Universität Konstanz

Modulhandbuch Master Mathematik

Fachbereich Mathematik und Statistik

Stand 22.06.2018

Inhaltsverzeichnis

1 Qualifikationsziele

Das Mathematikstudium ist eine wissenschaftliche Ausbildung, die die Grundlage für eine spätere Berufstätigkeit in vielfältigen Zweigen der Wirtschaft, Industrie oder Forschung bildet. Das Hauptaugenmerk dieser Ausbildung dient dem Erlernen mathematischer Theorien und Methoden, der praktischen Umsetzung und Anwendung dieser Methoden sowie der Fähigkeit, dieses Wissen zu kommunizieren. Neben der Vermittlung von speziellem mathematischem Wissen werden dabei spezifische Denk- und Arbeitsformen erworben, die sich durch Abstraktionsvermögen, Rigorosität, Kreativität und Hartnäckigkeit auszeichnen. Da diese Fähigkeiten in weiten Bereichen von Industrie und Wirtschaft sowie an Schulen und Hochschulen gefragt sind und darüber hinaus von gesellschaftlicher Relevanz sind, stellen sie ein wichtiges Ziel dar, das auf dem Weg der Beschäftigung mit Mathematik automatisch vermittelt wird. Durch die intensive aktive Auseinandersetzung mit mathematischen Inhalten erfahren die Studierenden eine Flexibilität und Offenheit des Denkens, gepaart mit Strenge und Selbstkritik, die auch auf andere Bereiche des professionellen und öffentlichen Lebens ausdehnbar ist. Durch den aktiven Erwerb fundierter mathematischer Erkenntnisse erhalten die Studierenden die Befähigung zum Erkennen von Analogien und Grundmustern sowie die Fähigkeit zum Erkennen, Formulieren und Lösen von komplexen Problemen. Sie üben das konzeptionelle, analytische und logische Denken ein und entwickeln Lernstrategien für lebenslanges Lernen. Der konsekutive Masterstudiengang Mathematik hat das Ziel einer Erweiterung der mathematischen Grundkenntnisse sowie einer Vertiefung, die bis zum Kontakt mit aktueller Forschung in einem der in Konstanz vorhandenen Schwerpunkte (siehe unten) reicht. Absolventen der Master-Studiengänge sind in der Lage, mathematische Methoden und Modelle anzuwenden und selbstständig weiterzuentwickeln. Durch die Anfertigung der Master-Arbeit werden in sehr großem Maße die Fähigkeiten zur selbst-ständigen wissenschaftlichen Arbeit, zur Problemanalyse und -lösung und auch zur Organisation von Arbeit gestärkt. Das erfolgreich abgeschlossene konsekutive Bachelor-Master-Studium soll unter anderem befähigen

- zu eigenverantwortlicher mathematischer Tätigkeit in Industrie und Wirtschaft,
- zur Leitung von Projekten, in denen es um Analysieren, Modellieren und Lösen von wissenschaftlichen, wirtschaftlichen oder technischen komplexen Problemen geht,
- zu Planungs-, Entwicklungs- und Forschungsaufgaben in wissenschaftlichen und öffentlichen Institutionen,
- zur Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent oder wissenschaftlicher Mitarbeiter an einer Universität und
- zu einem Promotionsstudium.

2 Analysis und Numerik

2.1 Hauptmodul: Partielle Differentialgleichungen II

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung "Analysis und Numerik" oder Wahlmodul

Moduleinheiten:
- Partielle Differentialgleichungen II

Lernziele:
- Vertiefung der vorher grundlegend erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen
- Grundlage für Spezialisierung im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Grundkenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen und in Funktionalanalysis, z.B. im Umfang des Theorieteils der Veranstaltung Theorie und Numerik Partieller Differentialgleichungen sowie der Veranstaltung Funktionalanalysis aus dem Bachelorstudiengang

Kompetenzen: Die Studierenden
- kennen und verstehen ausgewählte, fortgeschrittene Themen samt Begriffen, Aussagen und Methoden aus dem Bereich Partielle Differentialgleichungen,
- verstehen die Besonderheiten einzelner Typen und können Methoden der Funktionalanalysis auf spezielle Typen anwenden,
- sind in der Lage, verschiedenste Typen Partieller Differentialgleichungen mathematisch selbständig zu analysieren.

2.1.1 Partielle Differentialgleichungen II

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Bachelor, Grundkenntnisse in partiellen Differentialgleichugen	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Erstes Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Analysis und Numerik“ und der Differentialgeometrie

Häufigkeit des Angebots: Wintersemester (jährlich)

Lehrinhalte: Aufbauend auf Grundlagen in Partiellen Differentialgleichungen, wie sie in der Veranstaltung Theorie und Numerik Partieller Differentialgleichungen gelegt werden, werden ausgewählte Themen aus dem Bereich der partiellen Differentialgleichungen behandelt wie beispielsweise: Wellengleichungen, elliptische Operatoren, variationelle Evolutionsgleichungen, Erhaltungsgleichungen, gekoppelte Systeme oder Halbgruppen, elliptische/parabolische Regularitätstheorien, Eigenfunktionen, Maximumprinzipien mit Anwendungen

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

2.2 Hauptmodul: Numerik partieller Differentialgleichungen II

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Numerik partieller Differentialgleichungen II

Lernziele:

- Die Vorlesung gibt einen vertieften Einblick in numerische Näherungsverfahren für partielle Differentialgleichungen, wobei die Finite Elemente Methode im Mittelpunkt steht. Außerdem werden moderne Methoden aus dem Bereich der numerischen linearen Algebra vermittelt. Im Bereich der Programmierung geht es um die strukturierte Implementierung umfangreicher Projekte.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen die Grundidee der finiten Elemente Methode (FEM), können schwache Formulierungen herleiten und die endlichdimensionalen Darstellungen angeben. Sie verfügen über Wissen zu Fehler-abschätzungen gängiger finiter Elemente,
- sind in der Lage, die Konstruktion endlichdimensionaler Ansatzräume zu erklären und die Herleitung von apriori und aposteriori Fehlerabschätzungen nachzuvollziehen,

- können FEM Algorithmen auf einfachen Gebieten selbständig entwickeln, ausgehend von der Gittergenerierung, über die Matrixassemblierung, der Lösung der Gleichungssysteme bis zur grafischen Lösungsdarstellung,
- sind können darüber hinaus selbstgeschriebene Algorithmen anhand von Spezialfällen mit bekannten Lösungen analysieren und mögliche Programmierfehler erkennen und beseitigen,
- sind in der Lage, klassische partielle Differentialgleichungsprobleme mithilfe von FEM-Programmpaketen zu diskretisieren und zu lösen,
- können die Qualität von FEM-Rechnungen beurteilen und die Auswirkung unterschiedlicher Triangulierungen auf das Endergebnis abschätzen.

2.2.1 Numerik partieller Differentialgleichungen II

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul Theorie partieller Differentialgleichungen	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Zweites Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Analysis und Numerik“ und der Differentialgeometrie

Häufigkeit des Angebots: Sommersemester (jährlich)

Lehrinhalte:
- Finite Elemente Methode (FEM) für elliptische Randwertprobleme
- FEM für parabolische Probleme
- Finite Volumen und DG Verfahren für hyperbolische Erhaltungsgleichungen
- Fehlerabschätzungen, Adaptivität
- Krylovraum Methoden zur Lösung linearer Gleichungssysteme
- Vorkonditionierung und Mehrgitterverfahren

Arbeitsaufwand: 270 h
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

2.3 Spezialisierungsmodul: Optimale Steuerung elliptischer DGL

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:

- Optimale Steuerung elliptischer Differentialgleichungen

Lernziele:

- Das Hauptziel der Vorlesung ist die Einführung in das Gebiet der optimalen Steuerung partieller Differentialgleichungen. Dies wird am Beispiel von elliptischen Gleichungen illustriert. Dabei werden als Themen die Existenz optimaler Steuerungen und der Herleitung von Optimalitätsbedingungen behandelt. Metaziel: Es wird eine Vorgangsweise vermittelt, mit der sich viel allgemeinere Optimalsteuerprobleme behandeln lassen.

Kompetenzen: Die Studierenden

- können motivierende Anwendungsbeispiele angeben sowie Existenz- und Eindeutigkeitsresultate für (nicht-)lineare elliptische Differentialgleichungen benennen,
- sind in der Lage, Optimalsteuerprobleme für (nicht-)lineare elliptische Differentialgleichungen mit Hilfe der Theorie unendlichdimensionaler Optimierung zu untersuchen,
- können Optimalitätsbedingungen herleiten,
- sind in der Lage, Beispielprobleme zu nennen und die gefundenen theoretischen Resultate daran zu erläutern,
- können numerische Algorithmen zur Lösung der Optimalsteuerprobleme angeben und am Rechner umsetzen.

2.3.1 Optimale Steuerung elliptischer Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Partielle Differentialgleichungen II	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem ersten Semester Master

Zuständig: Dozenten aus der Numerik

Häufigkeit des Angebots: alle 2-3 Jahre

Lehrinhalte:

- Grundkonzepte im endlichdimensionalen Fall
- linear-quadratische elliptische Probleme
- nichtlineare elliptische Probleme

- Optimalitätsbedingungen

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Programmierübungen
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

2.4 Spezialisierungsmodul: Optimale Steuerung parabolischer DGL

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:

- Optimale Steuerung parabolischer Differentialgleichungen

Lernziele:

- Das Hauptziel der Vorlesung ist die Behandlung von Optimalsteuerproblemen für parabolische Differentialgleichungen. Dabei werden als Themen die Existenz optimaler Steuerungen und der Herleitung von Optimalitätsbedingungen behandelt. Metaziel: Es wird eine Vorgangsweise vermittelt, mit der sich viel allgemeinere Optimalsteuerprobleme behandeln lassen.

Kompetenzen: Die Studierenden

- können motivierende Anwendungsbeispiele angeben, sowie Existenz- und Eindeutigkeitsresultate für (nicht-)lineare parabolische Differentialgleichungen benennen,
- sind in der Lage, Optimalsteuerprobleme für (nicht-)lineare parabolische Differentialgleichungen mit Hilfe der Theorie unendlichdimensionaler Optimierung zu untersuchen,
- können Optimalitätsbedingungen, insbesondere die adjungierte Gleichung, herleiten,
- sind in der Lage, Beispielprobleme zu nennen und die gefundenen theoretischen Resultate daran zu erläutern,
- können numerische Algorithmen zur Lösung der Optimalsteuerprobleme angeben und am Rechner umsetzen.

2.4.1 Optimale Steuerung parabolischer Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul Partielle Differentialgleichungen II, Spezialisierungsmodul Optimale Steuerung elliptischer Differentialgleichungen	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten aus der Numerik

Häufigkeit des Angebots: alle 2-3 Jahre

Lehrinhalte:

- linear-quadratische parabolische Probleme
- nichtlineare parabolische Probleme
- Optimalitätsbedingungen erster und zweiter Ordnung

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Programmierübungen
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

2.5 Spezialisierungsmodul: Thermoelastische Systeme

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:

- Thermoelastische Systeme

Lernziele:

- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen in einer speziellen Richtung
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Umfang der Veranstaltung Partielle Differentialgleichungen II

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen und verstehen gekoppelte Systeme partieller Differential-gleichungen vom thermoelastischen Typ,
- verstehen die Besonderheiten, welche durch die Kopplung verschiedener Typen entstehen,
- wenden Sätze aus der Funktionalanalysis und der Theorie partieller Differentialgleichungen auf konkrete gekoppelte Systeme an.

2.5.1 Thermoelastische Systeme

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Partielle Differentialgleichungen II	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Bedarf in der Analysis

Lehrinhalte:

- Verschiedene Modelle Partieller Differentialgleichungen für Systeme, die eine Kopplung der Elastizitätsgleichungen mit der parabolisch oder auch hyperbolisch angesetzten Wärmeleitungsgleichung werden analysiert und insbesondere hinsichtlich der zeitlichen Dynamik verglichen.

Arbeitsaufwand: 90 h

- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin

2.6 Spezialisierungsmodul: Pseudodifferentialoperatoren

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:

- Pseudodifferentialoperatoren

Lernziele:

- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen in einer speziellen Richtung
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Umfang der Veranstaltung Partielle Differentialgleichungen II

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen das Konzept und die Anwendungen von Pseudodifferentialoperatoren,
- erkennen Zusammenhänge zu Differentialoperatoren und zur Fouriertransformation,
- können den Kalkül der Pseudodifferentialoperatoren anwenden und weiterentwickeln und damit die Lösbarkeit partieller Differentialgleichungen analysieren,
- sind in der Lage, unter Verwendung der Parametrix Lösungsansätze für partielle Differentialgleichungen zu konstruieren,
- können das Konzept der Pseudodifferentialoperatoren im Vergleich mit anderen Methoden der partiellen Differentialgleichungen bewerten.

2.6.1 Pseudodifferentialoperatoren

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Partielle Differentialgleichungen II	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:

- Es werden Pseudodifferentialoperatoren und ihre Anwendung auf partielle Differentialgleichungen diskutiert. Pseudodifferentialoperatoren sind Verallgemeinerungen von Differentialoperatoren, welche mit Hilfe der Fourier-Transformation definiert werden. Inhalte sind unter anderem Komposition, Algebra-Eigenschaft, Symbolklassen, Parametrix und Normabschätzungen.

Arbeitsaufwand: 90 h

- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin

2.7 Spezialisierungsmodul: Parabolische Randwertprobleme

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:

- Parabolische Randwertprobleme

Lernziele:

- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen in einer speziellen Richtung
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Umfang der Veranstaltung Partielle Differentialgleichungen II

Kompetenzen: Die Studierenden

- können parabolische und parameter-elliptische Randwertprobleme identifizieren und sind in der Lage, zentrale Lösungsansätze wie z.B. Fourier- und Laplace-Transformation zu beschreiben,
- können daraus einen Lösungsansatz enwickeln und diesen auf konkrete Gleichungen der mathematischen Physik anwenden,
- sind in der Lage, unter Verwendung des Satzes von Mikhlin aus dem zuvor entwickelten Lösungsansatz a priori-Abschätzungen zu folgern,
- können die erarbeiteten elliptischen Konzepte auf parabolische Randwertprobleme übertragen und die damit erzielten Regularitäts-ergebnisse mit anderen Ansätzen, wie z.B. dem schwachen Lösungsbegriff, zu vergleichen.

2.7.1 Parabolische Randwertprobleme

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Partielle Differentialgleichungen II	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:

- Es werden parabolische und parameter-elliptische Randwertprobleme und zugehörige Lösungsmethoden diskutiert. Auf Grundlage der Fourier- und Laplace-Transformation werden explizite Lösungsformeln entwickelt. Weitere Themen sind Shapiro-Lopatinskii-Bedingung, der Satz von Mikhlin, a priori-Abschätzungen und maximale Regularität.

Arbeitsaufwand: 90 h
- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

2.8 Spezialisierungsmodul: Asymptotik nichtlinearer Wellen

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Asymptotik nichtlinearer Wellen

Lernziele:
- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen in einer speziellen Richtung
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Umfang der Veranstaltung Partielle Differentialgleichungen II

Kompetenzen: Die Studierenden
- verfügen über vertiefte Kenntnisse der Feinheiten des Langzeitverhaltens nichtlinearer Wellen in parabolischen und hyperbolisch-parabolischen Systemen,
- können Methoden aus der Theorie der evolutionären partiellen Differentialgleichungen anwenden,
- erkennen, wie erst das Zusammenwirken verschiedener Darstellungen und Techniken genaue Aussagen zum Langzeitverhalten ermöglicht.

2.8.1 Asymptotik nichtlinearer Wellen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Partielle Differentialgleichungen II	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:
- Es werden (nichtlineare) Wellengleichungen und Schrödingergleichungen und die zeitliche Asymptotik ihrer Lösungen in verschiedenen Geometrien untersucht.

Arbeitsaufwand: 90 h
- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

2.9 Spezialisierungsmodul: Nichtlineare Cauchyprobleme

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Nichtlineare Cauchyprobleme

Lernziele:
- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen in einer speziellen Richtung
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Umfang der Veranstaltung Partielle Differentialgleichungen II

Kompetenzen: Die Studierenden
- kennen und verstehen Methoden zur Gewinnung globaler Lsungen bei nichtlinearen Anfangswertaufgaben partieller Differentialgleichungen,
- verstehen die Besonderheiten, welche bei verschiedenen Systemen aus der mathematischen Physik auftreten,
- wenden Sätze aus der Funktionalanalysis und der Theorie partieller Differentialgleichungen auf konkrete Cauchyprobleme an.

2.9.1 Nichtlineare Cauchyprobleme

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Partielle Differentialgleichungen II	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:
- Anhand nichtlinearer Wellengleichungen wird eine Methode zur Behandlung allgemeiner nichtlinearer Cauchyprobleme vorgestellt, die auf verschiedene Modelle der mathematischen Physik angewandt wird.

Arbeitsaufwand: 90 h
- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

2.10 Spezialisierungsmodul: Mathematische Kontinuumsmechanik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Mathematische Kontinuumsmechanik

Lernziele:
- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen in einer speziellen Richtung
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Umfang der Veranstaltung Part. Differentialgleichungen III

Kompetenzen: Die Studierenden

- durchdringen grundlegende Modelle und Aussagen der Mathematischen Kontinuumsmechanik,
- können Methoden der Analysis, insbesondere aus den Partiellen Differentialgleichungen, auf Probleme der Kontinuumsmechanik anwenden,
- erkennen den Zusammenhang zwischen Theorie und Modellierung und die Bedeutung der Thematik für die außermathematische Anwendung.

2.10.1 Mathematische Kontinuumsmechanik

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodule Partielle Differentialgleichungen III	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:
- Fluiddynamik und Elastizitätstheorie insbesondere mehrphasiger Medien,
- Magnetofluiddynamik

Arbeitsaufwand: 90 h
- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

2.11 Spezialisierungsmodul: Hyperbolische Aspekte der Einsteinschen Feldgleichun

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Hyperbolische Aspekte der Einsteinschen Feldgleichungen

Lernziele:

- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen in einer speziellen Richtung
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Umfang der Veranstaltung Part. Differentialgleichungen III

Kompetenzen: Die Studierenden

- durchdringen den mathematischen Charakter der Feldgleichungen als anspruchsvolles Beispiel eines nichtlinearen hyperbolischen Systems,
- können Methoden aus der Theorie der evolutionären partiellen Differentialgleichungen anwenden,
- erkennen die fundamentale Bedeutung der nichtlinearen hyperbolischen Systeme für die Anwendungen.

2.11.1 Hyperbolische Aspekte der Einsteinschen Feldgleichungen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul Partielle Differentialgleichungen II	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:

- Cauchyproblem der EFG ohne und mit Materie,
- ohne und mit Schockwellen

Arbeitsaufwand: 90 h

- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin

2.12 Spezialisierungsmodul: Dynamische Systeme

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Dynamische Systeme

Lernziele:
- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen in einer speziellen Richtung
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet im Bereich Partielle Differentialgleichungen
- Voraussetzung: Kenntnisse in Partiellen Differentialgleichungen, z.B. im Umfang der Veranstaltung Partielle Differentialgleichungen II

Kompetenzen: Die Studierenden
- durchdringen grundlegende Begriffe, Aussagen und Methoden der Theorie der Dynamischen Systeme.

2.12.1 Dynamische Systeme

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Partielle Differentialgleichungen II	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:
- Es wird eine Einführung in die zeitliche Asymptotik nichtlinearer dynamischer Systeme gegeben; typische Beispiele sind der Lorenzattraktor und das Cahn-Hilliard-System.

Arbeitsaufwand: 90 h
- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

2.13 Spezialisierungsmodul: Dynamische Systeme

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
6	2 Semester	4	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Dynamische Systeme I
- Dynamische Systeme II

Lernziele:
- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Analysis
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet in Analysis
- Voraussetzung: Analysis-Kenntnisse im Umfang von Analysis I-III und Funktionalanalysis

Kompetenzen: Die Studierenden
- durchdringen grundlegende Begriffe, Aussagen und Methoden der Theorie der Dynamischen Systeme,
- können die Kenntnisse auf wichtige nichtlineare Systeme anwenden,
- erkennen die Bedeutung der Thematik für außermathematische Fragen.

2.13.1 Dynamische Systeme I

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Kenntnisse im Umfang Analysis I-III, Funktionalanalysis	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:
- Normal hyperbolisch invariante Mannigfaltigkeiten,
- geometrische singuläre Störungstheorie

Arbeitsaufwand: 90 h
- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

2.13.2 Dynamische Systeme II

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Kenntnisse im Umfang Analysis I-III, Funktionalanalysis	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:
- endlich-dimensionale und unendlich-dimensionale Hamiltonsche Systeme, KAM-Theorie

Arbeitsaufwand: 90 h
- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

2.14 Spezialisierungsmodul: Stabilität und Spektrum

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungs-modul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Stabilität und Spektrum

Lernziele:
- Vertiefung der vorher erworbenen Kenntnisse in Analysis
- Grundlage für eine Prüfung als Spezialgebiet in Analysis
- Voraussetzung: Analysis-Kenntnisse im Umfang von Analysis I-III und Funktionalanalysis

Kompetenzen: Die Studierenden
- durchdringen Begriffe und Aussagen der Spektraltheorie und der Stabilitätstheorie,
- können Methoden der Spektraltheorie auf Stabilitätsfragen anwenden,
- erkennen den Zusammenhang zwischen der Theorie und ihrer Anwendung.

2.14.1 Stabilität und Spektrum

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	Vorlesung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Kenntnisse im Umfang Analysis I-III, Funktionalanalysis	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten der Analysis

Häufigkeit des Angebots: Je nach Gesamtangebot in der Analysis

Lehrinhalte:
- Spektrum und Stabilität nichtlinearer Wellen in evolutionären Systemen

Arbeitsaufwand: 90 h
- Präsenzstudium in Vorlesung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

2.15 Spezialisierungsmodul: Optimierungsverfahren in Banachräumen

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungs-modul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Optimierungsverfahren in Banachräumen

Lernziele:
- Das Hauptziel der Vorlesung ist die Untersuchung von Algorithmen für unendlichdimensionale Optimierungsprobleme und deren Anwendung bei Optimalsteuerproblemen für partielle Differentialgleichungen. Dabei spielt neben den theoretischen Grundlagen auch die numerische Umsetzung der Verfahren am Rechner eine wichtige Rolle.

Kompetenzen: Die Studierenden
- können unendlichdimensionale Optimierungsprobleme formulieren und analysieren,
- sind in der Lage, die Existenz optimaler Lösungen zu zeigen.
- können notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen herleiten,
- sind in der Lage, die theoretischen Resultate auf Optimalsteuerprobleme für partielle Differentialgleichungen anzuwenden,
- können Optimierungsverfahren für unendlichdimensionale Optimierungsprobleme benennen, sowie Optimierungsalgorithmen am Rechner umsetzen,
- sind in der Lage, theoretische Konvergenzresultate an numerischen Beispielen zu verifizieren und numerische Ergebnisse hinsichtlich der gestellten Optimierungsaufgabe sinnvoll zu erläutern.

2.15.1 Optimierungsverfahren in Banachräumen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Ergänzungsmodul Optimierung aus dem Bachelor und Wahlmodul Numerische Verfahren der restringierten Optimierung aus dem Master	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem zweiten Semester Master

Zuständig: Dozenten aus der Numerik

Häufigkeit des Angebots: Wintersemester (alle 2-3 Jahre)

Lehrinhalte:
- global konvergente Abstiegsverfahren
- Newtonartige Verfahren
- SQP-Verfahren

Arbeitsaufwand: 150 h
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Programmierübungen
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

2.16 Spezialisierungsmodul: Numerische Verfahren der restringierten Optimierung

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungs-modul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:
- Numerische Verfahren der restringierten Optimierung

Lernziele:

- Das Hauptziel der Vorlesung ist die Untersuchung von Algorithmen für restringierte Optimierungsverfahren. Dabei spielt neben den theoretischen Grundlagen auch die numerische Umsetzung der Verfahren am Rechner eine wichtige Rolle.

Kompetenzen: Die Studierenden
- können Optimalitätsbedingungen für Optimierungsaufgaben mit Nebenbedingungen darstellen, sowie anhand von Optimalitäts-bedingungen numerische Verfahren der restringierten Optimierung auseinanderhalten,
- sind in der Lage, speziell SQP- und Innere-Punkte-Verfahren am Rechner zu implementieren,
- können geeignete Globalisierungsstrategien (Trust-Region- oder Liniensuch-Methoden) auswählen,
- sind in der Lage, theoretische Konvergenzeigenschaften anhand numerischer Beispiele zu verifizieren,
- können numerische Resultate darstellen und im Rahmen der gestellten Optimierungsaufgabe interpretieren.

2.16.1 Numerische Verfahren der restringierten Optimierung

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Basismodule Analysis, Lineare Algebra und Praktische Mathematik, Ergänzungsmodul Optimierung	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem ersten Semester Master

Zuständig: Dozenten aus der Numerik

Häufigkeit des Angebots: alle 2-3 Jahre

Lehrinhalte:
- global konvergente Abstiegsverfahren
- Newtonartige Verfahren
- SQP-Verfahren

Arbeitsaufwand: 150 h
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Programmierübungen
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

2.17 Spezialisierungsmodul: Modellreduktion mit Proper Orthogonal Decomposition

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Moduleinheiten:

- Modellreduktion mit Proper Orthogonal Decomposition

Lernziele:

- Das Hauptziel der Vorlesung ist die Einführung in das Gebiet der Modellreduktion am Beispiel von Proper Orthogonal Decomposition. Dabei spielt neben den theoretischen Grundlagen auch die numerische Umsetzung der Verfahren am Rechner eine wichtige Rolle.

Kompetenzen: Die Studierenden

- können exemplarische Anwendugen der Modellreduktion benennen,
- sind in der Lage, die POD-Methode klar darzustellen, sowie eine geeignete Topologie für die Berechnung der POD-Basis wählen,
- können beurteilen, ob die POD-Modellreduktion für eine vorgelegte Anfangswertaufgabe geeignet ist oder nicht,
- sind in der Lage, eine POD-Basis numerisch effizient zu bestimmen,
- können ein vorgelegtes Anfangswertproblem in ein reduziertes Problem überführen und das reduzierte Modell am Rechner lösen,
- sind in der Lage, verschiedene Varianten der POD-Methode (zum Beispiel hinsichtlich der Wahl der Snapshots, der Topologie) beurteilen und die auf eine vorgelegte Aufgabenstellung passende Methode auswählen.

2.17.1 Modellreduktion mit Proper Orthogonal Decomposition

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Basismodule Analysis, Lineare Algebra und Praktische Mathematik, Ergänzungsmodul Optimierung	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: ab dem ersten Semester Master

Zuständig: Dozenten aus der Numerik

Häufigkeit des Angebots: alle 2-3 Jahre

Lehrinhalte:

- Einführung in Proper Orthogonal Decomposition (POD)
- Anwendung als Modellreduktion
- Analyse von reduzierten Modellen

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Programmierübungen
- Prüfungsvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

3 Reelle Geometrie und Algebra

3.1 Hauptmodul: Reelle algebraische Geometrie I

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung "Reelle Geometrie und Algebra" oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Reelle algebraische Geometrie I

Lernziele:

- Die Hörer sollen in zentrale Gebiete der reellen algebraischen Geometrie eingeführt werden. Methoden dieses Gebiets haben in den letzten Jahrzehnten einen großen Zuwachs an Bedeutung für Theorie und praktische Anwendungen gefunden.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen die grundlegenden Eigenschaften der angeordneten Körper,
- verstehen die konzeptuellen und algorithmischen Aspekte des Satzes von Tarski-Seidenberg und dessen Folgerungen und können diesen zentralen Satz auf die Untersuchung der Eigenschaften der semialgebraischen Mengen und Varietäten anwenden,
- sind in der Lage, die körpertheoretischen Hintergründe der Artin-Schreier-Theorie zu untersuchen und die Rolle dieser Theorie für die reell abgeschlossenen Körper zu analysieren,
- können mit Hilfe der algebraischen Eigenschaften semialgebraischer Mengen deren geometrische Eigenschaften herleiten,
- sind in der Lage, mathematisch fundiert zwischen archimedischen und archimedischen reell abgeschlossenen Körpern zu unterscheiden.

3.1.1 Reelle algebraische Geometrie I

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Aufbaumodul Algebra, Vertiefungsmodul Geometrie und Algebra	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Erstes Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes “Reelle Geometrie und Algebra”

Häufigkeit des Angebots: Wintersemester (jährlich)

Lehrinhalte: Angeordnete Körper und reeller Abschluß, Tarski-Seidenberg Elimination, Satz von Artin-Lang, reelles Spektrum, Zusammenhang mit semialgebraischen Mengen, semialgebraische Geometrie

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

3.2 Hauptmodul: Reelle algebraische Geometrie II

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Reelle Geometrie und Algebra” oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Reelle algebraische Geometrie II

Lernziele:

- Die Kenntnisse in reeller algebraischer Geometrie sollen aufbauend auf dem ersten Teil vertieft werden und die Hörer an ausgewählte Ergebnisse der aktuellen Forschung herangeführt werden. Das Modul soll die Hörer darauf vorbereiten, selbständig an aktuellen Fragen der reellen algebraischen Geometrie zu arbeiten.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen die grundlegenden Eigenschaften der positiven Polynome und Summen von Quadraten,
- verstehen die konzeptuellen Eigenschaften des Satzes von Hilbert und Artin-Schreier und dessen Folgerungen und können diesen zentralen Satz auf die Untersuchung der Eigenschaften der semialgebraischen Mengen und Varietäten anwenden,
- sind in der Lage, die funktionalanalytischen Hintergründe zu analysieren,

- können mit Hilfe der algebraischen Eigenschaften semialgebraischer Mengen die topologischen Eigenschaften der quadratischen Präordnung herleiten,
- sind in der Lage, mathematisch fundiert zwischen endlich erzeugten und nicht endlich erzeugten Präordnungen zu unterscheiden.

3.2.1 Reelle algebraische Geometrie II

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul Reelle algebraische Geometrie I	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Zweites Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes “Reelle Geometrie und Algebra”

Häufigkeit des Angebots: Sommersemester (jährlich)

Lehrinhalte: Positive Polynome und Quadratsummen, Archimedizität, Darstellungssatz, Diskussion von ausgewählten Anwendungen

Arbeitsaufwand: 270 h
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

3.3 Hauptmodul: Modelltheorie

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Reelle Geometrie und Algebra” oder Wahlmodul

Moduleinheiten:
- Modelltheorie

Lernziele:

- Die Studierenden sollen in zentrale Gebiete der Modelltheorie eingeführt und an ausgewählte Ergebnisse der aktuellen Forschung herangeführt werden. Methoden dieses Gebiets haben in den letzten Jahrzehnten einen großen Zuwachs an Bedeutung und Anwendungen in Algebra, Analysis und Geometrie gefunden. Das Modul soll die Hörer darauf vorbereiten, selbständig an aktuellen Fragen der Modelltheorie algebraischer Strukturen zu arbeiten.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen grundlegende abstrakte Strukturen und Modelle,
- verstehen die Theorien, die Quantoren Elimination erlauben,
- wenden abstrakte Sätze und Methoden der Modelltheorie auf konkrete mathematische Probleme an,
- sind in der Lage, algebraische Sachverhalte mit abstrakten modell-theoretischen Methoden zu analysieren,
- können die Hauptaussagen der Modelltheorie selbständig beweisen und sind in der Lage, die Richtigkeit einer Aussage mit einem Beweis zu rechtfertigen oder mit Gegenbeispielen zu widerlegen.

3.3.1 Modelltheorie

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Aufbaumodul Algebra, Vertiefungsmodul Mengenlehre	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: erstes Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes "Reelle Geometrie und Algebra"

Häufigkeit des Angebots: Alle 1-2 Jahre

Lehrinhalte:

- Grundbegriffe der Aussagenlogik, Sprachen, Strukturen, Modelle und Theorien,
- Vollständigkeit und Kompaktheit Sätze, Sätze von Loewenheim – Skolem,
- Modellvollständigkeit und Quantoren Elimination, elementare Erweiterungen,
- Ultrafilter und Ultraprodukte, Homomorphismen und Isomorphismen, Kategorizität,
- Anwendungen für einige mathematische Theorien (Ordnungen, Gruppentheorie, Körpertheorie, Zahlentheorie, Mengenlehre)

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

3.4 Hauptmodul: Bewertungstheorie

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung "Reelle Geometrie und Algebra" oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Bewertungstheorie

Lernziele:

- Die Studierenden sollen in zentrale Gebiete der Bewertungstheorie eingeführt und an ausgewählte Ergebnisse der aktuellen Forschung herangeführt werden. Methoden dieses Gebiets haben in den letzten Jahrzehnten einen großen Zuwachs an Bedeutung und Anwendungen in Algebra, Analysis und Geometrie gefunden. Das Modul soll die Hörer darauf vorbereiten, selbständig an aktuellen Fragen der Bewertungstheorie und der Modelltheoretischen Algebra zu arbeiten.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen Hahn-Gruppen sowie Hahnkörper und verstehen die Theorien der Henselschen Körper,
- wenden abstrakte Sätze und Methoden der Bewertungstheorie auf konkrete mathematische Probleme an,
- sind in der Lage, geometrische Sachverhalte mit abstrakten bewertungstheoretischen Methoden zu analysieren,
- können die Hauptaussagen der Bewertungstheorie selbständig beweisen und sind in der Lage, die Richtigkeit einer Aussage mit einem Beweis zu rechtfertigen oder mit Gegenbeispielen zu widerlegen.

3.4.1 Bewertungstheorie

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Aufbaumodul Algebra. Mengenlehre- und Modelltheorie-Vorlesungen werden empfohlen.	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: zweites Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes "Reelle Geometrie und Algebra"

Häufigkeit des Angebots: Alle 1-2 Jahre

Lehrinhalte: Grundlagen der Kommutativen Algebra, Stellen und Bewertungsringe, angeordnete abelsche Gruppen, Bewertungen, Rank einer Bewertung, Erweiterungen,die Fundamentale Ungleichung, Henselsche Bewertungen, definierbare Bewertungen, Modelltheorie bewerteter Körper.

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

3.5 Spezialisierungsmodul: Positive Polynome und Optimierung

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra“ oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Positive Polynome und Optimierung

Lernziele:

- Die Studenten sollen verstehen, wie man polynomiale Optimierungsprobleme auf natürliche Weise zu einem Primal-Dual-Paar von semidefiniten Optimierungsproblemen relaxiert.
- Die Studenten kennen Resultate über Konvergenz und Exaktheit der Relaxierungen sowie deren Zusammenhang zu Resultaten über Quadratsummendarstellungen positiver Polynome.
- Die Studenten sollen die Wirksamkeit der Relaxierungsmethode an konkreten Beispielen testen.

Kompetenzen:

- Die Studierenden sollen über die relativ neuen Zusammenhänge zwischen polynomialen Optimierungsproblemen und Reeller Algebraischer Geometrie aufgeklärt werden.
- Sie sollen lernen, mit Hilfe von Reeller Algebra nichtlineare Optimierungsprobleme exakt oder annähernd in Semidefinite Optimierungsprobleme zu übersetzen.

- Das erworbene Wissen kann in einer Abschlussarbeit oder im späteren Beruf angewandt werden.

3.5.1 Positive Polynome und Optimierung

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Basismodul und Aufbaumodul Algebra, Hauptmodul Reelle Algebraische Geometrie	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Ab fünftes Semester Bachelor oder erstes Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra"

Häufigkeit des Angebots: in der Regel Wintersemester (unregelmäßig; aber jährlich etwas ähnliches)

Lehrinhalte: Semidefinite Optimierung (SDP), Dualität in SDP, Gram-Matrix-Methode, polynomiale Optimierungsprobleme, Lasserre-Relaxierungen, Quadratsummendarstellungen (mit Gradschranken), (trunkiertes) Momentenproblem, Spektraeder und semidefinite Darstellungen

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenz in der Vorlesung
- Präsenz in der Übung
- Lösen der Übungsblätter
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden: 1 Dozent/Dozentin

3.6 Spezialisierungsmodul: Quadratische Formen

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra" oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Quadratische Formen

Lernziele:

- Die Hörer sollen in die Grundlagen der Theorie der quadratischen Formen eingeführt werden. Es handelt sich um ein forschungsintensives zentrales Gebiet der Algebra mit zentralen Verbindungen zur reellen algebraischen Geometrie.
- Daher ist es eine wichtige Ergänzung des Hauptmoduls „Reelle algebraische Geometrie", kann aber auch von Studierenden anderer Spezialisierungsrichtungen mit Gewinn gehört werden.

Kompetenzen:

- Die Studierenden verfügen über grundlegendes Wissen im Bereich der Theorie der quadratischen Formen und sind in der Lage, dieses beispielsweise auf Probleme im Bereich verschiedener Körperinvarianten, insbesondere im Zusammenhang mit Quadratsummen, anzuwenden.

3.6.1 Quadratische Formen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Aufbaumodul Algebra	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Master, beliebiges Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra"

Häufigkeit des Angebots: alle 2-3 Jahre

Lehrinhalte: Grundlagen, Wittring, Invarianten, Signaturen, Pfisters Lokal-global Prinzip, Körpererweiterungen, Pfisterformen, Stufe, Pythagoraszahl

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenz in der Vorlesung
- Präsenz in der Übung
- Lösen der Übungsblätter
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden: 1 Dozent/Dozentin

3.7 Spezialisierungsmodul: Torische Varietäten

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra" oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Torische Varietäten

Lernziele:

- Einführung in die Grundlagen der torischen Varietäten. Das Gebiet ist ein besonders explizites Spezialgebiet der algebraischen Geometrie, und hat andererseits sehr enge Verbindungen zur diskreten polyedrischen Geometrie, die ihrerseits in vielen Anwendungen der reellen algebraischen Geometrie eine wichtige Rolle spielt. Damit ist dieses Modul eine gute Ergänzung des Hauptmoduls „Reelle algebraische Geometrie", in dem die Studierenden an forschungsnahe Techniken herangeführt werden sollen.

Kompetenzen: Die Studenten

- kennen die theoretischen Grundlagen der torischen Varietäten und erkennen Zusammenhänge zum Bereich der diskreten und kombinatorischen Geometrie,
- sind in der Lage, die erarbeiteten Konzepte auf verschiedene Kompaktifizierungen von Tori anzuwenden.

3.7.1 Torische Varietäten

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Aufbaumodul Algebra, Vertiefungsmodul Algebra und Geometrie	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Master, 3. oder 4. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra"

Häufigkeit des Angebots: alle 3-4 Jahre

Lehrinhalte: Affine torische Varietäten, projektive und allgemeine torische Varietäten, Fächer, Orbit-Kegel Korrespondenz, torische Morphismen. Weitere Themen wie zB Weil- und Cartierdivisoren auf torischen Varietäten, Quotientenkonstruktionen, torische Singularitäten und ihre Auflösung. Dazu je nach Vorkenntnissen der Teilnehmer: Ergänzungen zur algebraischen Geometrie, Grundlagen über algebraische Tori, Grundlagen zu konvexen Kegeln bzw. Polytopen und ihren Seiten

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenz in der Vorlesung
- Präsenz in der Übung
- Lösen der Übungsblätter
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden: 1 Dozent/Dozentin

3.8 Spezialisierungsmodul: Darstellungstheorie und Invariantentheorie endlicher Gr

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
10	2 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra“ oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Darstellungstheorie endlicher Gruppen
- Invariantentheorie endlicher Gruppen

Lernziele:

- Die Studierenden sollen die Grundzüge der gewöhnlichen Darstellungs- und Invariantentheorie endlicher Gruppen und einige ihrer wichtigsten Anwendungen kennen lernen. Sie sollen die Fähigkeit erlangen, Symmetrien in mathematischen Problemen zu erkennen und das notwendige theoretische Rüstzeug erlernen, diese Symmetrien auszunutzen. Die Vorlesung ist unabhängig vom Modul „Reelle Algebraische Geometrie“, stellt aber Wissen bereit, um die dort erlernten Techniken eventuell speziell auf Probleme mit viel Symmetrie anzupassen.

Kompetenzen:

- kennen abstrakte algebraische Strukturen wie Gruppen, die zur Beschreibung von Symmetrien dienen können,
- verstehen, wie eine Gruppe linear auf einem Vektorraum wirken kann und sind in der Lage darzustellen, was diese Wirkungen über die Gruppe aussagen,
- können strukturelle theoretische Einsichten über Symmetrien anwenden, um symmetrische Objekte zu beschreiben,
- analysieren Prozesse, die ein Objekt in sich selber transformieren,
- sind in der Lage, Objekte anhand ihrer Invarianten zu kategorisieren,
- können mathematisch fundiert einschätzen, inwiefern Symmetrien in einer Problemstellung weiterhelfen.

3.8.1 Darstellungstheorie endlicher Gruppen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Kenntnisse aus der Linearen Algebra I und der Einführung in die Algebra	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Drittes Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“

Häufigkeit des Angebots: in der Regel Wintersemester, etwa alle drei Jahre

Lehrinhalte: Lineare Darstellungen von Gruppen, Sätze von Wedderburn und Maschke, invariante Unterräume und vollständige Reduzibilität, Schur-Orthogonalität, Zerlegung der Gruppenalgebra, Fouriertransformation einer endlichen Gruppe, Zerlegung einer Darstellung, Charaktertafel, zentrale Charaktere, Berechnung der Charaktertafel aus den Strukturkonstanten

Arbeitsaufwand: 150 h
- Präsenz in der Vorlesung
- Präsenz in der Übung
- Lösen der Übungsblätter
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

3.8.2 Invariantentheorie endlicher Gruppen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Kenntnisse aus der Linearen Algebra I und der Einführung in die Algebra	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Viertes Semester Master

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“

Häufigkeit des Angebots: in der Regel Sommersemester etwa alle drei Jahre

Lehrinhalte: Noethersche Gradschranke, Zerlegung in isotypische Komponenten und Moduln von Kovarianten, Moduln über dem Invariantenring, graduierte Algebren und graduierte Moduln, reguläre Parametersysteme, Poincaré- und Molien-Reihen, Reziprozität für Invarianten von zyklischen Gruppen, Semiinvarianten endlicher Spiegelungsgruppen, Cohen-Macaulay-Eigenschaft des Invariantenrings

Arbeitsaufwand: 150 h
- Präsenz in der Vorlesung
- Präsenz in der Übung
- Lösen der Übungsblätter
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

4 Differentialgeometrie und Topologie

4.1 Hauptmodul: Differentialgeometrie II

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” oder “Differentialgeometrie”; oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Differentialgeometrie II

Lernziele:

- Vertiefte Kenntnisse über abstrakte und eingebettete Mannigfaltigkeiten

Kompetenzen: Die Studierenden

- können die nachfolgend benutzten Begriffe wie z.B. konforme Deformation oder Jacobifeld definieren,
- verstehen Zusammenhänge zwischen der intrinsischen und extrinsischen Geometrie von Untermannigfaltigkeiten,
- können Vergleichssätze anwenden, um Mannigfaltigkeiten mit Krümmungsschranken mit Räumen konstanter Schnittkrümmung zu vergleichen,
- analysieren Minimalitätseigenschaften von Geodätischen mit Hilfe von
- Jacobifeldern und können mit konformen Änderungen Metriken mit gewünschten Eigenschaften konstruieren,
- sind in der Lage, den Satz von Gauß-Bonnet als Zusammenhang zwischen Krümmungen und topologischen Invarianten zu interpretieren.

4.1.1 Differentialgeometrie II

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Differentialgeometrie I	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Ab dem 1. Semester Master oder bereits im Bachelor

Zuständig: Prof. Dr. Oliver Schnürer

Häufigkeit des Angebots: gelegentlich (anschließend an Differentialgeometrie I)

Lehrinhalte:
- Ziele: Vertiefte Kenntnisse über abstrakte und eingebettete Mannigfaltigkeiten
- Exemplarisch: Isometrisch eingebettete Mannigfaltigkeiten, Evolutionsgleichungen, konforme Geometrie, Kohomologie, geschlossene Geodätische, Jacobifelder, Vergleichssätze, Gauß-Bonnet

Arbeitsaufwand: 270 h
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

4.2 Hauptmodul: Klassische Lösungen partieller Differentialgleichungen

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung "Analysis und Numerik" oder Wahlmodul

Moduleinheiten:
- Klassische Lösungen partieller Differentialgleichungen

Lernziele:
- Vertiefte Kenntnisse über klassische Lösungen partieller Differentialgleichungen

Kompetenzen: Die Studierenden
- erkennen partielle Differentialgleichungen, die glatt lösbar sind.
- verstehen Bedingungen an Daten, die a priori-Abschätzungen erlauben,
- können die erlernte Regularitätstheorie auf geometrisch oder physikalisch motivierte Probleme anwenden und sind in der Lage, die maximal mögliche Regularität zu bestimmen,
- können gegebene Gleichungen durch Approximation so modifizieren, dass klassische Lösungen existieren,
- sind in der Lage, aus a priori-Abschätzungen auf Existenzresultate zu schließen.

4.2.1 Klassische Lösungen partieller Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Theorie partieller Differentialgleichungen	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Zweites Semester Master

Zuständig: Prof. Dr. Oliver Schnürer

Häufigkeit des Angebots: unregelmäßig

Lehrinhalte:

- Ziele: Untersuchung klassischer Lösungen elliptischer und parabolischer partieller Differentialgleichungen
- Exemplarisch: Schaudertheorie, Krylov-Safonov Abschätzungen, Monge-Ampère-Gleichungen, De Giorgi-Nash-Moser

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

4.3 Hauptmodul: Geometrische Analysis

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” oder “Differentialgeometrie”; oder Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Geometrische Analysis

Lernziele:

- Übergeordnete Ziele: Untersuchung von Krümmungsflüssen und Mannigfaltigkeiten vorgeschriebener Krümmung mit Hilfe partieller Differentialgleichungen

Kompetenzen: Die Studierenden

- können geometrische Flussgleichungen definieren sowie intrinsische und extrinsische Flüsse und Größen einander gegenüberstellen,
- sind in der Lage, den Formalismus zur Berechnung von Evolutionsgleichungen gegebener Größen anzuwenden,
- können darauf aufbauend analysieren, ob Eigenschaften wie Konvexität oder positive Schnittkrümmung unter einer Flussgleichung erhalten bleiben,
- sind in der Lage, zu erklären, wie Reaktions- und Diffusionsanteile einer Gleichung das geometrische Verhalten beeinflussen,
- können argumentieren, welche Flussgleichungen geeignet sind, um geometrische Aussagen zu zeigen.

4.3.1 Geometrische Analysis

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	In der Regel mündliche Prüfung	Kenntnisse in Differentialgeometrie und partiellen Differentialgleichungen	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: Ab dem zweiten Semester

Zuständig: Prof. Dr. Oliver Schnürer

Häufigkeit des Angebots: unregelmäßig

Lehrinhalte:

- Übergeordnete Ziele: mathematische analytische Beschreibung von Mannigfaltigkeiten
- Ziele: Untersuchung der partiellen Differentialgleichungen, die Mannigfaltigkeiten beschreiben, deren Krümmung vorgeschrieben ist oder deren Bewegung krümmungsabhängig ist
- Exemplarisch: Minimalflächen, Hyperflächen vorgeschriebener Krümmung, Evolutionsgleichungen (mittlerer Krümmungsfluss, Gaußkrümmungsfluss, Riccifluss), Monge-Ampère-Gleichungen

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

5 Stochastik

5.1 Hauptmodul: Mathematische Statistik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Haupt- oder Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung "Stochastik"

Moduleinheiten:

- Mathematische Statistik

Lernziele:

- Mathematische Statistik: Systematische Einführung in die mathematische Theorie statistischer Inferenz (Schätzen und Testen). Die Studierenden werden in die Lage versetzt, die Güte statistischer Verfahren zu beurteilen, sowie Fragen im Hinblick auf die Entwicklung optimaler Verfahren eigenständig zu analysieren und mit den Methoden der mathematischen Statistik zu beantworten.

Kompetenzen: Die Studierenden

- sind in der Lage, verschiedene Maßstäbe zur Beurteilung einer Entscheidungsregel gegenüber zu stellen,
- können die Güte statistischer Verfahren kategorisieren, evaluieren und kontrastieren,
- sind in der Lage, Fragen im Hinblick auf die Entwicklung optimaler Verfahren eigenständig zu untersuchen und mit den Methoden der mathematischen Statistik zu beantworten.

5.1.1 Mathematische Statistik

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung	Aufbaumodul Stochastik	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 5. Bachelor-/ 1. Master-Semester

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: Wintersemester (jährlich)

Lehrinhalte: Entscheidungsprobleme, Konsistenz, Unverfälschtheit (Unbiasedness), Suffizienz, minimale Suffizienz, Faktorisierungssatz, exponentielle Familien, MVUE-Schätzer, Rao-Blackwell-Theorem, Vollständigkeit, Effizienz, asymptotische Effizienz, Fisher-Information, Cramer- Rao-Schranke, Maximum Likelihood Schätzung, Momentenmethode, Robustheit, Ancillarity, Bayesschätzung, Minimax-Prinzip, Zulässigkeit (Admissibility), Supereffizienz, Shrinkage-Estimators, Steinschätzer Testen: Uniformly Most Powerful Test, Neyman-Pearson Lemma, Unverfälschtheit (Unbiasedness), UMP unbiased tests, Invarianz, Most Powerful Invariant Tests, Likelihood Ratio Tests, asymptotische relative Effizienz, multiples Testen

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15 Studierende

5.2 Mathematische Statistik II

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Haupt- oder Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung “Stochastik”

Moduleinheiten:

- Mathematische Statistik II

Lernziele:
Die Studierenden können die Güte statistischer Verfahren beurteilen, sowie Fragen im Hinblick auf die Entwicklung optimaler Verfahren eigenständig analysieren und mit den Methoden der mathematischen Statistik beantworten. Die Studierenden sind in der Lage, das asymptotische Verhalten statistisch relevanter stochastischer Prozesse zu untersuchen.

Kompetenzen: Die Studierenden

- Können einen geeigneten Rahmen festlegen, um die Konvergenz der Verteilungen von stochastischen Prozessen zu untersuchen,
- Können geeignete Kriterien anwenden, um die Konvergenz (der Verteilung) stochastischer Prozesse nachzuweisen,
- Kennen das asymptotische Verhalten einiger wichtiger empirischer Prozesse,
- Sind in der Lage, verschiedene Maßstäbe zur Beurteilung einer Entscheidungsregel gegenüber zu stellen,
- Können die Güte statistischer Verfahren kategorisieren, evaluieren und kontrastieren,

- Sind in der Lage, Fragen im Hinblick auf die Entwicklung optimaler Verfahren eigenständig zu untersuchen und mit den Methoden der mathematischen Statistik zu beantworten.

5.2.1 Mathematische Statistik II

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	• Klausur oder mündliche Prüfung *bullet* erfolgreiches Absolvieren der Übungsbaufgaben	Mathematische Statistik I	Deutsch

Empfohlenes Semester: 1. oder 3. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: Wintersemester (jährlich)

Lehrinhalte: Entscheidungsprobleme, Konsistenz, Unverfälschtheit (Unbiasedness), Minimax-Prinzip, Bayes-Risiko, Zulässigkeit (Admissibility), Suffizienz, minimale Suffizienz, Vollständigkeit, Faktorisierungssatz, exponentielle Familien, MVUE-Schätzer, Rao-Blackwell-Theorem, Fisher-Information, Cramer- Rao-Schranke, Effizienz, asymptotische Effizienz, Konvergenz von Wahrscheinlichkeitsmaßen, Transformationen, schwache Konvergenz in C, der Raum D, Metrisierung von D, schwache Konvergenz in D, Kriterien für Straffheit, Satz von Donsker, Brownsche Brücke

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenz in Vorlesungen und Übungen
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Bearbeiten von Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15 Studierende

5.3 Hauptmodul: Zeitreihenanalyse

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Haupt- oder Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung “Stochastik”

Moduleinheiten:
- Zeitreihenanalyse

Lernziele:
- Starke und schwache Stationarität
- Schätzung von Erwartungswert und Varianz
- Spektralanalyse, stochastische Integration
- Schätzung im Spektralbereich
- Asymptotik

Kompetenzen: Die Studierenden
- kennen Stationaritätskonzepte, Ansätze zur Saison- und Trendbereinigung und die grundlegende Theorie der stochastischen Integration,
- sind in der Lage, die Spektraltheorie anzuwenden und mit Hilfe von Spektralverteilung und Spektraldarstellung Eigenschaften von Zeitreihen zu analysieren,
- können die erarbeiteten Konzepte bei der Schätzung im Spektralbereich kombinieren,
- sind in der Lage, verschiedene Schätzer für Trend-Terme zu beurteilen und zu entscheiden, ob eine stationäre Zeitreihe vorliegt,
- können die Verwendung geeigneter Vorhersagemethoden rechtfertigen.

5.3.1 Zeitreihenanalyse

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	Abschlussklausur, Übungsleistungen können in die Abschlussnote eingehen	Aufbaumodul Stochastik	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 2. oder 4. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: Sommersemester (jährlich)

Lehrinhalte: A systematic introduction to time series analysis is given, with emphasis on understanding mathematical foundations and their implications for data analysis. The spectral representation of stationary processes leads to an elegant theory in the Hilbert space of square integrable variables. Parametric and nonparametric statistical inference and forecasting are discussed in the time and frequency domain. The practical application of the methods is illustrated by data examples.

Arbeitsaufwand: 270 h
- Präsenz in Vorlesungen und Übungen
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Bearbeiten von Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15 Studierende

5.4 Hauptmodul: Stochastik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	2 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Haupt- oder Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung “Stochastik”

Moduleinheiten:

- Stochastische Prozesse
- Stochastische Analysis

Lernziele:

- Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Theorie der stochastischen Prozesse in diskreter und kontinuierlicher Zeit. Es werden Klassen von stochastischen Prozessen eingeführt welche sowohl für die Theorie, wie auch für Anwendungen von größter Bedeutung sind. Im Falle von diskreten Prozessen sind dies Markov Ketten und Martingale. Grundlegende Prozesse in stetiger Zeit sind die Brownsche Bewegung und der Poisson Prozess. Zudem lernen die Studierenden wie aus solchen Prozessen mittels stochastischer Integration neue stochastische Prozesse gewonnen werden können und erkennen die Wichtigkeit dieser Konstruktion für die Modellierung realer Phänomene, insbesondere in der Finanzmathematik.

Kompetenzen: Die Studierenden

- können zufällige dynamische Vorgänge mithilfe stochastischer Prozesse modellieren und die wesentlichen Gesetzmäßigkeiten differentiert anwenden
- können stochastische Integrale konstruieren und sind in der Lage, die gelernten Konzepte auf die Modellbildung mittels stochastischer Differentialgleichungen zu transferieren
- beherrschen die mathematischen Grundlagen für die Analyse von stochastischen Fianzmarktmodellen

5.4.1 Moduleinheit Stochastische Prozesse

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS als 4+2 Vorlesung in der zweiten Semesterhälfte	• Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen	Aufbaumodul Stochastik	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 4. Bachelor-/ 2. Master-Semester

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester, zweite Hälfte)

Lehrinhalte:
- Bedingte Erwartungswerte
- Markovketten: Rekurrenz und Transienz, Invariante Verteilungen
- Martingale: Doobsche Ungleichungen, Optional Stopping, Martingalkonvergenzsatz
- Konstruktion der Brownschen Bewegung.

Arbeitsaufwand: 135 h
- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)
- Vor- und Nachbereitung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

5.4.2 Moduleinheit Stochastische Analysis

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	• Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen	Aufbaumodul Stochastik, Moduleinheit Stochastische Prozesse	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 1. oder 3. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:
- Stochastische Integrationstheorie: Itô-Formel, Quadratische Variation
- Stochastische Differentialgleichungen
- Maßwechsel und der Satz von Girsanov
- Martingal-Repräsentationssatz

Arbeitsaufwand: 135 h
- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)
- Vor- und Nachbereitung

- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

5.5 Hauptmodul: Finanzmathematik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Haupt- oder Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung "Stochastik"

Moduleinheiten:
- Finanzmathematik

Lernziele:
- Diese Veranstaltung stellt die Grundmodelle eines Finanzmarktes vor. Die mathematische Beschreibung dieser Modelle erfolgt auf Grundlage der Kenntnisse zur Stochastischen Analysis aus der Vorlesung Stochastik II. Klassische Ergebnisse wie das Black-Scholes Modell werden in einer zeitgemäßen mathematisch exakten Form hergeleitet. Neue Ergebnisse zu Arbitrage-Theorie, zum Portfoliomanagement, zum Hedging in unvollständigen Märkten, zu Zinsmodellen und Risikomaßen werden vorgestellt.

Kompetenzen: Die Studierenden
- können stochastische Prozesse zur Modellierung von Finanzmärkten anwenden und Finanzmarktkonzepte wie etwa Arbitrage oder unvollständige Märkte im Rahmen der mathematischen Modellierung identifizieren,
- sind in der Lage, zentrale Konzepte wie Numéraire oder Martingalmaße auf die Portfoliooptimierung anzuwenden,
- sind in der Lage, zu bewerten, unter welchen Bedingungen verschiedene Ansätze zur Behandlung von Portfoliomanagement oder Hedgingproblemen geeignet sind.

5.5.1 Finanzmathematik

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	• Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS	• Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen	Hauptmodul: Stochastik	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 2. oder 4. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: Sommersemester (jährlich)

Lehrinhalte: Allgemeines Marktmodell, Selbstfinanzierende Strategien, Numéraire, Martingalmaße, Arbitrage, Vollständige Märkte, Portfolieoptimierung, Zinsmodelle, Risikomaße

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenz in Vorlesungen und Übungen
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Bearbeiten von Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 20 Studierende

5.6 Spezialisierungsmodul: Stochastische Analysis

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
4	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung “Stochastik”

Moduleinheiten:

- Stochastische Analysis

Lernziele:

- Die Studierenden lernen Grundlagen der stochastischen Analysis: Stochastische Integrationstheorie, Itô-Formel, Quadratische Variation, Stochastische Differentialgleichungen, Maßwechsel und der Satz von Girsanov und den Martingal-Repräsentationssatz

Kompetenzen: Die Studierenden

- können stochastische Integrale konstruieren und sind in der Lage, die gelernten Konzepte auf die Modellbildung mittels stochastischer Differentialgleichungen zu transferieren
- beherrschen die mathematischen Grundlagen für die Analyse von stochastischen Fianzmarktmodellen

5.6.1 Moduleinheit Stochastische Analysis

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4	• Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS	• Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen	Aufbaumodul Stochastik, Moduleinheit Stochastische Prozesse	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 1. oder 3. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:
- Stochastische Integrationstheorie: Itô-Formel, Quadratische Variation
- Stochastische Differentialgleichungen
- Maßwechsel und der Satz von Girsanov
- Martingal-Repräsentationssatz

Arbeitsaufwand: 135 h
- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)
- Vor- und Nachbereitung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin
- 1 Tutor/Tutorin (meist studentischer Mitarbeiter/studentische Mitarbeiterin) auf 15-20 Studierende

5.7 Wahlmodul: Multivariate Statistik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	4	Schriftliche Klausur	Wahlmodul in der Vertiefungsrichtung "Stochastik"

Moduleinheiten:
- Multivariate Statistik

Lernziele:

- Wird bei einem Zufallsexperiment mehr als ein Merkmal beobachtet bewegt sich der Experimentator bereits in einer „multivariaten Welt“. Die Teilnehmer lernen wesentliche Techniken der (normalverteilten) multivariaten Statistik kennen und anwenden. Sie können für die wichtigsten Größen Schätzer und Tests herleiten und mittels Regressionsanalyse lineare Zusammenhänge untersuchen.

Kompetenzen: Die Studierenden
- kennen die wichtigsten Eigenschaften der multivariaten Normalverteilung und eine multivariate Form des zentralen Grenzwertsatzes,
- verstehen den Ansatz des Maximum-Likelihood-Konzepts und können dieses auf die Herleitung von Schätz- und ausgewählten Teststatistiken anwenden,
- können damit grundlegende varianzanalytische Fragestellungen untersuchen und sind in der Lage, die erarbeiteten Schätz- und Testkonzepte auf die multivariate Regressionsanalyse zu beziehen,
- können die gelernten Techniken auf weitere Fragestellungen übertragen, wie z. B. die Schätzung partieller Kovarianzen.

5.7.1 Multivariate Statistik

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 2 SWS	Abschlussklausur	Hauptmodul: Stochastik	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 2. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: Sommersemester (jährlich)

Lehrinhalte: Die Veranstaltung führt in die Statistik der multivariaten (p-dimensionalen) Normalverteilung ein. Nach einigen wesentlichen Eigenschaften dieser Verteilung werden Verfahren zur Schätzung der wichtigsten Funktionen der Parameter der Verteilung besprochen. Mit diesen Grundlagen sollen dann in Anwendungen häufig auftauchenden Themengebiete wie z. B. Varianzanalyse, multivariate Regressionsanalyse oder Hauptkomponentenanalyse behandelt werden.

Arbeitsaufwand: 150 h
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

5.8 Wahlmodul: Versicherungsmathematik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	4	Schriftliche Klausur	Wahlmodul in der Vertiefungsrichtung “Stochastik”

Moduleinheiten:

- Versicherungsmathematik

Lernziele:

- Die Versicherungsmathematik rührt an eine elementare Frage im Umgang mit zufälligen Ereignissen: Kann man zufällige Schäden (Versicherungsschäden) gegen mehr oder minder deterministische Zahlungen (Prämien) „austauschen“? Wenn ja, wie? Die Teilnehmer lernen grundlegende Fragestellungen und Techniken der Lebens- und Schadensversicherungsmathematik kennen. Sie können für gegebene Daten wesentliche Größen wie Nettoprämien oder Ruinwahrscheinlichkeiten (approximativ) zu berechnen oder abzuschätzen.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen die wichtigsten Regeln zur Bewertung deterministischer Zahlungsströme und können diese auf die Prämien- und Leistungszahlungen typischer Lebensversicherungen anwenden,
- können mit Hilfe der durch Sterbetafeln gegebenen Wahrscheinlichkeiten die erlernten Bewertungsverfahren zur Bestimmung von Nettoprämien und Nettodeckungskapital kombinieren,
- kennen und verstehen das kollektive Modell mit Erneuerungsprozess als grundlegendes Modell der Sachversicherungsmathematik,
- kennen die wichtigsten asymptotischen Eigenschaften des Gesamtschadensprozesses und einfache Methoden zur Bestimmung der Gesamtschadensverteilung,
- kennen die wichtigsten Aussagen der Ruintheorie, die sich um die Lundberg-Ungleichung gruppieren, und können diese auf die Bewertung verschiedener Schadensmodelle mit zugehörigen Prämienmodellen übertragen,
- erfassen die wesentlichen Aspekte der Großschadensproblematik,
- kennen Bayes-Schätzer und lineare Bayes-Schätzer für Erwartungswerte und sind in der Lage, die Anwendbarkeit des linearen Schätzers auf bestimmte Heterogenitätsmodelle zu rechtfertigen.

5.8.1 Versicherungsmathematik

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 2 SWS	Schriftliche Klausur	Hauptmodul: Stochastik	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 1. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: Wintersemester (jährlich)

Lehrinhalte: Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Gebiete der Lebens- und Sachversicherungsmathematik. In der Lebensversicherungsmathematik werden zunächst Grundlagen der Finanzmathematik besprochen, dann auf Grundlage von Lebensdauerverteilungen Nettoprämien für verschiedene Kapital- und Rentenversicherungen hergeleitet und das Deckungskapital bestimmt. In der Sachversicherungsmathematik werden Modelle und Methoden zur Beschreibung der Gesamtschadensverteilung eingeführt und einige Aspekte der Gesamtschadensverteilung besprochen. Im weiteren wird die Ruin-Wahrscheinlichkeit eines Portfolios untersucht und es werden Prämienprinzipien diskutiert. Ergänzend wird das Experience Rating angesprochen.

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin

5.9 Spezialisierungsmodul: Bayesstatistik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	4	Schriftliche Klausur	Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung "Stochastik"

Moduleinheiten:

- Bayesstatistik

Lernziele:

- Die Studierenden können Bayes-Modelle beschreiben und Situationen benennen, die in natürlicher Weise zu Bayes-Modellen führen. Sie können sich mit Fragen der Wahl von a-priori-Verteilungen auseinandersetzen und kennen wichtige Inferenztechniken. Sie kennen Robustheitskonzepte und, in einem spezifischen Modellrahmen, das asymptotische Verhalten von a-posteriori Schätzungen. Sie kennen rechnerische Ansätze für Inferenz in Bayes-Modellen.

Kompetenzen: Die Studierenden

- können Bayes-Risiken und Bayes-Regeln bestimmen,
- können einige wichtige Eigenschaften austauschbarer Familien angeben,
- sind in der Lage, Motivationen zur Wahl bestimmter a-priori-Verteilungen anzugeben,
- können Inferenz-Techniken in Bayes-Modellen angeben,
- beschreiben lokale und globale Sensitivitätsmaße für a-posteriori-Verteilungen,

- kennen Verbindungen zwischen frequentischen und Bayes-Modellen beim asymptotischen Verhalten und können diese herstellen,
- können rechnerische bzw. Simulationsverfahren bei der Bayes-Inferenz in Ansatz bringen

5.9.1 Bayesstatistik

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 2 SWS	Schriftliche Klausur	Hauptmodul: Stochastik, Mathematische Statistik II	Deutsch

Empfohlenes Semester: 2. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: Unregelmäßig

Lehrinhalte: Bayes-Modelle, Bayes-Risiken und –Regeln, Entscheidungstheorie, austauschbare Prozesse, Satz von de Finetti, konjugierte Klassen, nicht-informative a-priori Verteilungen, Bayessche Punkt- und Intervallschätzung sowie Tests, Konsistenz, Satz von Bernstein/v. Mises, Markov Chain Monte Carlo Verfahren

Arbeitsaufwand: 150 h
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

5.10 Wahlmodul: Lineare Modelle

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	4	Schriftliche Klausur	Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung "Stochastik"

Moduleinheiten:
- Lineare Modelle

Lernziele:

- Die Studierenden können lineare und verallgemeinerte lineare Modelle untersuchen. Sie können die jeweiligen Modellannahmen interpretieren und kennen Verfahren zum Schätzen von bzw. zum Testen auf Modellparameter. Sie kennen das asymptotische Verhalten von Schätzern (unter geeigneten Voraussetzungen).

Kompetenzen: Die Studierenden
- kennen klassische Normalregressionsmodelle,
- können MLE-Schätzungen in Normalregressionsmodellen durchführen und kennen die Verteilungstheorie der resultierenden Schätzer,
- können im Normalregressionsmodell lineare Hypothesen formulieren und testen,
- kennen verallgemeinerte lineare Modelle (GLMs) und einen Ansatz für MLE-Schätzungen in diesen Modellen,
- kennen das Problem der Überdispersion und mögliche Abhilfen,
- kennen das asymptotische Verhalten von MLEs und asymptotische Tests.

5.10.1 Lineare Modelle

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	• Vorlesung 2 SWS • Übung 2 SWS	Schriftliche Klausur	Hauptmodul: Stochastik, Mathematische Statistik hilfreich	Deutsch oder Englisch (falls gewünscht)

Empfohlenes Semester: 1. oder 3. Semester Master

Zuständig: Dozenten der Stochastik

Häufigkeit des Angebots: Unregelmäßig

Lehrinhalte: Lineare Normalregressionsmodelle, MLEs und deren Verteilungstheorie, Asymptotik im Normalregressionsmodell, Satz von Gauß-Markov, Sum-of-Squares-Zerlegungen, MLEs unter linearen Restriktionen, Tests für lineare Hypothesen, verallgemeinerte lineare Modelle (GLMs), MLE in GLMs, Fisher Scoring Methode, asymptotische Tests linearer Hypothesen in GLMs, Modellwahl, Devianz, Überdispersion

Arbeitsaufwand: 150 h
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:
- 1 Dozent/Dozentin

6 Allgemeiner Teil

6.1 Fachseminar

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	unbenotet oder gemäß Bewertung des mündlichen Vortrags	Pflicht Master Mathematik

Moduleinheiten:
- Fachseminar

Lernziele:
Eigenständige wissenschaftliche Einarbeitung in ein anspruchsvolles wissenschaftliches Spezialthema zum Beispiel durch Literaturrecherche in englischsprachiger Literatur

Kompetenzen:
- Beherrschung grundlegender Techniken der Arbeitsorganisation
- Fähigkeit zur freien Rede und anschaulicher Darstellung
- Fähigkeit zur Formulierung angemessener fachlicher Fragen
- Sicherheit im Umgang mit fachlichen Fragen
- Bereitschaft und Fähigkeit zur konstruktiven Kritik an einem Vortrag

6.1.1 Fachseminar

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	2 SWS	Mündlicher Vortrag, Präsenz, aktive Teilnahme und evtl. schriftliche Ausarbeitung	Mindestens ein Hauptmodul und vertiefte Kenntnisse aus dem Umfeld des jeweiligen Themas	Deutsch oder Englisch

Empfohlenes Semester: 2. oder 3. Semester Master

Zuständig: Dozenten des Fachbereichs

Häufigkeit des Angebots: mindestens jährlich

Lehrinhalte:

- Studierende erhalten ein anspruchsvolles fachliches Thema oder eine fortgeschrittene Projektaufgabe zur eigenständigen Einarbeitung nach Literaturempfehlung.
- Zu jedem Thema wird eine Präsentation von 45–75 Minuten Dauer vorbereitet und im Plenum vorgeführt.
- Über die Präsentationsinhalte und über die Präsentation selbst wird im Plenum diskutiert.
- Eventuell wird eine Ausarbeitung zu jeder Präsentation mit einem wissenschaftlichen Textsatzsystem (meist LaTeX) angefertigt und im Plenum verteilt.

Arbeitsaufwand: 180 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin

6.2 Berichtseminar

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	unbenotet oder gemäß Bewertung des mündlichen Vortrags	Pflicht Master Mathematik

Moduleinheiten:

- Berichtseminar

Lernziele:

- Kommunikation in der Gruppe über ein anspruchsvolles wissenschaftliches Spezialthema

Kompetenzen:

- Fähigkeit zum kurzen und prägnanten Bericht über die eigene wissenschaftliche Arbeit
- Fähigkeit zur überzeugenden Verteidigung der eigenen wissenschaftlichen Aktivitäten
- Fähigkeit zur kritischen Hinterfragung fremder wissenschaftlicher Aktivitäten

6.2.1 Berichtseminar

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	2 SWS	Mündlicher Vortrag, aktive Teilnahme und evtl. schriftliche Ausarbeitung	Zwei Hauptmodule, auf denen die Masterarbeit aufbaut	Deutsch oder Englisch

Empfohlenes Semester: 2. oder 3. Semester Master

Zuständig: Dozenten des Fachbereichs

Häufigkeit des Angebots: jährlich

Lehrinhalte: Richten sich nach den ausgegeben Themen der Master-Arbeit beim jeweiligen Dozenten.

Arbeitsaufwand: 180 h

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung
- Selbststudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin

6.3 Master-Arbeit

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
27	6 Monate	persönliche Betreuung	gemäß Begutachtung der Arbeit durch zwei Professoren oder Privatdozenten, von denen mindestens einer aus dem Fachbereich sein muss	Pflicht Master Mathematik

Moduleinheiten:

- Master-Arbeit

Lernziele:

- Forschungsorientiertes mathematisches Arbeiten
- Die Masterarbeit soll zeigen, dass die Studierenden in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein forschungsorientiertes mathematisches Thema zu bearbeiten und die Ergebnisse in verständlicher Form darzustellen.

6.3.1 Master-Arbeit

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
27	persönliche Betreuung	Masterarbeit	Zwei Hauptmodule, auf denen die Masterarbeit aufbaut und weitere vertiefende Kenntnisse	Deutsch oder Englisch

Empfohlenes Semester: 4. Semester Master

Zuständig: Dozenten des Fachbereichs

Häufigkeit des Angebots: jährlich

Lehrinhalte: Aufbauend auf Kenntnissen aus einem oder mehreren Modulen des Masterstudiengangs wird ein forschungsorientiertes Thema zwischen der/dem Studierenden und dem Betreuer vereinbart. Eine geeignete Auswahl der bei der Bearbeitung anzuwendender wissenschaftlichen Methoden wird dabei gemeinsam getroffen.

Arbeitsaufwand: 810 Stunden Selbststudium

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin