnisse über Operatoren auf Hilberträumen, wie sie in der Vorlesung Funktionalanalysis bereitgestellt werden. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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: 60 h Eigenstudium: 90 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Neumark, M. A., Normierte Algebren, Verlag Henri Deutsch, 1990, • Brattelli, Robinson, Operator algebras and quantum statistical mechanics I, Springer, 1987, • Rudin, Functional Analysis, McGraw Hill, 1991 | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65123 | Partielle Differentialgleichungen I Partial differential equations I | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übungen zu Partielle Differentialgleichungen I Vorlesung: Partielle Differentialgleichungen I | - 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Emil Wiedemann | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Günther Grün | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 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 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 409733 | Partielle Differentialgleichungen II Partial differential equations 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. Günther Grün | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • direkte Methoden der Variationsrechnung, Existenz im konvexen Fall, Hölder-Regularität • Die Wärmeleitungsgleichung und andere parabolische Gleichungen • Die Wellengleichung und andere hyperbolische Gleichungen • Weitere ausgewählte Themen, z.B.: • Energiemethoden • Viskositätslösungen • skalare Erhaltungsgleichungen • parabolische p-Laplace und poröse Mediengleichung (Regularität, qualitative Eigenschaften, usw.) • Gleichungen vierter Ordnung <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden wenden Methoden für Existenzbeweise bei nichtlinearen Gleichungen an, und erweitern ihr Methodenspektrum für Lösungskonzepte und Eindeutigkeitsresultate. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Partielle Differentialgleichungen I als dringende Empfehlung | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 Sommersemester | |
| 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 | <ul style="list-style-type: none">• L. C. Evans, Partial Differential Equations, AMS 1997• D. Gilbarg, N. S. Trudinger, Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983• E. DiBenedetto, Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001• E. Giusti, Direct methods in the calculus of variations. World Scientific Publishing 2003• Vorlesungsskriptum |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65081 | Partielle Differentialgleichungen III Partial differential equations 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 | <p>Regularitätstheorie des elliptischen und parabolischen p-Laplace Operators:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschränktheit schwacher Lösungen, • Hölder-Stetigkeit schwacher Lösungen, • Differenzierbarkeit schwacher Lösungen. <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über die Regularitätstheorie degeneriert elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen. Sie verwenden die Konzepte von DeGiorgi und DiBenedetto und nutzen diese zum Beweis von Regularitätsresultaten. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Module zu Partielle Differentialgleichungen des Bachelorstudiums (insbesondere Kenntnis von Sobolev-Räumen) | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 7 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (20 Minuten) | |
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 • L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997 • E. DiBenedetto: Degenerate Parabolic Equations, Springer 1993 • E. DiBenedetto, U. Gianazza, V. Vesprì: Harnack's Inequality and Singular Parabolic Equations, Springer 2012 | |

- 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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: 4 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 65721 | Reading Course: Partielle Differentialgleichungen Reading course: Partial 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 | ausgewählte Kapitel im Bereich der partiellen Differentialgleichungen: z.B. <ul style="list-style-type: none"> • Existenz- und Regularitätstheorie für parabolische PDGLen • Eigenwerte von elliptischen Differentialoperatoren • Nichtlineare PDGLen • Variationsrechnung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • 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, Partielle Differentialgleichungen I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Variabel Vortrag (60 Min) + schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (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 | <ul style="list-style-type: none"> • D.D. Haroske, H. Triebel: Disributions, Sobolev spaces, Elliptic equations (2007). • L.C. Evans: Partial Differential Equations (1998). • D. Gilbarg, N.S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations, Springer (1983). | |

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• B. Schweizer, Partielle Differentialgleichungen, Springer (2013).• Originalliteratur. |
|--|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65957 | Reelle Analysis Reelle analysis | 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. Jens Habermann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • BMO-Räume • Satz von John-Nirenberg • Riesz-Potentiale • Höhere Integrierbarkeit • Gehring-Lemma | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden mathematische Sichtweisen und Techniken der reellen Analysis, die u.a. in den Bereichen Partielle Differentialgleichungen und Variationsrechnung erforderlich sind. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundvorlesungen Analysis I-III | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 30 h Eigenstudium: 120 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Adams & Hedberg: Function spaces and potential theory • Stein: Singular Integrals and Differentiability Properties of Functions • Gafrakos: Classical Fourier Analysis | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 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 | <p>Ausgewählte Kapitel im Bereich der klassischen und modernen Approximationstheorie: z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Satz von Stone-Weierstrass, Satz von Korovkin, Müntz-Sätze, Haarscher Eindeutigkeitsatz, Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ • Approximation mit Splines und Wavelets, Entropie, Approximations- und Kolmogorovzahlen | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Seminarleistung</p> <p>Vortrag (60 Min) und schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)</p> | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Seminarleistung (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 30 h</p> <p>Eigenstudium: 120 h</p> | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • 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, Studentexte 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 | <p>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 (Definitionsgebiete, Adjungierte, Abschließbarkeit, Selbstadjungiertheit, Spektralsatz, messbarer Kalkül) werden wichtige Anwendungen besprochen, insbesondere der Satz von Stone und Grundzüge der Streutheorie.</p> <p>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.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | |

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

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 364959 | Steuerung partieller Differentialgleichungen Control 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 | apl. Prof. Dr. Martin Gugat | |
| 5 | Inhalt | 1) Existenz und Eindeutigkeit der Lösung von Anfangswertproblemen (ARWP) 2) Konzepte der exakten Steuerbarkeit 3) Optimale Steuerung für hyperbolische Systeme 4) Sensitivitätsanalyse 5) Exponentielle Stabilität, Lyapunovfunktionen 6) Verzögerungen 7) Randstabilisierung 8) Unsicherheit | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • nennen und erklären exemplarische Grundbegriffe zu Problemen der optimalen Steuerung und der Stabilisierung von ARWP mit der Wellengleichung; • stellen Probleme der optimalen Steuerung auf und analysieren sie; • entwickeln stabilisierende Rückkopplungssteuerungen und beweisen die exponentielle Stabilität. Diese Fähigkeiten sind für technische und naturwissenschaftliche Anwendungen von besonderer Bedeutung. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Kenntnisse in Analysis, linearer Algebra und Grundlagen der Funktionalanalysis | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • F. Tröltzsch, Steuerung partieller Differentialgleichungen, Vieweg Verlag 2003. • J.-M. Coron, Control and Nonlinearity, AMS 2007. • G. Bastin and J.-M. Coron, Stability and Boundary Stabilization of 1-d hyperbolic Systems • M. Gugat, Optimal Boundary Control and Boundary Stabilization of Hyperbolic Systems, Springer 2015 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65970 | Stochastische Analysis Stochastic analysis | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Stochastische Analysis Übung: Übung zur Stochastischen Analysis | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Torben Krüger | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Torben Krüger | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Itokalkulus • Diffusionsprozesse • Stochastische Differentialgleichungen • Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erwerben die Fähigkeit komplexere Strukturen der Stochastik selbständig zu erfassen und auf exemplarische Problemstellungen anzuwenden. Diese bilden eine Basis für eine Spezialisierung in Stochastik undentsprechenden wirtschaftsmathematischen Themen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Kenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie sind zum Verständnis hilfreich | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | Die vorbereitende Literatur wird für jede Lehrveranstaltung jedes Semester neu festgelegt. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65704 | Theorie parabolischer Differentialgleichungen (ThpD) Theory parabolic differential equations (ThD) | 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. Manuel Friedrich | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Existenz schwacher Lösungen für lineare parabolische Gleichungen zweiter Ordnung • Regularität und Maximumsprinzipien • Lösungen nichtlinearer Gleichungen durch Fixpunktmethoden • Gradientenflüsse (nichtlineare Halbgruppen und Variationsmethoden) <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erarbeiten grundlegende Techniken zum Beweis von Existenz- und Regularitätsaussagen für parabolische Differentialgleichungen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> • Analysis-Module des Bachelorstudiums • Partielle Differentialgleichungen I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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: 30 h Eigenstudium: 120 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • G. Lieberman: Second Order Parabolic Differential Equations, 1996 • L.C. Evans: Partial Differential Equations, 1998 • Originalliteratur | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65907 | Theory of stochastic evolution 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Infinitely dimensional Wiener processes, • Stochastic integral in Hilbert spaces, • Ito-processes and stochastic differential equations, • Optionally: existence results for stochastic partial differential equations or further results on stochastic ODE (Fokker-Planck equations, . . .) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • characterize Gaussian measures on Hilbert spaces. They explain representation formulas for Q-Wiener processes as well as the derivation of the stochastic integral, • successfully apply concepts to solve stochastic differential equations explicitly and prove existence of solutions to stochastic evolution equations. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge in probability theory or functional analysis is recommended. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • G. Da Prato & J. Zabczyk: Stochastic equations in infinite dimensions, Cambridge University Press • I. Karatzas & S.E. Shreve: Brownian motion and stochastic calculus, Springer • B. Oksendal: Stochastic differential equations, Springer • C. Prévôt & M. Röckner: A concise course on stochastic partial differential equations, Springerchastic Evolution Equations | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65971 | Unitäre Darstellungstheorie Unitary representation theory | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Diskrete und kontinuierliche Zerlegung von Darstellungen • Darstellungen kompakter und abelscher Gruppen, Satz von Stone • Abgeleitete Darstellungen, Integrationsprobleme • Projektive Darstellungen, zentrale Erweiterungen • Spektralmasse und direkte Integrale • Reproduzierende Kerne und positiv definite Funktionen (GNS-Konstruktion) • Darstellungen semidirekter Produkte • Fockraeume und zweite Quantisierung <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verwenden die zentrale Methoden der Darstellungstheorie auf Hilberträumen und bearbeiten mit deren Hilfe Zerlegungs- und Klassifikationsprobleme • ordnen Methoden aus den Bereichen Algebra und Funktionalanalysis in einen übergreifenden Kontext ein und wenden sie dort an. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundkenntnisse in Funktionalanalysis (Operatoren auf Hilberträumen), Grundkenntnisse über Matrixgruppen oder Lie-Gruppen, wie sie in der gleichnamigen Vorlesung bereitgestellt werden, sind nützlich. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | jedes 4. Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript zu diesem Modul (auf StudOn) • G. Mackey, Unitary group representations, Addison Wesley • G. B. Folland, A course in abstract Harmonic Analysis, CRC Press |

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 930178 | Variationsrechnung Calculus of variations | 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. Manuel Friedrich | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Direkte Methode der Variationsrechnung • Euler-Lagrange-Gleichung • Konvexitätsbegriffe und Existenzsätze • Sobolev-Räume • Regularitätsaussagen <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Einige Begriffe werden auch mit Übungen präsentiert.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erlernen und erarbeiten die wichtigsten Begriffe aus der Variationsrechnung, mit besonderem Gewicht auf dem mehrdimensionalen Fall. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Partielle Differentialgleichungen I, Funktionalanalysis | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • M.Giaquinta, S. Hildebrandt, Calculus of Variations (Springer 2004) • E. Giusti, Direct Methods in the Calculus of Variations (World Scientific 2003) | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|------------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65950 | Seminar | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Hauptseminar: Seminar zur Topologie Seminar: Seminar Optimization | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Kang Li Prof. Dr. Timm Oertel | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Timm Oertel |
| 5 | Inhalt | Die aktuell angebotenen Themen werden von den Dozenten rechtzeitig bekannt gegeben. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • 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 und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | nach Vorgabe der Dozentin/des Dozenten |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 oder Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65973 | Analytische Zahlentheorie Analytic number theory | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlegende Fragestellungen der Analytischen Zahlentheorie • Abschätzungen mit elementaren Methoden, partielle Summation • Dirichlet-Reihen und der Primzahlsatz • Dirichlet-L-Reihen und der Dirichletsche Primzahlsatz <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 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 | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master 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 65273 | Semigroups of linear operators | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Semigroups of linear operators The course will take place in room 04.324 (4.0 SWS, WiSe 2024) Übung: Übungen zu Semigroups of linear operators (2.0 SWS, WiSe 2024) | - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Eberhard Bänsch | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Eberhard Bänsch | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Unbounded, closed operators • generators and semigroups • resolvent of a semigroup • Hille-Yosida-Theorem; Lumer-Phillips-Theorem; evolution equations • perturbation and approximation | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students are familiar with unbounded operators. They understand the interlink between semigroups and operators. Furthermore, they can apply semigroup theory to the solution of evolution equations. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Strongly recommended: knowledge in functional analysis. Recommended: some basics about PDEs and maybe some notion of stochastic processes. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (20 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig irregularly | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 hrs Eigenstudium: 225 hrs | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 semester Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|---|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• David Applebaum: Semigroups of linear operators (can be downloaded through https://www.cambridge.org/core/books/semigroups-of-linear-operators/)• Ronald Schnaubelt: Lecture Notes on Evolution Equations (pdf will be made available for the participants)• Klaus-Jochen Engel; Rainer Nagel: A short course on operator semigroups, Universitext, Springer 2006 |
|----|--------------------------|---|

Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65916 | Advanced algorithms for nonlinear optimization | 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. Michael Stingl | |
| 5 | Inhalt | Several of the following topics: <ul style="list-style-type: none"> • Trust region methods • Iterative methods in the presence of noisy data • Interior point methods for nonlinear problems • Modified barrier and augmented Lagrangian methods • Local and global convergence analysis | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • use methods of nonlinear constrained optimization in finite dimensional spaces, • analyse convergence behaviour of these methods and derive robust and efficient realisations, • apply these abilities to technical and economic applications. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge in nonlinear optimization is recommended. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • C.T. Kelley: Iterative Methods for Optimization, SIAM, • J. Nocedal & S. Wright: Numerical Optimization, Springer. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65900 | Advanced discretization techniques | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Advanced Discretization Techniques | 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Carsten Gräser | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Eberhard Bänsch | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> conforming and non-conforming finite element methods saddle point problems in Hilbert spaces mixed finite element methods for saddle point problems, in particular for Darcy and Stokes Streamline-Upwind Petrov-Galerkin (SUPG) and discontinuous Galerkin (dG) finite element methods (FEM) for convection dominated problems Finite Volume (FV) methods and their relation to FEM a posteriori error control and adaptive methods | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> have a discriminating understanding, both theoretically and computationally of FE as well as FV methods for the numerical solution of partial differential equations (pde) (in particular of saddle point problems), are capable of developing problem dependent FE or FV methods and judge on their properties regarding stability and effectiveness, are familiar with a broad spectrum of pde problems and their computational solutions, are capable of designing algorithms for adaptive mesh control. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Introduction to numerical methods for pdes, functional analysis | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> A. Ern, J.-L. Guermond: Theory and Practice of Finite Elements | |

- A. Quarteroni & A. Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations
- P. Knabner & L. Angermann: Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Differential Equations, Springer
- D. A. Di Pietro & A. Ern: Mathematical aspects of discontinuous Galerkin methods. Springer 2012

| | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65920 | Advanced nonlinear optimization | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung mit Übung: Advanced nonlinear optimization | 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Michael Stingl | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Wolfgang Achtziger | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • advanced optimality conditions and constraint qualifications for constrained optimization problems • penalty, barrier and augmented Lagrangian methods: theory and algorithms • interior point methods • sequential quadratic programming | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • explain and extend their knowledge on theory and algorithms of nonlinear optimization problems, • apply solution techniques to different advanced types of optimization problems, • derive and solve optimization problems arising from technical and economical applications. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge in nonlinear optimization is recommended. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich oral exam (20 min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • M.S. Bazaraa, H.D. Sherali & C.M. Shetty: Nonlinear Programming Theory and Algorithms, Wiley, New York, • J. Nocedal & S. Wright: Numerical Optimization, Springer. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65901 | Advanced solution techniques | 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. Eberhard Bänsch | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Krylov subspace methods for large non-symmetric systems of equations • Multilevel methods, especially multigrid (MG) methods, nested and non-nested grid hierarchies • Parallel numerics, especially domain decomposition methods • Inexact Newton/Newton-Krylov methods for discretized nonlinear partial differential equations • Preconditioning and operator-splitting methods | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are able to design application-specific own MG algorithms with the theory of multigrid methods and decide for which problems the MG algorithm is suitable to solve large linear systems of equations, • are able to solve sparse nonlinear/non-symmetric systems of equations with modern methods (also with parallel computers), • are able to develop under critical assessment complete and efficient methods for application-orientated problems. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Advanced Discretization Techniques | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich oral exam (15 min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Quarteroni & A. Valli: Numerical Approximation of Partial Differential Equations | |

- P. Knabner & L. Angermann: Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Differential Equations
- Further literature and scientific publications are announced during the lectures

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65082 | Algorithmic Game Theory Algorithmic game 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. Sascha Kurz | |
| 5 | Inhalt | The main goal of this course is to highlight the intriguing interplay between optimality, simplicity, efficiency and robustness in the design and analysis of systems involving many different selfish strategic players, with an emphasis in the intersection between Economics and Algorithmic Theory. Can we predict the possible outcomes of such dynamic situations? Can we motivate the players and design specific rules, so that those outcomes are stable and desirable? How well and how efficiently can we approximate the above objectives? These questions are very important and relevant in many modern, real-life applications, where the Internet has been established as the main platform for agent-interaction and computing. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Upon successful completion of this module, students have a comprehensive understanding of the foundations of algorithmic game theory and algorithmic mechanism design. Potential topics include: <ul style="list-style-type: none"> • quantifying the loss in performance of a system due to selfish behaviour (price of anarchy), most notably in traffic routing • understanding the concept of differentiating between various equilibria outcomes and selecting the desired ones (potentials and equilibrium refinement) • understanding the concept of learning dynamics in game-playing, such as best-responses • designing and analysing efficient mechanisms for various settings involving rational selfish players, most notably Bayesian revenue-maximizing auctions. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Basic knowledge of <ul style="list-style-type: none"> • calculus • probability theory • linear/combinatorial optimization and/or algorithms & complexity | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (15 Minuten) Oral exam (30 minutes) | |

| | | |
|----|---|---|
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Oral exam (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 | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • T. Roughgarden, "Twenty Lectures on Algorithmic Game Theory", Cambridge University Press, 2016. • Nisan, Roughgarden, Tardos & Vazirani (Eds), "Algorithmic Game Theory", Cambridge University Press, 2007 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65886 | Approximationstheorie 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 | <p>Einführung in die klassische Approximationstheorie: z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Satz von Weierstraß (Bernstein Polynome, Verallgemeinerungen) • Approximation periodischer Funktionen (Fejér Kerne, Fourier-Reihen) • Bestapproximation (Existenz und Eindeutigkeit in normierten Räumen), algebraische Polynome, Charakterisierungssatz von Kolmogorov, orthogonale Projektionen in Hilberträumen • Approximationsraten und Funktionenräume, Stetigkeitsmoduli, Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ, Approximationsräume | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden sollen die Relevanz</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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) <p>in den Übungen ihre mündliche Kommunikationsfähigkeit durch Einüben der freien Rede vor Publikum und bei der Diskussion verbessern</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Wahlpflichtmodul in</p> | |

| | | |
|----|---|---|
| | | <p>- B.Sc. Bachelor Mathematik (Theoretische Mathematik, Angewandte Mathematik)</p> <p>- B.Sc. Technomathematik (Numerische Mathematik, Modellierung und Optimierung)</p> <p>- B.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule)</p> <p>- M. Sc. Mathematik (Studienrichtungen "Analysis und Stochastik", "Modellierung, Simulation und Optimierung")</p> <p>- M.Sc. Computational and Applied Mathematics (Studienrichtung "Modellierung und Simulation")</p> <p>- M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule)</p> <p>Freies Wahlmodul in</p> <p>- M.Sc. CAM</p> <p>- M.Sc. Data Science</p> |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Variabel</p> <p>Übungsleistung: wöchentliche Hausaufgaben (ca 4 Aufgaben pro Woche)</p> <p>Klausur (60 min) oder mündliche Prüfung (30 min)</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | <p>Variabel (100%)</p> <p>Klausur oder mündliche Prüfung (100%)</p> |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 60 h</p> <p>Eigenstudium: 90 h</p> |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • 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, Studentexte Mathematik, Akad. Verlagsgesellsch. Wiesbaden (1978). • A. Schönhage: Approximationstheorie, De Gruyter, Berlin (1971). |

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 294239 | Ausgewählte Kapitel der Nichtlinearen Optimierung Selected chapters of non-linear optimisation. | 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. Wolfgang Achtziger | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Nichtlineare Optimierungsprobleme mit spezieller mathematischer Struktur • äquivalente Problemformulierungen • angepasste Lösungsverfahren <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären und verwenden fortgeschrittene Methoden in Theorie und Anwendungen von numerischen Verfahren zur Lösung unrestringierter und restringierter nichtlinearer Optimierungsprobleme in endlich-dimensionalen Räumen. • Sie können außerdem den Aufwand solcher Berechnungen abschätzen und die dabei auftretenden Schwierigkeiten in Theorie und Numerik einordnen. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <ul style="list-style-type: none"> • empfohlen: Abschluss des Moduls Vertiefte nichtlineare Optimierung | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | aktuelle Literatur wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65947 | Ausgewählte Kapitel der reellen Analysis Selected chapters of real analysis | 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. Emil Wiedemann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen der Maßtheorie • Dichten, Hausdorff-Maß • Darstellungssatz von Riesz, schwache Konvergenz von Radon-Maßen • Differentiation von Radon-Maßen, Satz von Lebesgue-Radon-Nykodym, Differentiationssatz von Lebesgue • Lipschitz-Funktionen, Satz von Rademacher • Flächen- und Koflächenformel im Lipschitz-Kontext | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden mathematische Sichtweisen und Techniken der reellen Analysis, die u.a. in den Bereichen Partielle Differentialgleichungen, Variationsrechnung und Geometrische Maßtheorie erforderlich sind. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundvorlesungen Analysis I-III | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 30 h Eigenstudium: 120 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Evans & Gariepy: Measure Theory and Fine Properties of Functions, Taylor & Francis, 2015 • Federer: Geometric Measure Theory, Springer 1969 • Simon: Lectures on geometric measure theory, Australian National University, , 1983 • Mattila: Geometry of sets and measures in Euclidean spaces. Fractals and rectifiability, Cambridge 2008 | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65862 | Conic Optimization and Applications Conic optimisation and applications | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Conic Optimization and Applications Übung: Übung Conic Optimization and Applications | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Giovanni Fantuzzi | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Jan Rolfes | |
| 5 | Inhalt | <p>In modern Convex Optimization the theory of semidefinite optimization plays a central role. Semidefinite optimization is a generalization of linear optimization, where one wants to optimize linear functions over positive semidefinite matrices restricted by linear constraints. A wide class of convex optimization problems can be modeled using semidefinite optimization. On the one hand, there are algorithms to solve semidefinite optimization problems, which are efficient in theory and practice. On the other hand, semidefinite optimization is a tool of particular usefulness and elegance.</p> <p>Overview of topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Topological properties of cones • Foundations of conic optimization, theorems of the alternative, duality • Applications in Eigenvalue optimization and robust optimization • Approximations of combinatorial optimization problems such as MAXCUT, packing problems, coloring problems, Shannon capacity • Symmetry reduction of optimization | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • gain insight of the fundamental concepts in conic optimization • apply algorithmic techniques to problems in the fields of combinatorics, geometry and algebra • extend their expertise in geometry, in particular about the interplay between the fields of geometry and optimization | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: at least one of the modules Linear and combinatorial optimization, robust optimization, discrete optimization | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 45 h Eigenstudium: 105 h | |

| | | |
|----|---|--|
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• M. Laurent, F. Vallentin: lecture notes• http://www.mi.uni-koeln.de/opt/wp-content/uploads/2015/10/laurent_vallentin_sdo_2012_05.pdf• Further literature and scientific publications are announced during the lectures |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65086 | Convex Geometry and Applications Convex geometry and applications | 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. Timm Oertel | |
| 5 | Inhalt | <p>The module comprises of two parts.</p> <p>The first part is a general introduction to convex geometry, where basic concepts and tools will be introduced, such as separation and the classical results of Carathéodory, Helly, and Radon.</p> <p>The second part will be more specialized, focusing on ellipsoids, including ellipsoidal approximation and volume concentration. Applications in optimization and data science will be highlighted throughout.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • will learn the foundations of classical convex geometry • apply concepts and tools from convex geometry to modern applications in optimization and data science | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Linear algebra and calculus are required.</p> <p>Basic knowledge in probability theory is recommended.</p> | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 45 h</p> <p>Eigenstudium: 105 h</p> | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65876 | Data-driven methods for dynamical systems | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Data-driven methods for dynamical systems Übung: Exercise Data-driven methods for dynamical systems | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Giovanni Fantuzzi | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Giovanni Fantuzzi | |
| 5 | Inhalt | <p>This course introduces students to modern data science techniques for interpreting, analyzing, forecasting, and controlling dynamic data. Classical problems from the theory of dynamical systems will be re-examined using state-of-the-art computational methods based on data. Course topics will include:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dynamic mode decomposition • The Koopman operator • Kernel methods for dynamics • System identification and forecasting <p>Theory will be complemented by programming assignments, where students will have the chance to implement the theory and reproduce results presented in the lectures.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>By the end of the course, students should be able to: # Explain and apply dynamic mode decomposition and its extensions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explain and apply the basic notions of Koopman operator theory • Explain and utilize system identification techniques • Implement data-driven methods for dynamical system in a programming language of choice | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>This course requires:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A basic understanding of differential equations / maps • The ability to program in at least one scientific programming language (e.g. MATLAB, Python, Julia, etc.) | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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: 45 h Eigenstudium: 105 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | |
| 16 | Literaturhinweise | Lecture materials will be provided as the course progresses. A reading list will also be provided at the start of the course. |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65917 | Discrete optimization I | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Discrete Optimization I Übung: Tutorial zu Discrete Optimization I | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Kevin-Martin Aigner | |

| | | |
|----|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann |
| 5 | Inhalt | Theoretical and practical fundamentals of solving difficult mixed-integer linear optimization problems (MIPs) constitute the main focus of this lecture. At first, the concept of NP-completeness and a selection of common NP-complete problems will be presented. As for polyhedral theory, fundamentals concerning the structure of faces of convex polyhedra will be covered. Building upon these fundamentals, cutting plane algorithms as well as branch-and-cut algorithms for solving MIPs will be taught. Finally, some typical problems of discrete optimization, e.g., the knapsack problem, the traveling salesman problem or the set packing problem will be discussed. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • will gain basic theoretical knowledge of solving mixed-integer linear optimization problems (MIPs), • are able to solve MIPs with the help of state-of-the-art optimization software. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Linear and Combinatorial Optimization |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (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 | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65933 | Discrete optimization 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. Timm Oertel | |
| 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 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 | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • 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 65910 | Discrete optimization III | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Diskrete Optimierung III Übung: Tutorial zu Diskrete Optimierung III | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Timm Oertel | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Timm Oertel | |
| 5 | Inhalt | <p>In this lecture we will discuss selected topics in discrete and mixed-integer optimization. Possible topics include lattice methods, integer programming in fixed dimension, recent research on (mixed) integer linear and/or (mixed) integer nonlinear programming and so on. The specific topics may vary and will be announced in due time.</p> <p>FORMERLY: 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.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 and II | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|---|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• 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 65926 | Dualität und Optimierung Duality and optimisation | 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. Wolfgang Achtziger | |
| 5 | Inhalt | Lagrange-Dualität der endlichdimensionalen Nichtlinearen Optimierung, Optimalitätsbedingungen und Sattelpunktkriterien, Bearbeitung des dualen Problems, eigentlich konvexe Funktionen, konjugierte Funktionen, konjugierte Mengen, Fenchel-Dualität Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <ul style="list-style-type: none"> Die Studierenden kennen verschiedene Typen dualer Optimierungsprobleme. Für gegebene abstrakte oder konkrete Optimierungsmodelle können sie diese dualen Probleme errechnen, bearbeiten und lösen. Die Betrachtung und das Verständnis dualer Probleme ist grundlegend in der Modellierung und in der numerischen Bearbeitung von Fragestellungen der Natur-, Wirtschafts- und Ingenieurwissenschaften. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> Abschluss des Bachelor-Moduls Nichtlineare Optimierung und Abschluss des Moduls Vertiefte Nichtlineare Optimierung (oder Optimierung in normierten Räumen) | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> M.S. Bazaraa, H.D. Sherali, C.M. Shetty: Nonlinear Programming, Theory and Algorithms, Wiley, 2005 | |

- J.-B. Hiriart-Urruty, C. Lemarechal: Convex Analysis and Minimization Algorithms II, Springer, 1993
- R.T. Rockafellar, R.J.-B. Wets: Variational Analysis, Springer, 2009

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 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 | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 65706 | Einführung in die unitäre Darstellungstheorie (EUniD) Introduction to unitary representation theory (EUniD) | 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. Karl Hermann Neeb | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Diskrete und kontinuierliche Zerlegung von Darstellungen • Darstellungen kompakter und abelscher Gruppen • Satz von Stone (unitäre Einparametergruppen) • Abgeleitete Darstellungen, Integrationsprobleme • Spektralmasse und messbarer Funktionalkalkül • Positiv definite Funktionen (GNS-Konstruktion) Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • verwenden die zentrale Methoden der Darstellungstheorie auf Hilberträumen und bearbeiten mit deren Hilfe Zerlegungs- und Klassifikationsprobleme • ordnen Methoden aus den Bereichen Algebra und Funktionalanalysis in einen übergreifenden Kontext ein und wenden sie dort an. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundkenntnisse in Funktionalanalysis (Operatoren auf Hilberträumen), Grundkenntnisse über Matrixgruppen oder Lie-Gruppen, wie sie in der gleichnamigen Vorlesung bereitgestellt werden, sind nützlich. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Vorlesungsskript zu diesem Modul• G. Mackey, Unitary group representations, Addison Wesley• G. B. Folland, A course in abstract Harmonic Analysis, CRC Press |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65058 | Fourier Methods for PDEs Advanced topic in probability | 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. Enrique Zuazua Iriondo | |
| 5 | Inhalt | <p>Standard Fourier methods for PDEs:</p> <p>1) Fourier Transform, Schwartz space, tempered distributions, Sobolev spaces. Application of the theory to the heat and wave equations. 2) Study of the incompressible Navier-Stokes equations. Leray's existence result. Ladyzhenskaya's uniqueness results.</p> <p>Littlewood-Paley theory:</p> <p>1) Presentation of the theory. Application to the linear heat and transport equations. 2) Application to partially dissipative systems in simple cases. Study of the linear compressible Euler system with damping. Global well-posedness and large-time behavior results.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students are able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • use standard Fourier methods to study the behavior of the solutions of partial differential equations. • use the Littlewood-Paley decomposition to study concrete linear and nonlinear models. • work out the examples and applications that accompany the theory. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Advanced functional analysis, Theory of distributions, Analysis of ODEs and PDEs. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> <p>MSc Mathematics</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analysis and Stochastics • Modelling, Simulation and Optimization | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (30 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) Oral Exam (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |

| | | |
|----|---|--|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 49 h Eigenstudium: 101 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Fourier Analysis and Nonlinear Partial Differential Equation, H. Bahouri, J-Y. Chemin and R. Danchin, Springer, Volume 343. • Handouts and lecture notes distributed via StudOn and on the webpage timotheecrinbarat.com |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65927 | Funktionalanalysis II Function analysis II | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung zur Funktionalanalysis II Vorlesung: Funktionalanalysis II | - 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Gandalf Lechner | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 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 | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 | <p>After following this course, the student</p> <p>(1) knows the integration on locally compact groups;</p> <p>(2) has acquired insight in the elementary theory on duality for abelian groups and compact groups;</p> <p>(3) can illustrate the various concepts and results treated in this course with relevant examples;</p> <p>(4) has gained basic intuition about unitary dual and is able to verify intuitive conjectures by giving either rigorous proofs or counterexamples;</p> <p>(5) -> is able to explore some problems, examples, applications or extensions related to the course, independently using the literature.</p> | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Knowledge of set theoretic topology, Lebesgue integration, and functional analysis on an introductory level. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 65915 | Introduction to material- and shape optimization | 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. Michael Stingl | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • shape-, material- and topology optimization models • linear elasticity and contact problems • existence of solutions of shape, material and topology optimization problems • approximation of shape, material and topology optimization problems by convergent schemes | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • derive mathematical models for shape-, material and topology optimization problems, • apply regularization techniques to guarantee to existence of solutions, • approximate design problems by finite dimensional discretizations, • derive algebraic forms and solve these by nonlinear programming techniques. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Recommended:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Knowledge in nonlinear optimization, • Basic knowledge in numerics of partial differential equations | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 75 h</p> <p>Eigenstudium: 225 h</p> | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • J. Haslinger & R. Mäkinen: Introduction to shape optimization, SIAM, | |

- M. P. Bendsoe & O. Sigmund: Topology Optimization: Theory, Methods and Applications, Springer.

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65700 | Lecture Series Partial Differential Equations, Control and Numerics (PdeConNum) Lecture series: Partial differential equations, control and numerics (PdeConNum) | 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. Enrique Zuazua Iriondo | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Examples of PDE models arising in industrial applications, Biology and Social Sciences • Long time asymptotics • Control of trajectories • Numerics for long time dynamics and control • Some applications in the control of population dynamics | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • develop understanding for special aspects of dynamical systems control, • apply numerical methods to control problems and develop a basic understanding of their properties, • derive and solve inverse problems arising from applications. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: basic knowledge in functional analysis | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (15 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • J. M. Coron, Control and nonlinearity, Mathematical Surveys and Monographs, 143, AMS, 2009 • E. Zuazua. Propagation, observation, and control of waves approximated by finite difference methods. SIAM Review, 47 (2) (2005), 197-243 | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 48241 | Mathematical Image Processing | 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. This module is offered in every second summer term. The next course will be held in the summer semester 2024. | |
| 3 | Lehrende | - | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Daniel Tenbrinck | |
| 5 | Inhalt | <p>This module covers mathematical image processing techniques based on Fourier domain filters, variational methods, and partial differential equations.</p> <p>In particular, the following content will be introduced to the students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • contrast enhancement • filtering in Fourier and image domain • Bayesian image denoising • image deblurring / deconvolution • pixel-based clustering • region-based segmentation • image inpainting • nonlocal image processing using graphs | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students following this course will</p> <ul style="list-style-type: none"> • learn how image data can be modeled and analyzed mathematically • develop a deeper understanding of mathematical basics and methods for image processing • implement own algorithms for mathematical image processing • discover connections to related mathematical fields, e.g., inverse problems and convex analysis | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Knowledge in calculus and linear algebra is recommended to understand the mathematical foundations of image processing. Knowledge in functional analysis, numerical mathematics, or inverse problems is helpful to understand advanced concepts in mathematical image processing.</p> | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2;1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | schriftlich oder mündlich Oral examination (20 min.) or written examination (60 min.) depending on size of course. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | schriftlich oder mündlich (100%) Oral exam (100%) or written exam (100%) depending on size of course. | |

| | | |
|----|---|---|
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • G. Aubert & P. Kornprobst: Mathematical problems in Image Processing, Springer • K. Bredies & D. Lorenz, Mathematical Image Processing, Springer • S. Osher & R. Fedkiw, Level Set Methods and Dynamic Implicit Surfaces, Springer • A. Elmoataz , O.Lezoray, S. Bogleux: Nonlocal Discrete Regularization on Weighted Graphs: a framework for Image and Manifold Processing, IEEE Transactions On Image Processing, 17 (7), pp: 1047-1060, 2008 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65911 | Mathematical modeling in the life sciences | 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. Maria Neuß | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Biochemical reaction networks, enzyme kinetics • Models for interacting populations (Predator-prey, competition, symbiosis) • Diffusion, reactions, and transport in biological cell tissues and vessels • Structured population models | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • have profound knowledge in the area of mathematical modeling of processes in the life sciences • are able to identify significant mechanisms and to apply suitable analytical and numerical methods for their analysis • are able to work interdisciplinary and problem-oriented. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Modeling and Analysis in Continuum Mechanics I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • J. D. Murray: Mathematical Biology I: An Introduction, Mathematical Biology II: Spatial Models and Biomedical Applications • G. de Vries, T. Hillen, et al.: A course in Mathematical Biology • J. Prüss: Mathematische Modelle in der Biologie: Deterministische homogene Systeme | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65785 | Mathematics of Learning Mathematics of learning | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übung zu Mathematics of Learning | - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> Machine learning: empirical risk minimization, kernel methods and variational models Mathematical aspects of deep learning Ranking problems Mathematical models of network interaction |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> develop understanding of modern big data and state of the art methods to analyze them, apply state of the art algorithms to large data sets, derive models for network / graph structured data. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Prerequisites: Basic knowledge in numerical methods and optimization is recommended. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;3 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> Goodfellow, Bengio, Courville, Deep Learning, MIT Press, 2015 Hastie, Tibshirani, Friedman, The Elements of Statistical Learning, 2008 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65906 | Mathematics of multiscale models | 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. Nicolas Neuß | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Function spaces of periodic functions and asymptotic expansions • Two-scale convergence and unfolding method • Application to differential equation models in continuum mechanics • Multi-scale finite element methods • Numerical upscaling methods | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • have profound expertise about the basic methods in multi-scale analysis and homogenisation, • are able to derive rigorously homogenised (effective) models and analyse the quality of the approximation. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Knowledge in modeling as well as analysis and numerics of partial differential equations | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • D. Cioranescu & P. Donato: An Introduction to Homogenization • U. Hornung (ed.): Homogenization and Porous Media • Y. Efendiev & T. Hou: Multiscale Finite Element Methods | |

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 506443 | Mathematische Bildverarbeitung Mathematical image processing | 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 | Dr. Michael Fried | |
| 5 | Inhalt | Die Studierenden erklären mathematische Verfahren zum Deblurring mit partiellen Differentialgleichungen und Bildsegmentierung mit der Levelsetmethode und wenden die entsprechenden Algorithmen an. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | empfohlen: Einführung in die Numerik partieller Differentialgleichungen | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | 1., 2. oder 3. Semester | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Bekanntgabe in der Vorlesung | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65133 | Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics I Mathematical foundations of artificial intelligence, neural networks and data analytics | 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. Hans Georg Zimmermann |
| 5 | Inhalt | <p>Künstliche-Intelligenz Forschung ist der Versuch, menschenähnliche Denkprozesse auf Maschinen zu übertragen. Das betrifft insbesondere Wahrnehmung (nicht nur Sensordaten, sondern auch Bild- und Audio-daten), Modellierung (Untersuchung von Zusammenhängen in Beobachtungen) und Aktionsplanung (für optimale Aktionsplanung ist ein Modell zur Beurteilung vorgeschlagener Aktionen essenziell). Die Mathematik der Neuronalen Netze wurde von Anfang an als adäquate Lösungsmethode gesehen es dauerte aber ein halbes Jahrhundert, bis diese Mathematik und die Computer Hardware soweit entwickelt waren, dass die Vision tatsächlich bearbeitet werden kann.</p> <p>Im Wintersemester zeigen wir, in welchem Sinne Feedforward Neuronale Netze universelle Approximatoren für komplexe (d.h. nichtlineare und hochdimensionale) Systeme sind. Es wird dargestellt, dass sich das Lernen nicht auf die klassische Sichtweise einer nichtlinearen Regression beschränken lässt. Das liegt auch, aber nicht nur an den Weiterführungen zum Thema Deep-Learning. Wir werden auf die Unterschiede zwischen Regression und Klassifikation eingehen. Weiterführende Kapitel beschäftigen sich mit Unüberwachtem Lernen, Bilderkennung, Neuro-Fuzzy und komplexwertigen Systemen. In der Vorlesung wird auch darauf eingegangen, dass unsere Humane Intelligenz noch andere Qualitäten hat wir sollten Künstliche- und Humane-Intelligenz nicht als Verdrängungswettbewerb sehen, sondern nach einer optimalen Ergänzung suchen.</p> |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erkennen selbständig Aufgabenstellungen, in denen Neuronale Netze eine hilfreiche Lösungsmethode sind • sind in der Lage, die richtigen Netzstrukturen für echte Anwendungsprobleme zu konstruieren. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | mathematische Grundlagen aus dem Bachelor-Studium |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 30 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65723 | Mathematische Grundlagen zu Künstliche Intelligenz, Neuronale Netze und Data Analytics II Mathematical foundations of Artificial Intelligence, Neural Networks and Data Analytics 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 | Dr. Hans Georg Zimmermann |
| 5 | Inhalt | <i>The focus of this lecture is on the analysis of dynamical systems, or on data which are generated by dynamical systems. Time is a strong structure in modelling, which allows an in depth structural analysis before we touch data. An example is the following question: in which way influences past the present time?. The answer is a modelling of memory: how can we do this in an efficient way?. Large dynamical system (especially in economics) are only partially observable: how to handle the missing information?. In which way learning is helpful to solve this problem?. In many real world applications the dimensionality of the observables and even more the underlying state space is very large – if the dynamics evolves along a manifold in these large spaces, how can we use the manifold to make the task tractable?. In different coordinate systems the same observed dynamics might look different complicated: what is an optimal coordinate system to do the analysis and forecasting of a dynamical system?. A question which is always popping up in the challenge of forecasting is on the minimal number of observables: which are the relevant ones?. And Last but not least, if you do a prediction, are you able to say something about the uncertainty of the forecast?. In our neural network framework we can define descriptions of uncertainties beyond an expanding normal distribution. In the context of artificial intelligence it is natural, not only to ask for a good modelling but a combined optimal action planning. In which way we merge model building and action planning?. Finally we will touch the discussion between artificial intelligence entities and humans.</i> |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <i>The students independently recognize tasks in which neural networks are a helpful solution method and are able to construct the correct network structures for real application problems.</i> |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <i>Mathematical basics from the bachelor's degree. It is recommended to have attended the lecture during the winter semester. (Part I).</i> |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (15 Minuten) |

| | | |
|----|---|---|
| | | The lecture is planned as a block lecture exactly one week before the normal lecture period starts. Details can be found in the StudOn group. |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 30 h Eigenstudium: 120 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <i>Lecture slides</i> |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65860 | Modeling and analysis in continuum mechanics I | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Tutorial to Modeling and Analysis in Continuum Mechanics 1 Vorlesung: Modeling and Analysis in Continuum Mechanics 1 | - 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Dr. Marco Bresciani | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Günther Grün | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Theory of elasticity (geometrical non-linear modelling, objectivity and isotropy of energy functionals, linearised elasticity, polyconvexity, existence according to J. Ball) • Non-equilibrium thermodynamics and modelling in hydrodynamics (basic concepts in thermodynamics, balance equations, constitutive relations) • Parabolic function spaces and the Aubin-Lions lemma • Weak solution theory for incompressible Navier-Stokes equations | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • derive mathematical models for fluid mechanics and elasticity theory, • evaluate the predictive power of models using physical modelling assumptions and the qualitative characteristics of solutions, • apply analytical techniques to rigorously prove qualitative properties of solutions. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge in functional analysis and modelling is recommended. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• P.G. Ciarlet: Mathematical elasticity, North-Holland,• S.R. De Groot & P. Mazur: Non-equilibrium thermodynamics, Dover,• C. Eck, H. Garcke & P. Knabner: Mathematical Modeling, Springer,• L.C. Evans: Partial differential equations, AMS,• I. Liu: Continuum mechanics, Springer,• R. Temam: The Navier-Stokes equations, AMS Chelsea Publishing. |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65891 | Modelling and simulation of biomembranes Modeling and simulation of biomembranes | 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. Carsten Gräser | |
| 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 <ul style="list-style-type: none"> • 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 | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 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 | 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 65870 | Modeling, simulation and optimization (Practical Course) Modeling, simulation and optimization | 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. Carsten Gräser | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Modelling, analysis, simulation and/or optimization of problems in engineering or the natural sciences • Numerical algorithms for partial differential equation models (finite differences, finite elements, etc) • Continuous optimization and optimal control | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • work on problems in engineering or the natural sciences by constructing a suitable mathematical model, • are able to simulate, analyze, and/or optimize the constructed mathematical model using numerical methods, • are able to implement processes using their own or specified software and critically evaluate the results, • are able to set out their approaches and results in a comprehensible and convincing manner, making use of appropriate presentation techniques, • are able to develop and set out in writing the theories and problem solutions they have developed. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Modeling and Analysis in Continuum Mechanics I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | Seminararbeit+Vortrag Seminararbeit+Vortrag | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Seminararbeit+Vortrag (50%) Seminararbeit+Vortrag (50%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 42 h Eigenstudium: 108 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | Project-dependent. Will be published on StudOn at the beginning of the semester. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65887 | Modul Conservation Laws Module: Conservation laws | 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 | Dr. Lukas Pflug | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • (Non-)local conservation laws in applications • Linear scalar transport equations and conservation laws • Linear multi-D transport equations and conservation laws • Method of characteristics • Fixed-point methods in Banach spaces • Existence and uniqueness of nonlocal conservation laws • Maximum principles • Regularity and stability of solutions • Local conservation laws, Entropy solutions; • The singular limit problem – approximation of local Entropy solutions by nonlocal conservation laws • Numerical methods | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students learn the basic theory on nonlocal conservation laws, apply approximation results, learn fixed-point approaches in Banach spaces and understand the applicability of conservation laws in the applied sciences. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Some basic knowledge in PDE is of advantage, Sobolev spaces. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Bressan, Alberto. Hyperbolic systems of conservation laws: the one-dimensional Cauchy problem. Vol. 20. Oxford University Press on Demand, 2000. • Keimer, Alexander, and Lukas Pflug. "Existence, uniqueness and regularity results on nonlocal balance laws." <i>Journal of Differential Equations</i> 263.7 (2017): 4023-4069. • Coclite, Giuseppe Maria, et al. "A general result on the approximation of local conservation laws by nonlocal conservation laws: The singular limit problem for exponential kernels." <i>Annales de l'Institut Henri Poincaré C</i> (2022). • Blandin, Sebastien, and Paola Goatin. "Well-posedness of a conservation law with non-local flux arising in traffic flow modeling." <i>Numerische Mathematik</i> 132.2 (2016): 217-241. • Aggarwal, Aekta, Rinaldo M. Colombo, and Paola Goatin. "Nonlocal systems of conservation laws in several space dimensions." <i>SIAM Journal on Numerical Analysis</i> 53.2 (2015): 963-983. |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65888 | Navier Stokes Equations Navier stokes 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. Emil Wiedemann | |
| 5 | Inhalt | <p>The incompressible Navier-Stokes equations (NSE) are a nonlinear system of partial differential equations fundamental for the modelling of fluid flow. They are extensively used in meteorology and oceanography, but also pose great mathematical challenges. Famously, global regularity of the three-dimensional NSE forms one of the seven Millennium Problems. This course serves as an introduction to the mathematical theory of these equations and includes the following topics:</p> <ul style="list-style-type: none"> • existence of weak solutions of Leray-Hopf type; • local-in-time existence of strong solutions; • the Prodi-Serrin criteria for regularity and energy balance; • partial regularity theory; • the singular limit of vanishing viscosity. <p>The course can be a good preparation for a subsequent master's thesis in the topic.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students know and understand the basic theory of the Navier-Stokes equations and have mastered important methods for systems of non-linear partial differential equations. They have a basic understanding of mathematical fluid dynamics. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Lineare Algebra, Analysis. Empfohlen: erste Kurse in partiellen Differentialgleichungen und Funktionalanalysis. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 | Deutsch oder Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|---|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• J. C. Robinson, J. L. Rodrigo, W. Sadowski: The Three-Dimensional Navier-Stokes Equations. Cambridge University Press, 2016.• P. Constantin, C. Foias: Navier-Stokes Equations. University of Chicago Press, 1988.• W. Ożański: The Partial Regularity Theory of Caffarelli, Kohn, and Nirenberg and its Sharpness. Birkhäuser, 2019.• E. Wiedemann: Navier-Stokes Equations: Lecture Notes. Universität Ulm, 2018/19. |
|----|--------------------------|---|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65059 | Neural Network Approximation Advanced topic in probability | 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 | <p>Ausgewählte Kapitel im Bereich der Approximation mittels Neuronaler Netze: z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einführung zu Neuronalen Netzen (Beispiele, Aktivierungsfunktionen, Kostenfunktionen, Neuronen, Aufbau eines Neuronalen Netzes) • Sätze aus der Approximationstheorie und Anwendungen auf Neuronale Netze (Dinis Theorem, Satz von Arzela-Ascoli, Satz von Stone-Weierstrass, Wieners Tauberian Theorem, Banachscher Fixpunktsatz) • Neuronale Netze als universale Approximatoren <p>weitere fortgeschrittene Themen (hinführend auf eine Masterarbeit)</p> <p>Selected chapters in the area of approximation using neural networks: e.g.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduction to neural networks (examples, activation functions, cost functions, neurons, structure of a neural network) • Theorems from approximation theory and applications to neural networks (Dini's theorem, Arzela-Ascoli's theorem, Stone-Weierstrass' theorem, Wiener's Tauberian theorem, Banach's fixed point theorem) • Neural networks as universal approximators • Further advanced topics (leading to a master thesis) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • arbeiten selbständig mit Literatur auf einem Spezialgebiet; • verwenden Präsentations- und Kommunikationstechniken, präsentieren mathematische Sachverhalte und diskutieren diese; <p>tauschen sich untereinander und mit dem Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen aus.</p> <p>The students</p> <ul style="list-style-type: none"> • work independently with literature in a specialized field; • use presentation and communication techniques, present mathematical facts and discuss them; • exchange information, ideas, problems and solutions with each other and with the lecturer. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>Empfohlen: Analysis-Module des Bachelorstudiums</p> <p>Recommended: Analysis modules of the Bachelor's program</p> | |

| | | |
|----|--|---|
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Wahlpflichtmodul in</p> <ul style="list-style-type: none"> • M.Sc. Mathematik (Studienrichtungen "Analysis und Stochastik", "Modellierung, Simulation und Optimierung") • M.Sc. Computational and Applied Mathematics (Studienrichtung "Modellierung und Simulation") • M.Sc. Wirtschaftsmathematik (Mathematische Wahlpflichtmodule) • M.Sc. Data Science (Mathematische Theorie/ Grundlagen der Data Science) |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>mündlich (20 Minuten)</p> <p>Vortrag und Handout</p> <p>Presentation and handout</p> |
| 11 | Berechnung der Modulnote | <p>mündlich (100%)</p> <p>Mündliche Prüfung (100%)</p> <p>Oral exam (100%)</p> |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 30 h</p> <p>Eigenstudium: 120 h</p> |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch oder Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • O. Calin: Deep Learning Architectures. A mathematical approach, Springer Series in the Data Sciences (2020). • I. Daubechies, R. DeVore, S. Foucart, B. Hanin, and G. Petrova: Nonlinear Approximation and (Deep) ReLU Networks, Constr. Approx. 55:127-172 (2022). • P. Grohs and F. Voigtlaender: Sobolev-type embeddings for neural network approximation spaces, Constr. Approx. 57:579-599 (2023). • C. Schneider and J. Vybiral: A multivariate Riesz basis of ReLU neural networks, to appear in ACHA (2023). • weitere Originalliteratur. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65952 | Nichtglatte Optimierung (nicht vertieft) Nonsmooth optimization (not advanced) | 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. Wolfgang Achtziger | |
| 5 | Inhalt | Auftreten nichtglatter Probleme, Vertiefung der Theorie zu konvexen Funktionen, lokal Lipschitz-stetige Funktionen, Subdifferential, Einblick in Subgradienten-Algorithmen etc. Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden Theorie und Funktionsweisen von numerischen Verfahren der Nichtglatten Optimierung (nicht vertieft). Die Studierenden stellen Probleme der nichtglatten Optimierung auf, untersuchen sie mathematisch und entwickeln numerische Lösungsmethoden, welche sie schließlich anwenden. Diese Fähigkeiten sind in naturwissenschaftlichen, medizinischen, wirtschaftswissenschaftlichen und technischen Anwendungen von Bedeutung. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> Beherrschung grundlegender Theorie und Methodiken der Nichtlinearen Optimierung aus den Bachelor-Studiengängen Mathematik, Technomathematik, Wirtschaftsmathematik (z.B. Abschluss des Moduls Nichtlineare Optimierung) oder Abschluss des Master-Moduls Optimierung in normierten Räumen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> W. Alt: Numerische Verfahren der konvexen, nichtglatten Optimierung, Teubner, 2004 | |

- J.P. Hiriart-Urruty, C. Lemarechal: Fundamentals of Convex Analysis, Springer, 2001
- M.M. Mäkelä, P. Neittaanmäki: Nonsmooth Optimization Analysis and Algorithms with Application to Optimal Control, World Scientific, 1992

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65883 | Nichtglatte Optimierung (vertieft) Nonsmooth optimization (advanced) | 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. Wolfgang Achtziger | |
| 5 | Inhalt | Auftreten nichtglatter Probleme, Vertiefung der Theorie zu konvexen Funktionen, lokal Lipschitz-stetige Funktionen, Subdifferential, Subgradienten-Algorithmien, Epsilon-Subdifferential, Bundle-Methoden etc. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden Theorie und Funktionsweisen von numerischen Verfahren der Nichtglatten Optimierung (vertieft). Die Studierenden stellen Probleme der nichtglatten Optimierung auf, untersuchen sie mathematisch und entwickeln numerische Lösungsmethoden, welche sie schließlich anwenden. Diese Fähigkeiten sind in naturwissenschaftlichen, medizinischen, wirtschaftswissenschaftlichen und technischen Anwendungen von Bedeutung. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Beherrschung grundlegender Theorie und Methodiken der Nichtlinearen Optimierung aus den Bachelor-Studiengängen Mathematik, Technomathematik, Wirtschaftsmathematik (z.B. Abschluss des Moduls „Nichtlineare Optimierung“) oder Abschluss des Master-Moduls „Optimierung in normierten Räumen“. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | W. Alt: Numerische Verfahren der konvexen, nichtglatten Optimierung, Teubner, 2004 | |

J.P. Hiriart-Urruty, C. Lemarechal: Fundamentals of Convex Analysis, Springer, 2001

M.M. Mäkelä, P. Neittaanmäki: Nonsmooth Optimization – Analysis and Algorithms with Application to Optimal Control, World Scientific, 1992

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65904 | Numerics of incompressible flows 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. Eberhard Bänsch | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Mathematical modelling of (incompressible) flows • Variational formulation, existence and (non-)uniqueness of solutions to the stationary Navier-Stokes (NVS) equations • Stable finite element (FE) discretization of the stationary (Navier) Stokes equations • Error estimates • Solution techniques for the saddle point problem | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • explain and apply the mathematical theory for the stationary, incompressible Navier-Stokes equations, • analyse FE discretization for the stationary Stokes equations and apply them to practical problems, • explain the meaning of the inf-sup condition, • choose the appropriate function spaces, stabilisation techniques and solution techniques and apply them to concrete problem settings. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Advanced discretization techniques | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • V. Girault, P.-A. Raviart: Finite element methods for the Navier-Stokes equations. Theory and algorithms. Springer 1986 | |

- H. Elman, D. Silvester, A. Wathen: Finite elements and fast iterative solvers: with applications in incompressible fluid dynamics. Oxford University Press 2014
- R. Temam: Navier-Stokes equations. Theory and numerical analysis. North Holland

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 407487 | Numerical Aspects of Linear and Integer Programming Numerical aspects of linear and integer 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 | Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Revidiertes Simplexverfahren (mit Schranken) • Phase I des Verfahrens • Duales Simplexverfahren • LP Presolve/Postsolve • Skalierung • MIP Solution Techniques <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. In den Übungen werden die Studierenden von einem Übungsgruppenleiter betreut.</p> |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden im Rahmen der Vorlesung Methoden und numerische Verfahren, die zur Lösung von Linearen und Gemischt-ganzzahligen Programmen in der Praxis Anwendung finden. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Lineare Algebra, Lineare und Kombinatorische Optimierung |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 36 h Eigenstudium: 114 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • V. Chvátal: Linear Programming, W. H. Freeman and Company, New York, 1983 • L.A. Wolsey: Integer Programming, John Wiley and Sons, Inc., 1998 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65905 | Numerics of incompressible flows 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Variational formulation of the instationary Stokes and Navier-Stokes (NVS) equations • Existence and uniqueness of solutions to the instationary Stokes and NVS equations • Time discretisation methods • Fully discrete equations and error estimates • Solution techniques • Operator splitting, projection methods • More general boundary conditions • Coupling of NVS with temperature equation • Computational experiments with academic or commercial codes | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • discretize the instationary NVS equations in time and space, • explain and analyse discretisation schemes and operator splitting techniques, • choose appropriate algorithms for given flow problems and solve them with academic or commercial software. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Advanced discretization techniques, Numerics of incompressible flows I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • V. Girault & P.-A. Raviart: Finite element methods for the Navier-Stokes equations. Theory and algorithms. Springer 1986 | |

- H. Elman, D. Silvester & A. Rathen: Finite elements and fast iterative solvers: with applications in incompressible fluid dynamics. Oxford University Press 2014
- R. Glowinski: Finite Element Methods for Incompressible Viscous Flow, in : Handbook of Numerical Analysis vol. IX
- R. Temam: Navier-Stokes equations. Theory and numerical analysis. North Holland

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65908 | Numerics of stochastic evolution 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 | Prof. Dr. Günther Grün | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Strong and weak approximations, explicit and implicit schemes for stochastic differential equations (SDEs), • Consistency, stability, convergence, • Monte Carlo methods, variance-reduction schemes. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • have critical understanding of capabilities of numerical schemes for stochastic differential equations, • are capable to use own or commercial software for SDEs and to judge results critically. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge in probability theory and in numerics is recommended. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • P.E. Kloeden & E. Platen: Numerical solution of stochastic differential equations • B. Lapeyre, E. Pardoux & R. Sentis: Introduction to Monte Carlo methods for transport and diffusion equations | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65954 | Numerik der Optimalen Steuerungen Numerics of optimal control | 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. Hannes Meinlschmidt | |
| 5 | Inhalt | <p>The following topics are covered: Discretization methods for differential equations, aspects of nonlinear optimization methods, direct discretization methods (fully and reduced discretized), indirect methods based on discretization of necessary optimality conditions as well as methods for efficient sensitivity calculations with internal numerical differentiation and adjoint equations.</p> <p>The material is presented in lecture form. Further acquisition of the essential concepts and techniques takes place through self-study of accompanying literature and the completion of exercises, supported by meetings within the tutorials.</p> <p>By default, the lecture will be given in English (in German only if all participants agree).</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students explain and use numerical methods for optimal control problems with ordinary differential equations and differential algebraic equations. They apply basic concepts of solution methodology using direct and indirect discretization methods for application problems, for example in technology or economics. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Basic knowledge in numerics, in theory of ordinary differential equations, and in optimization. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | M. Gerds, Optimal Control of ODEs and DAEs, De Gruyter, 2012. |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65878 | Numerische Behandlung Elliptischer PDEs Numerical methods of elliptic PDEs | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Elliptische Differentialgleichungen • Schwache Lösungen • Variationsformulierung • Galerkin Verfahren • Finite Elemente | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden sollen</p> <ul style="list-style-type: none"> • die Grenzen der Standardverfahren erkennen, wenn die Problemstellung besondere Anforderungen mit sich bringt, • lernen, problemadäquate Lösungen zu finden, • beispielhaft nachvollziehen, wie konkrete praktische Entwicklungen die Fragestellungen der angewandten Mathematik beeinflussen, • 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 einem Publikum und bei der Diskussion verbessern. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Empfohlen: Basis- und Aufbaumodule Numerik | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 | |

| | | |
|----|--------------------------|--|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Hackbusch, W., Theorie und Numerik elliptischer Differentialgleichungen, Teubner 1986• Brenner, S.C., Scott, L.R, The mathematical theory of finite element methods, Springer, 1994 |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65923 | Optimization in industry and economy | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Optimization in Industry and Economy (Mathematics of Learning) Übung: Übung zu Optimization in Industry and Economy (Mathematics of Learning) | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann |
| 5 | Inhalt | This course focuses on modeling and solving real-world optimization problems occurring in industry and economics. Advantages and disadvantages of different modeling techniques will be outlined. In order to achieve efficient solution approaches, different reformulations and their numerical results will be discussed. Students will learn how to present optimization results properly as well as how to interpret and evaluate these results for practical applications. The latter may include but is not limited to the optimization of transport networks (gas, water, energy), air traffic management and mathematical modeling/optimization of market mechanisms in the energy sector. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • model complex real-world optimization problems with respect to efficient • solvability, • classify the models and use appropriate solution strategies, • evaluate the achieved computational results. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Modul LKOpt: Linear and combinatorial optimization |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (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 | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• Lecture notes (will be published on StudOn at the beginning of the semester)• Up-to-date research literature (will be published on StudOn at the beginning of the semester) |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65921 | Optimization with partial differential equations (advanced) Optimization with partial 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 | Prof. Dr. Michael Stingl | |
| 5 | Inhalt | Several of the following topics: <ul style="list-style-type: none"> • Optimization and control in Banach spaces • Concepts of controllability and stabilization • Optimal control of Partial differential equations • Singular Perturbations and asymptotic analysis • Numerical realizations of optimal controls • Technical, medical and economic applications | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students <ul style="list-style-type: none"> • explain and use theory as well as numerical methods for optimization, control and stabilization in the context of partial differential equations, • apply these abilities to technical and economic applications. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge in numerics, partial differential equations, and nonlinear optimization is recommended. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • F. Tröltzsch: Optimal Control of Partial Differential Equations, AMS • G. Leugering & P. Kogut: Optimal Control of PDEs in Reticulated Domains, Birkhäuser | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65123 | Partielle Differentialgleichungen I Partial differential equations I | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Übungen zu Partielle Differentialgleichungen I Vorlesung: Partielle Differentialgleichungen I | - 10 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Emil Wiedemann | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Günther Grün | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> schwache Existenztheorie elliptischer Gleichungen zweiter Ordnung Regularität schwacher Lösungen (Differenzenquotientenmethode, Moser, Harnack) Wärmeleitungsgleichung in Hölderräumen, Vergleichssätze <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 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 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> 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 409733 | Partielle Differentialgleichungen II Partial differential equations 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. Günther Grün | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • direkte Methoden der Variationsrechnung, Existenz im konvexen Fall, Hölder-Regularität • Die Wärmeleitungsgleichung und andere parabolische Gleichungen • Die Wellengleichung und andere hyperbolische Gleichungen • Weitere ausgewählte Themen, z.B.: • Energiemethoden • Viskositätslösungen • skalare Erhaltungsgleichungen • parabolische p-Laplace und poröse Mediengleichung (Regularität, qualitative Eigenschaften, usw.) • Gleichungen vierter Ordnung <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden wenden Methoden für Existenzbeweise bei nichtlinearen Gleichungen an, und erweitern ihr Methodenspektrum für Lösungskonzepte und Eindeutigkeitsresultate. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Partielle Differentialgleichungen I als dringende Empfehlung | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 Sommersemester | |
| 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 | <ul style="list-style-type: none">• L. C. Evans, Partial Differential Equations, AMS 1997• D. Gilbarg, N. S. Trudinger, Elliptic Partial Differential Equations, Springer 1983• E. DiBenedetto, Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001• E. Giusti, Direct methods in the calculus of variations. World Scientific Publishing 2003• Vorlesungsskriptum |
|----|--------------------------|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65081 | Partielle Differentialgleichungen III Partial differential equations 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 | <p>Regularitätstheorie des elliptischen und parabolischen p-Laplace Operators:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschränktheit schwacher Lösungen, • Hölder-Stetigkeit schwacher Lösungen, • Differenzierbarkeit schwacher Lösungen. <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch wöchentliche Hausaufgaben.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erarbeiten sich einen Überblick über die Regularitätstheorie degeneriert elliptischer und parabolischer Differentialgleichungen. Sie verwenden die Konzepte von DeGiorgi und DiBenedetto und nutzen diese zum Beweis von Regularitätsresultaten. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Module zu Partielle Differentialgleichungen des Bachelorstudiums (insbesondere Kenntnis von Sobolev-Räumen) | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 7 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (20 Minuten) | |
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> • E. DiBenedetto: Partial Differential Equations, Birkhäuser 2001 • L. C. Evans: Partial Differential Equations, AMS 1997 • E. DiBenedetto: Degenerate Parabolic Equations, Springer 1993 • E. DiBenedetto, U. Gianazza, V. Vesprì: Harnack's Inequality and Singular Parabolic Equations, Springer 2012 | |

- Vorlesungsskriptum

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65877 | Polynomial Optimization and Application | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Übung: Exercise Polynomial optimization and applications Vorlesung: Polynomial optimization and applications | - 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Giovanni Fantuzzi | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Giovanni Fantuzzi | |
| 5 | Inhalt | <p>Polynomial optimization problems (POPs) form a broad class of optimization problems that find applications to control theory, dynamical systems, optimal transport, power flow networks, fluid mechanics, and many other fields. This course will introduce students to a modern approach to solving POPs through semidefinite programming techniques. More specifically, the course will cover:</p> <ul style="list-style-type: none"> • The basics of semidefinite programs • The theory of sum-of-squares (SOS) polynomials • Moment-SOS hierarchies for polynomial optimization problems • Applications (e.g. to dynamical system analysis) <p>Students will also have the opportunity to put the theory into practice with “hands-on” practical assignments.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>By the end of the course, students should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Explain what polynomial optimization problems (POPs) are • Give examples of applications where POPs arise • Formulate semidefinite programming relaxations of POPs • Apply moment-SOS hierarchies to a range of problems • Solve POPs in practice using existing software | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Previous experience with optimization (especially convex and/or conic optimization) and with differential equations is desirable. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 45 h Eigenstudium: 105 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | | |

16

Literaturhinweise

Lecture notes will be provided as the course progresses. A reading list will also be provided at the start of the course.

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 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 | Vorlesung: Practical Course on Finite Element Methods for Phase-Separation Equations | 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Dr. Stefan Metzger | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Günther Grün | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Finite element discretization for Cahn-Hilliard equations, • Storage concepts for sparse matrices, • Adaptive mesh refinement. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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 562819 | Projektseminar Optimierung (Master) Optimisation project with computer exercises (Master) | 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. Frauke Liers-Bergmann | |
| 5 | Inhalt | Anhand einer konkreten Anwendung sollen die im Studium bis dahin erworbenen Kenntnisse zu mathematischen Optimierungsmodellen und -methoden umgesetzt werden. Der Inhalt ergibt sich aus einer aktuellen Problemstellung häufig in enger Zusammenarbeit mit einem Industriepartner. Als Beispiele seien genannt die Wasserversorgung einer Stadt, die Gestaltung einer energieeffizienten Fassade eines Bürogebäudes oder das Baustellenmanagement im Schienenverkehr. Das Seminar wird als Projekt durchgeführt. Das heißt, Studierende werden in Teams von bis zu 4 Personen, die in der ersten Woche ausgehändigte Aufgabenstellung im Laufe des Semesters bearbeiten. Am Ende des Semesters werden die Teams ihre Lösungsvorschläge vorstellen und vergleichen. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • führen selbständig in Teams ein größeres Projekt durch, in dem sie eine reale Fragestellung modellieren, Lösungsverfahren entwickeln und implementieren und ihre Ergebnisse auf die Praxis anwenden; • präsentieren die Ergebnisse der Projektarbeit und diskutieren diese; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> • Lineare Algebra • Lineare und Kombinatorische Optimierung | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich Vortrag 45 Minuten und schriftliche Ausarbeitung 5-10 Seiten | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (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 65721 | Reading Course: Partielle Differentialgleichungen Reading course: Partial 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 | <p>ausgewählte Kapitel im Bereich der partiellen Differentialgleichungen: z.B.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Existenz- und Regularitätstheorie für parabolische PDGLen • Eigenwerte von elliptischen Differentialoperatoren • Nichtlineare PDGLen • Variationsrechnung | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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, Partielle Differentialgleichungen I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | <p>Variabel</p> <p>Vortrag (60 Min) + schriftliche Ausarbeitung (5-15 Seiten)</p> | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | Variabel (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | <p>Präsenzzeit: 30 h</p> <p>Eigenstudium: 120 h</p> | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • D.D. Haroske, H. Triebel: Disributions, Sobolev spaces, Elliptic equations (2007). • L.C. Evans: Partial Differential Equations (1998). • D. Gilbarg, N.S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations, Springer (1983). | |

- | | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none">• B. Schweizer, Partielle Differentialgleichungen, Springer (2013).• Originalliteratur. |
|--|--|

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65957 | Reelle Analysis Reelle analysis | 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. Jens Habermann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • BMO-Räume • Satz von John-Nirenberg • Riesz-Potentiale • Höhere Integrierbarkeit • Gehring-Lemma | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und verwenden mathematische Sichtweisen und Techniken der reellen Analysis, die u.a. in den Bereichen Partielle Differentialgleichungen und Variationsrechnung erforderlich sind. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundvorlesungen Analysis I-III | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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: 30 h Eigenstudium: 120 h | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Adams & Hedberg: Function spaces and potential theory • Stein: Singular Integrals and Differentiability Properties of Functions • Gafrakos: Classical Fourier Analysis | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65918 | Robust optimization 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. Frauke Liers-Bergmann | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> In practice, provided data for mathematical optimization problems is often not fully known. Robust optimization aims at finding the best solution which is feasible for input data varying within certain tolerances. The lecture covers advanced methods of robust optimization in theory and modeling. In particular, robust network flows, robust integer optimization and robust approximation are included. Further, state-of-the-art concepts, e.g., "light robustness" or "adjustable robustness" will be discussed by means of real-world applications. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> will be able to identify complex optimization problems under uncertainties as well as suitably model and analyze the corresponding robust optimization problem with the help of advanced techniques of robust optimization, learn the handling of appropriate solving techniques and how to analyze the corresponding results. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <ul style="list-style-type: none"> Recommended: Robust Optimization I | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 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 | <ul style="list-style-type: none"> Lecture notes, will be published on StudOn at the beginning of the semester. | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65789 | Selected Topics in Mathematics of Learning Selected topics in mathematics of learning | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Selected Topics in Mathematics of Learning Übung: Übung Selected Topics in Mathematics of Learning | 5 ECTS - |
| 3 | Lehrende | Dr. Marius Yamakou | |

| | | |
|----|--|---|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Frauke Liers-Bergmann |
| 5 | Inhalt | Advanced methods of mathematical data science, with a focus on teaching mathematical principles of learning processes. |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students gain fundamental theoretical knowledge of learning algorithms in Data Science and will be able to apply the methodologies in a Data Science context. |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Basic knowledge in numerical methods and optimization are recommended. |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | S. Wright, B. Recht: Optimization for Data Analysis (2022). |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 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. <ul style="list-style-type: none"> • Satz von Stone-Weierstrass, Satz von Korovkin, Müntz-Sätze, Haarscher Eindeutigkeitsatz, Sätze vom Jackson-Bernstein-Typ • Approximation mit Splines und Wavelets, Entropie, Approximations- und Kolmogorovzahlen | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • 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: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • 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, Studentexte Mathematik, Akad. Verlagsgesellsch. Wiesbaden (1978)
- A. Schönhage: Approximationstheorie, De Gruyter, Berlin (1971).
- Originalliteratur.

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 364959 | Steuerung partieller Differentialgleichungen Control 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 | apl. Prof. Dr. Martin Gugat | |
| 5 | Inhalt | 1) Existenz und Eindeutigkeit der Lösung von Anfangsrandwertproblemen (ARWP) 2) Konzepte der exakten Steuerbarkeit 3) Optimale Steuerung für hyperbolische Systeme 4) Sensitivitätsanalyse 5) Exponentielle Stabilität, Lyapunovfunktionen 6) Verzögerungen 7) Randstabilisierung 8) Unsicherheit | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden <ul style="list-style-type: none"> • nennen und erklären exemplarische Grundbegriffe zu Problemen der optimalen Steuerung und der Stabilisierung von ARWP mit der Wellengleichung; • stellen Probleme der optimalen Steuerung auf und analysieren sie; • entwickeln stabilisierende Rückkopplungssteuerungen und beweisen die exponentielle Stabilität. Diese Fähigkeiten sind für technische und naturwissenschaftliche Anwendungen von besonderer Bedeutung. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Kenntnisse in Analysis, linearer Algebra und Grundlagen der Funktionalanalysis | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • F. Tröltzsch, Steuerung partieller Differentialgleichungen, Vieweg Verlag 2003. • J.-M. Coron, Control and Nonlinearity, AMS 2007. • G. Bastin and J.-M. Coron, Stability and Boundary Stabilization of 1-d hyperbolic Systems • M. Gugat, Optimal Boundary Control and Boundary Stabilization of Hyperbolic Systems, Springer 2015 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65909 | Subspace correction methods | 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. Carsten Gräser | |
| 5 | Inhalt | 1) Subspace correction as an abstract framework to construct and analyse efficient iterative methods 2) Analysis of additive and multiplicative subspace correction 3) Multigrid and domain decomposition as subspace correction methods 4) Nonlinear subspace correction methods | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students are <ul style="list-style-type: none"> familiar with the abstract subspace correction framework can select problem adapted methods can analyse specific methods within the framework | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Introduction to numerical methods for PDEs Recommended: Basic knowledge of functional analysis (but the necessary terminology and results are briefly provided during the lecture) | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 3;1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (15 Minuten) oral exam (15 min) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) 100% based on oral exam | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Wintersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> H. Yserentant: Old and New Convergence Proofs for Multigrid Methods, Acta Numer. 1993 J.-C. Xu: Iterative Methods by Space Decomposition and Subspace Correction, SIAM Rev., 1992 Further literature and publications are announced during the lecture | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65959 | Theorie der Optimalsteuerungen Optimal control 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. Hannes Meinlschmidt | |
| 5 | Inhalt | <p>Grundlagen zu folgenden Themen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diskrete und kontinuierliche Dynamische Systeme in allgemeinen Räumen • Eingabe- und Ausgabeoperatoren, Beobachter und Aktuatoren • Lösungstheorie und qualitative Theorie • Steuerbarkeit und Stabilisierbarkeit • Restriktionen für Steuerungen und Zuständen • Open-Loop- und Closed-Loop-Steuerungen • Pontriagin'sches Maximum-Prinzip • Dynamische Programmierung • Numerische Realisierung optimaler Steuerungen <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • erklären und verwenden eine vertiefte Theorie und vertiefte numerische Methoden im Umgang mit der Steuerung, Stabilisierung und Optimalsteuerung im Kontext der gewöhnlichen Differentialgleichungen. Diese Fähigkeiten sind sowohl in naturwissenschaftlichen, medizinischen, wirtschaftswissenschaftlichen als auch und insbesondere in Ingenieurwissenschaften von Bedeutung. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <p>empfohlen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundkenntnisse der Numerik, der gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen, der Optimierung | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 2;1;3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich mündliche 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 | <ul style="list-style-type: none">• E. Sontag, Mathematical Control Theory, Springer-Verlag 2000• F. Tröltzsch, Steuerungstheorie Partieller Differentialgleichungen, Vieweg Verlag, 2003 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65902 | Transport and reaction in porous media: Modelling | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Modeling of fluid flow through a porous medium: Groundwater models, saturated and unsaturated porous medium (Richards equation) • Advection, diffusion, dispersion of dissolved substances, (nonlinear) reaction-models (i.a. law of mass action, kinetic / reversible reactions in local equilibrium), the stoichiometric matrix • Models of partial (PDEs), ordinary (ODEs) differential equations, and local algebraic conditions • Nonnegativity, boundedness, global existence of solutions, necessary model assumptions in the case of a pure ODE model as well as for a PDE model • Existence and uniqueness of stationary solutions in the stoichiometric space (i.a. introduction to the Feinberg network theory) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • are able to model flow and reaction processes in porous media on macro- and micro-scale using partial differential equations, • possess the techniques and the analytical foundations to assess the global existence of solutions. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Recommended: Basic knowledge in differential equations | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | nur im Sommersemester | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |

16

Literaturhinweise

- S. Kräutle: lecture notes <https://www.math.fau.de/kraeutle/vorlesungsskripte/>
- C. Eck, H. Garcke, P. Knabner: Mathematical Modeling, Springer
- J.D. Logan: Transport Modeling in Hydrogeochemical Systems, Springer
- M. Feinberg: lecture notes <https://cbe.osu.edu/chemical-reaction-network-theory>

| | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65903 | Transport and reaction in porous media: Simulation | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Transport and reaction in porous media: Simulation | - |
| 3 | Lehrende | apl. Prof. Dr. Serge Kräutle | |

| | | | |
|----|--|--|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | apl. Prof. Dr. Serge Kräutle | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Degenerate parabolic differential equations as multiphase flow models: formulation, model derivation through asymptotic expansion, nonlinear solution methods, discretization methods • Sorption reactions and mineral precipitation-dissolution reactions, formulations as complementarity problems • Models for transport and reactions in porous media, consisting of coupled PDEs and ODEs, if necessary coupled to algebraic equations (AEs) and inequalities for the description of local equilibria (differential-algebraic system) • Different formulations of the system • Different numerical strategies: operator splitting, direct substitutional approach, change of variables and combination/elimination of equations (xi-eta-method), as a basis for different software packages for numerical simulations, connection to optimisation (minimization of Gibbs free energy under constraints) • Treatment of numerical difficulties (nonsmooth equations, treatment of complementarity conditions, guarantee of nonnegativity of numerical solutions of the nonlinear problems, range of convergence of Newton's method, scaling problems, advection dominated problems) | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Students</p> <ul style="list-style-type: none"> • use methods for the numerical solving of a class of problems whose complexity goes significantly beyond standard problems (Poisson and heat equation): coupled nonlinear partial and ordinary differential equations (PDEs, ODEs) and algebraic equations (AEs), • put strategies for the treatment of possible difficulties during the numerical solving into practice. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | <ul style="list-style-type: none"> • Recommended: Basic knowledge in differential equations, • Also useful: Transport and Reaction in Porous Media: Modeling | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich | |

| | | |
|----|---|---|
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 37,5 Eigenstudium: 112,5 |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • P. Knabner & L. Angermann: Numerical Methods for Elliptic and Parabolic Partial Differential Equations, Springer • Journal articles will be named in the lecture • Handbooks of Software Packages https://en.www.math.fau.de/angewandte-mathematik-1/forschung/software-2 |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65971 | Unitäre Darstellungstheorie Unitary representation theory | 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 | <ul style="list-style-type: none"> • Diskrete und kontinuierliche Zerlegung von Darstellungen • Darstellungen kompakter und abelscher Gruppen, Satz von Stone • Abgeleitete Darstellungen, Integrationsprobleme • Projektive Darstellungen, zentrale Erweiterungen • Spektralmasse und direkte Integrale • Reproduzierende Kerne und positiv definite Funktionen (GNS-Konstruktion) • Darstellungen semidirekter Produkte • Fockraeume und zweite Quantisierung <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • verwenden die zentrale Methoden der Darstellungstheorie auf Hilberträumen und bearbeiten mit deren Hilfe Zerlegungs- und Klassifikationsprobleme • ordnen Methoden aus den Bereichen Algebra und Funktionalanalysis in einen übergreifenden Kontext ein und wenden sie dort an. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Grundkenntnisse in Funktionalanalysis (Operatoren auf Hilberträumen), Grundkenntnisse über Matrixgruppen oder Lie-Gruppen, wie sie in der gleichnamigen Vorlesung bereitgestellt werden, sind nützlich. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1;2;3 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich Dauer der mündlichen Prüfung: 20 Min. | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | jedes 4. Semester | |

| | | |
|----|---|---|
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 h Eigenstudium: 225 h |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 Semester |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Deutsch |
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none"> • Vorlesungsskript zu diesem Modul (auf StudOn) • G. Mackey, Unitary group representations, Addison Wesley • G. B. Folland, A course in abstract Harmonic Analysis, CRC Press |

| | | | |
|---|-----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 930178 | Variationsrechnung Calculus of variations | 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. Manuel Friedrich | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Direkte Methode der Variationsrechnung • Euler-Lagrange-Gleichung • Konvexitätsbegriffe und Existenzsätze • Sobolev-Räume • Regularitätsaussagen <p>Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Einige Begriffe werden auch mit Übungen präsentiert.</p> | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erlernen und erarbeiten die wichtigsten Begriffe aus der Variationsrechnung, mit besonderem Gewicht auf dem mehrdimensionalen Fall. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: Partielle Differentialgleichungen I, Funktionalanalysis | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none"> • M.Giaquinta, S. Hildebrandt, Calculus of Variations (Springer 2004) • E. Giusti, Direct Methods in the Calculus of Variations (World Scientific 2003) | |

| | | | |
|---|----------------------------------|---|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65960 | Vertiefte Nichtlineare Optimierung Advanced 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 | Vertiefung von Optimalitätsbedingungen für restringierte Probleme, Vertiefung der Theorie und Algorithmen zu Barriere- und Penalty-Verfahren, erweiterte Penalty-Funktionen, Innere-Punkte-Methoden, Quadratische Optimierung, SQP-Verfahren, Einblick in spezielle Problemklassen und Optimierungsverfahren (z.B. Semidefinite Programmierung oder Conic Programming). Die Präsentation des Stoffes erfolgt in Vorlesungsform. Die weitere Aneignung der wesentlichen Begriffe und Techniken erfolgt durch Selbststudium begleitender Literatur, unterstützt durch Zusammenkünfte innerhalb der Übungen. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Die Studierenden erklären und erweitern die Grundlagen zur Theorie und zu numerischen Verfahren der Nichtlinearen Optimierung, erklären und verwenden grundlegende Konzepte von Lösungsmethoden und modellieren und lösen Anwendungsprobleme, etwa aus Technik oder Ökonomie, mathematisch korrekt. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | empfohlen: <ul style="list-style-type: none"> Beherrschung grundlegender Theorie und Methodiken der Nichtlinearen Optimierung aus den Bachelor-Studiengängen Mathematik, Technomathematik, Wirtschaftsmathematik (z.B. Abschluss des Moduls Nichtlineare Optimierung) oder Abschluss des Master-Moduls Optimierung in normierten Räumen | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | Semester: 1 | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master 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 | <ul style="list-style-type: none">• 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 65950 | Seminar | 5 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Hauptseminar: Seminar zur Topologie Seminar: Seminar Optimization | 5 ECTS 5 ECTS |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Kang Li Prof. Dr. Timm Oertel | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Timm Oertel | |
| 5 | Inhalt | Die aktuell angebotenen Themen werden von den Dozenten rechtzeitig bekannt gegeben. | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | <p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 und präsentieren die mathematischen Sachverhalte in mündlicher und schriftlicher Form; • tauschen sich untereinander und mit den Dozenten über Informationen, Ideen, Probleme und Lösungen auf wissenschaftlichem Niveau aus. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | nach Vorgabe der Dozentin/des Dozenten | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | <p>Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192</p> <p>Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192</p> | |
| 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 oder Englisch | |
| 16 | Literaturhinweise | | |

| | | | |
|---|----------------------------------|--|----------------|
| 1 | Modulbezeichnung 65273 | Semigroups of linear operators | 10 ECTS |
| 2 | Lehrveranstaltungen | Vorlesung: Semigroups of linear operators The course will take place in room 04.324 (4.0 SWS, WiSe 2024) Übung: Übungen zu Semigroups of linear operators (2.0 SWS, WiSe 2024) | - - |
| 3 | Lehrende | Prof. Dr. Eberhard Bänsch | |

| | | | |
|----|--|---|--|
| 4 | Modulverantwortliche/r | Prof. Dr. Eberhard Bänsch | |
| 5 | Inhalt | <ul style="list-style-type: none"> • Unbounded, closed operators • generators and semigroups • resolvent of a semigroup • Hille-Yosida-Theorem; Lumer-Phillips-Theorem; evolution equations • perturbation and approximation | |
| 6 | Lernziele und Kompetenzen | Students are familiar with unbounded operators. They understand the interlink between semigroups and operators. Furthermore, they can apply semigroup theory to the solution of evolution equations. | |
| 7 | Voraussetzungen für die Teilnahme | Strongly recommended: knowledge in functional analysis. Recommended: some basics about PDEs and maybe some notion of stochastic processes. | |
| 8 | Einpassung in Studienverlaufsplan | keine Einpassung in Studienverlaufsplan hinterlegt! | |
| 9 | Verwendbarkeit des Moduls | Studienrichtung Algebra und Geometrie Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Analysis und Stochastik Master of Science Mathematik 20192 Studienrichtung Modellierung, Simulation und Optimierung Master of Science Mathematik 20192 | |
| 10 | Studien- und Prüfungsleistungen | mündlich (20 Minuten) | |
| 11 | Berechnung der Modulnote | mündlich (100%) | |
| 12 | Turnus des Angebots | Unregelmäßig irregularly | |
| 13 | Arbeitsaufwand in Zeitstunden | Präsenzzeit: 75 hrs Eigenstudium: 225 hrs | |
| 14 | Dauer des Moduls | 1 semester Semester | |
| 15 | Unterrichts- und Prüfungssprache | Englisch | |

| | | |
|----|--------------------------|---|
| 16 | Literaturhinweise | <ul style="list-style-type: none">• David Applebaum: Semigroups of linear operators (can be downloaded through https://www.cambridge.org/core/books/semigroups-of-linear-operators/)• Ronald Schnaubelt: Lecture Notes on Evolution Equations (pdf will be made available for the participants)• Klaus-Jochen Engel; Rainer Nagel: A short course on operator semigroups, Universitext, Springer 2006 |
|----|--------------------------|---|