Universität Konstanz

Mathematisch Naturwissenschaftliche Sektion
Fachbereich Mathematik und Statistik

Modulhandbuch

Master-Studiengang Mathematik

Stand: 7. 4. 2014

Inhalt

Vorbemerkung: Der Vorgänger des BA-MA-Studiengangs Mathematik ist der auslaufende Diplom-Studiengang Mathematik. Der Fachbereich hat sich bemüht, die Vorteile eines BA-MA-Studiengangs zu kombinieren mit der Flexibilität und der Forschungsorientiertheit eines Diplomstudiengangs. Dies wurde dadurch erreicht, dass das Lehrangebot stets wechselt, um aktuelle Entwicklungen zeitnah zu berücksichtigen. Vor allem im Master, teilweise auch im Bachelor, wurde Wert gelegt, das Studium nicht zu sehr zu verschulen und das Lehrangebot flexibel zu halten. Zum Beispiel wechseln die Spezialisierungsmodule im Master in der Praxis ständig. Auf diese Weise können Dozenten öfter eine Lehrveranstaltung halten, für die sie selber gerade besonders motiviert sind, die Bezug zu deren aktuellen Forschung hat oder deren Stoff sie selber besser. verinnerlichen wollen. Dies steht ganz im Zeichen der Einheit von Lehre und Forschung, sowie des gemeinsamen Lernens der Dozenten mit den Studierenden. Daraus ergibt sich folgende Warnung.

Warnung: Dieses Modulhandbuch ist nur als beispielhafter Katalog von Lehrveranstaltungen zu sehen, die in dieser oder ähnlicher Form in gewissen Abständen gehalten werden könnten. Es soll einen Einblick geben, wie ein Mathematik-Master-Studium in Konstanz in etwa inhaltlich ausgefüllt werden könnte. Es ist in keinster Weise verbindlich. Ferner ist zu erwarten, dass es schon in einigen Jahren nicht mehr aktuell ist.

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.

Analysis und Numerik

Modultitel	Credits	Dauer
Hauptmodul: Partielle Differentialgleichungen II	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Partielle Differentialgleichungen II

Übermodul

Partielle Differentialgleichungen II

Dozenten:

Dozenten der Analysis

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.

Voraussetzung	Credits
Bachelor, Grundkenntnisse in partiellen Differentialgleichungen	9
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Erstes Semester Master	Wintersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Hauptmodul, Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	- Klausur/mündliche Prüfung - 50% in den Übungsblättern

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent
- 1 Tutor (meist studentischer Mitarbeiter) auf 15-20 Studenten

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Hauptmodul: Numerik partieller Differentialgleichungen II	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Hauptmodul in Vertiefungsrichtung „Analysis und Numerik“ oder Wahlmodul

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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 Fehlerabschätzungen 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.

Moduleinheit

Numerik partieller Differentialgleichungen II

Übermodul

Hauptmodul Numerik partieller Differentialgleichungen II

Dozenten:

Dozenten des Schwerpunktes „Analysis und Numerik“

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

Voraussetzung	**Credits**
Hauptmodul Theorie partieller Differentialgleichungen	9
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Zweites Semester Master	Sommersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Pflichtveranstaltung im Vertiefungsbereich	Deutsch oder Englisch

<table>
<tr><td>Lehrform/SWS
- Vorlesung 4 SWS
- Übung 2 SWS</td><td>Prüfungsleistung
Schriftliche oder mündliche Prüfung</td></tr>
<tr><td colspan="2">Arbeitsaufwand
- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung (44+21 Stunden)
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung (90 h)
- Übungsaufgaben (69 h)
- Prüfungsvorbereitung (46 h)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Betreuung der Studenten:
1 Dozent, 1 Tutor</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vorlesung legt Grundlagen für
Spezialisierungsmodule und Masterarbeit in der Vertiefungsrichtung „Analysis und Numerik“</td></tr>
</table>

Modultitel **Spezialisierungsmodul: Optimale Steuerung elliptischer Differentialgleichungen**	**Credits** 5	**Dauer** 1 Semester
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul Analysis und Numerik im Master Mathematik		
Modulnote - Schriftliche oder mündliche Prüfung		
Modul-Einheiten - 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.		

Moduleinheit **Optimale Steuerung elliptischer Differentialgleichungen**	
Übermodul Spezialisierungsmodul Optimale Steuerung elliptischer Differentialgleichungen	
Dozenten: Dozenten aus der Numerik	
Lehrinhalte - Grundkonzepte im endlichdimensionalen Fall - linear-quadratische elliptische Probleme - nichtlineare elliptische Probleme - Optimalitätsbedingungen	
Voraussetzung Partielle Differentialgleichungen II	**Credits** 5
Empfohlenes Semester ab dem ersten Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** alle 2-3 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS - Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	**Prüfungsleistung** - mündl. oder schriftl. Prüfung - erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium in Vorlesung und Übung - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Übungsaufgaben - Programmierübungen - Prüfungsvorbereitung - 150 h	

Betreuung der Studenten: - 1 Dozent für die Vorlesung - 3 Tutoren (meist studentische Mitarbeiter) auf 20 Studenten (SoSe 09/10)
Vorlesung legt Grundlagen für Optimale Steuerung parabolischer Differentialgleichungen

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Optimale Steuerung parabolischer Differentialgleichungen	5	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Spezialisierungsmodul im Vertiefungsmodul „Analysis und Numerik“ im Master Mathematik

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Optimale Steuerung parabolischer Differentialgleichungen

Übermodul

- Spezialisierungsmodul Optimale Steuerung parabolischer Differentialgleichungen

Dozenten:

- Dozenten aus der Numerik

Lehrinhalte

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

Voraussetzung	Credits
Hauptmodul Partielle Differentialgleichungen II, Spezialisierungsmodul Optimale Steuerung elliptischer Differentialgleichungen	5
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
ab dem zweiten Semester Master	alle 2-3 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	- mündl. oder schriftl. Prüfung - erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent für die Vorlesung
- 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten (SoSe 09/10)

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Spezialisierungsmodul: Thermoelastische Systeme	3	1 Semester
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Master Mathematik - Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik”		
Modulnote - Klausur oder mündliche Prüfung		
Modul-Einheiten - 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 Differentialgleichungen 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.		

Moduleinheit	
Thermoelastische Systeme	
Übermodul Thermoelastische Systeme	
Dozenten: Dozenten 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.	
Voraussetzung Partielle Differentialgleichungen II	**Credits** 3
Empfohlenes Semester Ab zweites Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Je nach Bedarf in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur/mündliche Prüfung
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium in Vorlesung - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Prüfungsvorbereitung - 90 h	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent	
Vorlesung legt Grundlagen für Eine Prüfung im Spezialgebiet (Partielle Differentialgleichungen, Analysis)	

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Spezialisierungsmodul: Pseudodifferentialoperatoren	3	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik”

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Pseudodifferentialoperatoren

Übermodul

Pseudodifferentialoperatoren

Dozenten:

Dozenten 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.

Voraussetzung Partielle Differentialgleichungen II	**Credits** 3
Empfohlenes Semester Ab zweites Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Je nach Gesamtangebot in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur/mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Eine Prüfung im Spezialgebiet (Partielle Differentialgleichungen, Analysis)

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Spezialisierungsmodul: Parabolische Randwertprobleme	3	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik”

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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 Regularitätsergebnisse mit anderen Ansätzen, wie z.B. dem schwachen Lösungsbegriff, zu vergleichen.

Moduleinheit

Parabolische Randwertprobleme

Übermodul

Parabolische Randwertprobleme

Dozenten:

Dozenten 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.

Voraussetzung	**Credits**
Partielle Differentialgleichungen II	3
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab zweites Semester Master	Je nach Gesamtangebot in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 2 SWS	Klausur/mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Eine Prüfung im Spezialgebiet (Partielle Differentialgleichungen, Analysis)

Modultitel	**Credits**	**Dauer**

Spezialisierungsmodul: Asymptotik nichtlinearer Wellen	3	1 Semester
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Master Mathematik - Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik”		
Modulnote - Klausur oder mündliche Prüfung		
Modul-Einheiten - 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.		

Moduleinheit **Asymptotik nichtlinearer Wellen**	
Übermodul Asymptotik nichtlinearer Wellen	
Dozenten: Dozenten der Analysis	
Lehrinhalte Es werden (nichtlineare) Wellengleichungen und Schrödingergleichungen und die zeitliche Asymptotik ihrer Lösungen in verschiedenen Geometrien untersucht.	
Voraussetzung Partielle Differentialgleichungen II	**Credits** 3
Empfohlenes Semester Ab zweites Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Je nach Bedarf in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur/mündliche Prüfung
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium in Vorlesung - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Prüfungsvorbereitung - 90 h	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent	
Vorlesung legt Grundlagen für Eine Prüfung im Spezialgebiet (Partielle Differentialgleichungen, Analysis)	

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Nichtlineare Cauchyprobleme	3	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik”

Modulnote

Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

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.

Moduleinheit

Nichtlineare Cauchyprobleme

Übermodul

Nichtlineare Cauchyprobleme

Dozenten:

Dozenten der Analysis

Lehrinhalte

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

Voraussetzung	Credits
Partielle Differentialgleichungen II	3
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab zweites Semester	Je nach Gesamtangebot in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 2 SWS	Klausur/mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Eine Prüfung im Spezialgebiet (Partielle Differentialgleichungen, Analysis)

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Spezialisierungsmodul: Mathematische Kontinuumsmechanik	3	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur/mündl. Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Mathematische Kontinuumsmechanik

Übermodul

Mathematische Kontinuumsmechanik

Dozenten:

Dozenten der Analysis

Lehrinhalte

- Fluiddynamik und Elastizitätstheorie insbesondere mehrphasiger Medien,
- Magnetofluiddynamik

Voraussetzung	**Credits**
Hauptmodule Partielle Differentialgleichungen III	3
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab zweitem Semester Master	Je nach Gesamtangebot in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 2 SWS	Klausur/mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung
- 90 h

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Eine Prüfung im Spezialgebiet (Analysis), Masterarbeit

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Hyperbolische Aspekte der Einsteinschen Feldgleichungen	3	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur/mündl. Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Hyperbolische Aspekte der Einsteinschen Feldgleichungen

Übermodul

Hyperbolische Aspekte der Einsteinschen Feldgleichungen

Dozenten:

Dozenten der Analysis

Lehrinhalte

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

Voraussetzung	Credits
Hauptmodul Partielle Differentialgleichungen II	3
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab zweitem Semester Master	Je nach Gesamtangebot in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 2 SWS	Klausur/mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung
- 90 h

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Eine Prüfung im Spezialgebiet (Analysis), Masterarbeit

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Spezialisierungsmodul: Dynamische Systeme	3	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung "Analysis und Numerik"

Modulnote

Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

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.

Moduleinheit

Dynamische Systeme

Übermodul

Dynamische Systeme

Dozenten:

Dozenten 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.

Voraussetzung	**Credits**
Partielle Differentialgleichungen II	3
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab zweites Semester Master	Je nach Bedarf in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 2 SWS	Klausur/mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium in Vorlesung (28 Stunden) (übers ganze Semester)
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung
- 90 Stunden

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Eine Prüfung im Spezialgebiet (Partielle Differentialgleichungen, Analysis)

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Dynamische Systeme	6	2 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur/mündl. Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Dynamische Systeme I

Übermodul

Dynamische Systeme I

Dozenten:

Dozenten der Analysis

Lehrinhalte

- Normal hyperbolisch invariante Mannigfaltigkeiten,
- geometrische singuläre Störungstheorie

Voraussetzung Kenntnisse im Umfang Analysis I-III, Funktionalanalysis	**Credits** 3
Empfohlenes Semester Ab erstem Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Je nach Gesamtangebot in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht Spezialisierungsmodul, Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur/mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung
- 90 h

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Eine Prüfung im Spezialgebiet (Analysis), Masterarbeit

Moduleinheit **Dynamische Systeme II**	
Übermodul Dynamische Systeme II	
Dozenten: Dozenten der Analysis	
Lehrinhalte endlich-dimensionale und unendlich-dimensionale Hamiltonsche Systeme, KAM-Theorie	
Voraussetzung Kenntnisse im Umfang Analysis I-III, Funktionalanalysis	**Credits** 3
Empfohlenes Semester Ab zweitem Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Je nach Gesamtangebot in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht Spezialisierungsmodul, Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur/mündliche Prüfung
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Prüfungsvorbereitung - 90 h	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent	
Vorlesung legt Grundlagen für Eine Prüfung im Spezialgebiet (Analysis) / Masterarbeit	

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Stabilität und Spektrum	3	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur/mündl. Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Stabilität und Spektrum

Übermodul

Stabilität und Spektrum

Dozenten:

Dozenten der Analysis

Lehrinhalte

Spektrum und Stabilität nichtlinearer Wellen in evolutionären Systemen

Voraussetzung	Credits
Kenntnisse im Umfang Analysis I-III, Funktionalanalysis	3
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab erstem Semester Master	Je nach Gesamtangebot in der Analysis
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Spezialisierungsmodul, Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 2 SWS	Klausur/mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Prüfungsvorbereitung
- 90 h

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Eine Prüfung im Spezialgebiet (Analysis), Masterarbeit

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Optimierungsverfahren in Banachräumen	5	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Spezialisierungsmodul im Vertiefungsgebiet „Analysis und Numerik“ im Master Mathematik

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Optimierungsverfahren in Banachräumen

Übermodul

Spezialisierungsmodul Optimierungsverfahren in Banachräumen

Dozenten:

Dozenten aus der Numerik

Lehrinhalte

- global konvergente Abstiegsverfahren
- Newtonartige Verfahren
- SQP-Verfahren

Voraussetzung	Credits
Ergänzungsmodul Optimierung aus dem Bachelor und Wahlmodul Numerische Verfahren der restringierten Optimierung aus dem Master	5
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
erstes oder drittes Semester Master	Wintersemester (alle 2-3 Jahre)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	- mündl. oder schriftl. Prüfung - erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent für die Vorlesung
- 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten (SoSe 09/10)

Modultitel	Credits	Dauer
Wahlmodul: Numerische Verfahren der restringierten Optimierung	5	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Wahlmodul in der Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” im Master Mathematik

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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 Optimalitätsbedingungen 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.

Moduleinheit **Numerische Verfahren der restringierten Optimierung**	
Übermodul Wahlmodul Numerische Verfahren der restringierten Optimierung	
Dozenten: Dozenten aus der Numerik	
Lehrinhalte - global konvergente Abstiegsverfahren - Newtonartige Verfahren - SQP-Verfahren	
Voraussetzung Basismodule Analysis, Lineare Algebra und Praktische Mathematik, Ergänzungsmodul Optimierung	**Credits** 5
Empfohlenes Semester ab dem ersten Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** alle 2-3 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht - Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** - Deutsch
Lehrform/SWS - Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	**Prüfungsleistung** - mündl. oder schriftl. Prüfung - erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium in Vorlesung und Übung - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Übungsaufgaben - Programmierübungen - Prüfungsvorbereitung - 150 h	

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent für die Vorlesung
- 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten (SoSe 09/10)

Modultitel	Credits	Dauer
Wahlmodul: Modellreduktion mit Proper Orthogonal Decomposition	5	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Wahlmodul in der Vertiefungsrichtung “Analysis und Numerik” im Master Mathematik

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Modellreduktion mit Proper Orthogonal Decomposition

Übermodul

Wahlmodul Modellreduktion mit Proper Orthogonal Decomposition

Dozenten:

Dozenten aus der Numerik

Lehrinhalte

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

Voraussetzung	Credits
Basismodule Analysis, Lineare Algebra und Praktische Mathematik, Ergänzungsmodul Optimierung	5
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
ab dem ersten Semester Master	alle 2-3 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
- Wahlpflichtveranstaltung -	- Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	- mündl. oder schriftl. Prüfung - erfolgreiche Bearbeitung der Übungsblätter

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:
- 1 Dozent für die Vorlesung - 3 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten (SoSe 09/10)

Reelle Geometrie und Algebra

Modultitel **Hauptmodul: Reelle algebraische Geometrie I**	**Credits** 9	**Dauer** 1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Reelle Geometrie und Algebra” oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Reelle algebraische Geometrie I

Übermodul

Reelle algebraische Geometrie I

Dozenten:

Dozenten des Schwerpunktes “Reelle Geometrie und Algebra”

Lehrinhalte

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

Voraussetzung	**Credits**
- Aufbaumodul Algebra - Vertiefungsmodul Geometrie und Algebra	9
Empfohlenes Semester erstes Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Wintersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht Hauptmodul oder Wahlmodul	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS - Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur oder mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent
- 1 Tutor

Vorlesung legt Grundlagen für

Hauptmodul Reelle algebraische Geometrie II, Masterarbeit in Geometrie und Algebra

Modultitel	Credits	Dauer
Hauptmodul: Reelle algebraische Geometrie II	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Reelle Geometrie und Algebra” oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit	
Reelle algebraische Geometrie II	
Übermodul Reelle algebraische Geometrie	
Dozenten: Dozenten des Schwerpunktes “Reelle Geometrie und Algebra”	
Lehrinhalte Positive Polynome und Quadratsummen, Archimedizität, Darstellungssatz, Diskussion von ausgewählten Anwendungen	
Voraussetzung Hauptmodul Reelle algebraische Geometrie I	**Credits** 9
Empfohlenes Semester zweites Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Sommersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht Hauptmodul	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur oder mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung (45+22,5 Stunden) (übers ganze Semester)
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung
- 270 h

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent
- 1 Tutor

Vorlesung legt Grundlagen für

Weitere Vertiefung und Masterarbeit im Schwerpunkt “Reelle Geometrie und Algebra”

Modultitel	Credits	Dauer
Hauptmodul: Modelltheorie	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Reelle Geometrie und Algebra” oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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 modelltheoretischen 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.

Moduleinheit

Modelltheorie

Übermodul

Modelltheorie

Dozenten:

Dozenten des Schwerpunktes “Reelle Geometrie und Algebra”

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)

Voraussetzung	Credits
- Aufbaumodul Algebra - Vertiefungsmodul Mengenlehre	9
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
erstes Semester Master	Alle 1-2 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflicht	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:
- 1 Dozent - 1 Tutor
Vorlesung legt Grundlagen für
Master-Arbeit in Modelltheorie und Algebra

Modultitel	**Credits**	**Dauer**

Hauptmodul: Bewertungs-theorie	9	1 Semester
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Master Mathematik - Hauptmodul in Vertiefungsrichtung “Reelle Geometrie und Algebra” oder Wahlmodul		
Modulnote - Klausur oder mündliche Prüfung		
Modul-Einheiten - 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.		

Moduleinheit **Bewertungstheorie**	
Übermodul Modelltheoretische Algebra	
Dozenten: Dozenten des Schwerpunktes “Reelle Geometrie und Algebra”	
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.	
Voraussetzung Aufbaumodul Algebra. Mengenlehre- und Modelltheorie-Vorlesungen werden empfohlen.	**Credits** 9
Empfohlenes Semester zweites Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Alle 1 – 2 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht Hauptmodul	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur oder mündliche Prüfung
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium in Vorlesung und Übung - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Übungsaufgaben - Klausurvorbereitung - 270 h	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent, 1 Tutor	
Vorlesung legt Grundlagen für Weitere Vertiefung und Master-Arbeit	

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Spezialisierungsmodul: Proendliche Gruppen und Galois-Kohomologie	6	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Bachelor Mathematik
- Master Mathematik: Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra" oder Wahlmodul

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- Proendliche Gruppen und Galois-Kohomologie

Lernziele

- Vertiefung des Verständnis der aus der endlichen Galoistheorie bekannten Zusammenhänge zwischen Gruppen- und Körpertheorie
- Studium topologischer Gruppen am Beispiel der proendlichen Gruppen
- Einblick in die Nützlichkeit von Kohomologietheorien

Kompetenzen

Die Studierenden

- können die aus der endlichen Galoistheorie bekannten Zusammenhänge zwischen Gruppen- und Körpertheorie auf unendliche Galoiserweiterungen übertragen,
- verstehen die Notwendigkeit, Automorphismengruppen mit zusätzlicher topologischer Struktur zu versehen und können Ihr Wissen über topologische Gruppen auf Situationen außerhalb der Galoistheorie anwenden,
- sind in der Lage, die Adäquatheit abstrakter kohomologischer Methoden zur Lösung eines konkreten Problems zu beurteilen und gegen elementarere Ansätze abzuwägen.

Moduleinheit

Proendliche Gruppen und Galois-Kohomologie

Übermodul

Proendliche Gruppen und Galois-Kohomologie

Dozenten:

Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra"

Lehrinhalte

Erweiterung der Galois-Korrespondenz auf unendliche Galoiserweiterungen und Studium der dabei auftretenden Gruppen: topologische Gruppen, Krulltopologie und proendliche Gruppen, Grundlagen homologischer Algebra, Einführung in die Kohomologie proendlicher Gruppen, Eigenschaften absoluter Galoisgruppen

Voraussetzung	**Credits**
- Algebra - Mengentheoretische Topologie	6
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab fünftes Semester Bachelor oder erstes Semester Master	alle 1-2 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 3 SWS, Übung 1 SWS	Klausur

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Vorlesung legt Grundlagen für

Fachseminar Inverse Galoistheorie

Modultitel (Beispiel)	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Positive Polynome und Optimierung	5	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Master Mathematik - Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra“ oder Wahlmodul
Modulnote - Klausur oder mündliche Prüfung
Modul-Einheiten - Positive Polynome und Optimierung
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.

Moduleinheit (Beispiel)	
Positive Polynome und Optimierung	
Übermodul Positive Polynome und Optimierung	
Dozenten: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“	
Lehrinhalte Semidefinite Optimierung (SDP), Dualität in SDP, Gram-Matrix-Methode, polynomiale Optimierungsprobleme, Lasserre-Relaxierungen, Quadratsummendarstellungen (mit Gradschranken), (trunkiertes) Momentenproblem, Spektraeder und semidefinite Darstellungen	
Voraussetzung Basismodul und Aufbaumodul Algebra, Hauptmodul Reelle Algebraische Geometrie	**Credits** 5
Empfohlenes Semester Ab fünftes Semester Bachelor oder erstes Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** in der Regel Wintersemester (unregelmäßig; aber jährlich etwas ähnliches)
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** Deutsch oder Englisch
Lehrform/SWS Vorlesung 2 SWS, Übung 1 SWS	**Prüfungsleistung** - Klausur oder mündliche Prüfung - 50% in den Übungsblättern
Arbeitsaufwand - 22,5h Präsenz in der Vorlesung - 11,25h Präsenz in der Übung - 90h Lösen der Übungsblätter - 26,25h Klausurvorbereitung - insgesamt 150 Stunden	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent	

Modultitel **Spezialisierungsmodul: Algebraische Funktionenkörper und Kurven**	Credits 5	Dauer 1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik: Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra“ oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur Algebraische Funktionenkörper und Kurven

Modul-Einheiten

- Algebraische Funktionenkörper und Kurven

Lernziele

- Verständnis der Zusammenhänge zwischen Geometrie und Arithmetik
- Anwendung der Bewertungstheorie, Verbindungen zur algebraischen Geometrie

Kompetenzen

Die Studierenden

- kennen die Grundlagen der Theorie der algebraischen Funktionenkörper und können grundlegende Begriffe wie Divisor, Differential und Geschlecht einordnen,
- sind in der Lage, die Beweise des Satzes von Riemann-Roch, der Riemann-Hurwitzschen Geschlechtsformel und des Dedekindschen Differentensatzes zu skizzieren,
- verstehen, wie diese Sätze zur Untersuchung rationaler, elliptischer und hyperelliptischer Funktionenkörper angewandt werden können,
- sind in der Lage, dies auf weitere einfache Beispiele zu übertragen, etwa um das Geschlecht zu ermitteln, um anhand des Geschlechts Voraussagen über das Verhalten des Funktionenkörpers zu treffen oder um Funktionenkörper mit vorgegebenen Eigenschaften zu konstruieren,
- erkennen Zusammenhänge zur algebraischen Geometrie, zur algebraischen Topologie (z.B. Euler-Charakteristik) und zur Funktionentheorie (kompakte Riemannsche Flächen).

Moduleinheit

Algebraische Funktionenkörper und Kurven

Übermodul

Algebraische Funktionenkörper und Kurven

Dozenten:

Dozenten des Schwerpunktes Reelle Geometrie und Algebra

Lehrinhalte

Algebraische Funktionenkörper einer Variablen (d.h. endlich erzeugte Körpererweiterungen vom Transzendenzgrad 1) und ihre Verbindung zu algebraischen Kurven und Riemannschen Flächen: Divisoren, Differentiale, Geschlecht, Satz von Riemann-Roch, Riemann-Hurwitz Formel, elliptische und hyperelliptische Funktionenkörper, globale Funktionenkörper und Riemannsche Vermutung

Voraussetzung	Credits
- Algebra - Bewertungstheorie	5
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab 1. Semester Master	alle 1-2 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	Klausur

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Quadratische Formen	5	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik: Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra“ oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Quadratische Formen

Übermodul

Quadratische Formen

Dozenten:

Dozenten des Schwerpunktes “Reelle Geometrie und Algebra”

Lehrinhalte

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

Voraussetzung Aufbaumodul Algebra	**Credits** 5
Empfohlenes Semester Master, beliebiges Semester	**Häufigkeit des Angebots** alle 2-3 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht Master, Spezialisierungsmodul oder Wahlmodul	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 2 SWS, Übung 1 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur oder mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

150 h

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent
- eventuell 1 Tutor

Modultitel **Spezialisierungsmodul: Torische Varietäten**	**Credits** 5	**Dauer** 1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik: Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra“ oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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 Studierenden

- 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.

Moduleinheit

Torische Varietäten

Übermodul

Torische Varietäten

Dozenten:

Dozenten des Schwerpunktes “Reelle Geometrie und Algebra”

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

Voraussetzung	**Credits**
- Aufbaumodul Algebra - Vertiefungsmodul Algebra und Geometrie	5
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Master, 3. oder 4. Semester	alle 3-4 Jahre
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Master, Spezialisierungsmodul	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 2 SWS, Übung 1 SWS	Klausur oder mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

150 h

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Spezialisierungsmodul: Darstellungstheorie und Invariantentheorie endlicher Gruppen	10	2 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master
- Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung „Reelle Geometrie und Algebra“ oder Wahlmodul

Modulnote

- Klausur oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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

Die Studierenden

- 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.

Moduleinheit

Darstellungstheorie endlicher Gruppen

Übermodule

- Darstellungstheorie endlicher Gruppen
- Darstellungstheorie und Invariantentheorie endlicher Gruppen

Dozenten:

Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“

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

Voraussetzung	**Credits**
Kenntnisse aus der Linearen Algebra I und der Einführung in die Algebra	5
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Drittes Semester Master	in der Regel Wintersemester, etwa alle drei Jahre
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch oder Englisch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 2 SWS Übung 1 SWS	- Klausur oder mündliche Prüfung - 50% in den Übungsblättern

Arbeitsaufwand

22,5h Präsenz in der Vorlesung, 11,25h Präsenz in der Übung, 90h Lösen der Übungsblätter, 26,25h Klausurvorbereitung

Betreuung der Studenten:
1 Dozent, für Übung ein Tutor (meist Assistent)
Vorlesung legt Grundlagen für
Masterarbeit oder Anwendung im Beruf

Moduleinheit **Invariantentheorie endlicher Gruppen**	
Übermodule Darstellungstheorie und Invariantentheorie endlicher Gruppen	
Dozenten: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“	
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	
Voraussetzung Kenntnisse aus der Linearen Algebra I und der Einführung in die Algebra	**Credits** 5
Empfohlenes Semester Viertes Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** in der Regel Sommersemester etwa alle drei Jahre
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflichtveranstaltung	**Sprache** Deutsch oder Englisch
Lehrform/SWS - Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	**Prüfungsleistung** - Klausur oder mündliche Prüfung - 50% in den Übungsblättern

Arbeitsaufwand
22,5h Präsenz in der Vorlesung, 11,25h Präsenz in der Übung, 90h Lösen der Übungsblätter, 26,25h Klausurvorbereitung
Betreuung der Studenten:
1 Dozent, für Übung ein Tutor (meist Assistent)
Vorlesung legt Grundlagen für
Anwendung im Beruf

Differentialgeometrie und Topologie

Modultitel	Credits	Dauer
Hauptmodul: Differentialgeometrie II	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik: Hauptmodul in der gelegentlich angebotenen Vertiefungsrichtung „Differentialgeometrie“ oder Wahlmodul

Modulnote

Schriftliche und mündliche Prüfungen

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Differentialgeometrie II

Übermodul

Differentialgeometrie II

Dozenten:

Prof. Dr. Oliver Schnürer

Lehrinhalte

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

Voraussetzung	Credits
Differentialgeometrie I	9
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Ab dem 1. Semester Master oder bereits im Bachelor	gelegentlich (anschließend an Differentialgeometrie I)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflicht	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	Mündliche oder schriftliche Prüfung

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent
- 1 Tutor (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten

Vorlesung legt Grundlagen für

Spezialisierung in Differentialgeometrie, geometrischer Analysis und Masterarbeit

Modultitel	Credits	Dauer
Hauptmodul: Klassische Lösungen partieller Differentialgleichungen	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik: Hauptmodul in der gelegentlich angebotenen Vertiefungsrichtung „Differentialgeometrie“ oder Wahlmodul

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- Klassische Lösungen partieller Differentialgleichungen

Lernziele

- Vertiefte Kenntnisse über abstrakte und eingebettete Mannigfaltigkeiten

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.

Moduleinheit

Beispielhafte Titel: **Klassische Lösungen partieller Differentialgleichungen,**
Voll nichtlineare partielle Differentialgleichungen

Übermodul

Klassische Lösungen partieller Differentialgleichungen

Dozenten:

Dozenten der Differentialgeometrie

Lehrinhalte

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

Voraussetzung	Credits
Theorie partieller Differentialgleichungen	9
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
zweites Semester	unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflicht	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS	Mündliche bzw. schriftliche Prüfung

Arbeitsaufwand

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

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent
- 1 Tutor (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten

Vorlesung legt Grundlagen für
Vertiefung und Masterarbeit in Geometrischer Analysis

Modultitel	Credits	Dauer
Hauptmodul: Geometrische Analysis	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik: Hauptmodul in der gelegentlich angebotenen Vertiefungsrichtung „Differentialgeometrie“ oder Wahlmodul

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Beispielhafte Titel: **Geometrische Analysis**
Geometrische Evolutionsgleichungen

Übermodul

Vertiefung in geometrischer Analysis

Dozenten:

Prof. Dr. Oliver Schnürer

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

Voraussetzung Kenntnisse in Differentialgeometrie und partiellen Differentialgleichungen	**Credits** 9
Empfohlenes Semester Ab dem zweiten Semester	**Häufigkeit des Angebots** unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflicht	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS	**Prüfungsleistung** In der Regel mündliche Prüfung

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium in Vorlesung (und Übung)
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung bzw. Prüfungsvorbereitung

- 270 h
Betreuung der Studenten: - 1 Dozent - 1 Tutor (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten
Vorlesung legt Grundlagen für Vertiefung und Masterarbeit in Geometrischer Analysis

Stochastik

Modultitel	Credits	Dauer
Hauptmodul: Mathematische Statistik	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Bachelor Mathematik
- Master Mathematik
- Haupt- oder Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung “Stochastik”

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Mathematische Statistik

Übermodul

Hauptmodul Mathematische Statistik

Dozenten:

Jan Beran

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

Voraussetzung Wahrscheinlichkeitstheoretische / Statistische Kenntnisse im Umfang der Stochastik I sowie deren Voraussetzungen	**Credits** 9
Empfohlenes Semester 5. Bachelor-/ 1. Master-Semester	**Häufigkeit des Angebots** Wintersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflicht Bachelor und Master Mathematik	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Vorlesung 4 SWS, Übung 2 SWS	**Prüfungsleistung** - Abschlussklausur - Übungsleistungen können in die Endnote mit eingehen

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung 84 Stunden - Selbststudium 180 Stunden - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Bearbeiten von Übungsaufgaben - Klausurvorbereitung
Betreuung der Studenten: - 1 Dozent - 2 Tutoren/Übungsgruppenleiter, max. 15 Teilnehmer pro Übungsgruppe

Modultitel	Credits	Dauer
Hauptmodul: Zeitreihenana-lyse	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Haupt- oder Spezialisierungsmodul in Vertiefungsrichtung “Stochastik”
- Wahlmodul

Modulnote

- Klausur und Übungen

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Zeitreihenanalyse

Übermodul

Hauptmodul Stochastik

Dozenten:

Jan Beran

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.

Voraussetzung	Credits
- Wahrscheinlichkeitstheoretische/Statistische Kenntnisse im Umfang der Stochastik I sowie deren Voraussetzungen	9
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Zweites oder viertes Semester Master	Sommersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
- Wahlpflichtveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	- Abschlussklausur - Übungsleistungen können in die Abschlussnote eingehen

Arbeitsaufwand

- Präsenz in Vorlesungen und Übungen 64 Stunden
- Selbststudium 206 Stunden
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Bearbeiten von Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studenten:

- 1 Dozent
- 1 Tutor bzw. Übungsgruppenleiter (i. d. R. ein Mitarbeiter). Maximal 15 Teilnehmer pro Übungsgruppe

Modultitel **Hauptmodul: Stochastik II – Stochastische Prozesse I**	Credits 9	Dauer 1 Semester
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Master Mathematik - Haupt- oder Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung “Stochastik”		
Modulnote - Schriftliche oder mündliche Prüfung		
Modul-Einheiten - Stochastische Prozesse I		
Lernziele - Brownsche Bewegung - Stochastische Prozesse - Seminartingale - Stochastische Analysis - Stochastische Differentialgleichungen		
Kompetenzen Die Studierenden - verfügen über Wissen im Bereich der stochastischen Analysis stetiger Semimartingale und sind in der Lage, Semimartingalzerlegungen zu identifizieren, - können stochastische Integrale konstruieren und die wesentlichen Gesetzmäßigkeiten differenziert anwenden, - sind in der Lage, die gelernten Konzepte auf die Modellbildung mittels stochastischer Differentialgleichungen zu transferieren und damit insbesondere typische Optimierungs- und Filterprobleme im Bereich des Mathematical Finance zu formulieren.		

Moduleinheit **Stochastische Prozesse I**	
Übermodul Hauptmodul Stochastik II – Stochastische Prozesse I	
Dozenten: Micheal Kupper	
Lehrinhalte - - Theorie der stochastischen Prozesse - - Brownsche Bewegung, Seminartingale, Itô Integral, stochastische Differentialgleichungen, stochastische Kontrolltheorie, Beziehungen zu pdes, Anwendungen - - Die Veranstaltung vermittelt die mathematischen Fähigkeiten, die es den StudentInnen ermöglicht, stochastische dynamische Systeme zu modellieren und Aussagen aus diesen herzuleiten.	
Voraussetzung Aufbaumodel Stochastik	**Credits** 9
Empfohlenes Semester Erstes Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Wintersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht - Pflichtveranstaltung	**Sprache** - Englisch
Lehrform/SWS - Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	**Prüfungsleistung** - - Klausur über Stochastik II - - Erfolgreiche Teilnahme an den Tutoriaten ist Voraussetzung zur Zulassung zur Klausur
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium in Vorlesung (45 Stunden) und Übung (23 Stunden) (übers ganze Semester) - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Übungsaufgaben - Klausurvorbereitung - Selbststudium 202 Stunden	

Betreuung der Studenten: - 1 Dozent - 1 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten
Vorlesung legt Grundlagen für: Behandlung stochastischer dynamischer Systeme

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Hauptmodul: Stochastik III – Stochastische Prozesse II	9	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Master Mathematik
- Haupt- oder Spezialisierungsmodul in der Vertiefungsrichtung "Stochastik"
- Wahlmodul

Modulnote

- Schriftliche oder mündliche Prüfung

Modul-Einheiten

- Stochastische Prozesse II

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 von Merton, Black-Scholes und so weiter werden in einer zeitgemäßen mathematisch exakten Form hergeleitet. Neue Ergebnisse zur Arbitrage-Theorie, zum Portfoliomanagement, zum Hedging in unvollständigen Märkten und Modelle zum Credit Risk 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 lokale Martingalmaße auf die Portfoliooptimierung anzuwenden,
- können verschiedene Methoden wie BSDE und Superhedging z.B. bei der Portfoliooptimierung kombinieren,
- sind in der Lage, zu bewerten, unter welchen Bedingungen verschiedene Ansätze zur Behandlung von Portfoliomanagement oder Hedgingproblemen geeignet sind.

Moduleinheit

Stochastische Prozesse II

Übermodul

Hauptmodul Stochastik III – Stochastische Prozesse II

Dozenten:

Micheal Kupper

Lehrinhalte

- - Allgemeines Marktmodell
- - Selbstfinanzierende Strategien
- - Numéraire
- - lokale Martingalmaße
- - Arbitrage
- - Vollständige Märkte
- - Portfolieoptimierung
- - BSDE-Ansatz
- - Superhedging

Voraussetzung	**Credits**
Stochastische Prozesse I	9
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Zweites Semester Master	Sommersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflicht	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	Schriftliche oder mündliche Prüfung über Stochastik III

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium in Vorlesung (45 Stunden) und Übung (23 Stunden) (übers ganze Semester)
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

- Selbststudium 202 Stunden
Betreuung der Studenten: - 1 Dozent - 1 Tutoren (meist studentischer Mitarbeiter) auf 20 Studenten
Vorlesung legt Grundlagen für: Anwendung im Beruf

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Multivariate Statistik	5	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Bachelor Mathematik
- Master Mathematik
- Vertiefungsrichtung “Stochastik”

Modulnote

- Schriftliche Klausur

Modul-Einheiten

- 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.

Moduleinheit

Multivariate Statistik

Übermodul

Spezialisierungsmodul Multivariate Statistik

Dozenten:

Volker Bürkel

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.

Voraussetzung	Credits
Stochastik I und deren Voraussetzungen, insbesondere Lineare Algebra I, II	5
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Zweites Semester Master	Sommersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Vorlesung 2 SWS, Übung 2 SWS	Abschlussklausur

Arbeitsaufwand

- Präsenzstudium in Vorlesung und Übung 56 Stunden
- Selbststudium 94 Stunden
- Vor- und Nachbereitung der Vorlesung
- Übungsaufgaben
- Klausurvorbereitung

Betreuung der Studenten:
1 Dozent

Modultitel **Spezialisierungsmodul: Versicherungsmathematik**	Credits 4	Dauer 1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Bachelor Mathematik
- Master Mathematik
- Vertiefungsrichtung “Stochastik”

Modulnote

- Schriftliche Klausur

Modul-Einheiten

- 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.

Die Studierenden

- 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.

Moduleinheit

Versicherungsmathematik

Übermodul

Spezialisierungsmodul Versicherungsmathematik

Dozenten:

Volker Bürkel

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.

Voraussetzung	Credits
Stochastik I oder gleichwertige Kenntnisse	4

Empfohlenes Semester	Häufigkeit des Angebots
Erstes Semester Master	Wintersemester (jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlveranstaltung	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
- Vorlesung 2 SWS - Übung 2 SWS	Abschlussklausur
Arbeitsaufwand	
- Präsenzstudium in Vorlesung und 56 Stunden - Selbststudium 60 Stunden - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Übungsaufgaben - Klausurvorbereitung	
Betreuung der Studenten:	
1 Dozent	

Modultitel	Credits	Dauer
Spezialisierungsmodul: Bayesstatistik	5	1 Semester
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Master Mathematik - Vertiefungsrichtung “Stochastik”		
Modulnote - Schriftliche Klausur		
Modul-Einheiten - Bayesstatistik		

Moduleinheit	
Bayesstatistik	
Übermodul Spezialisierungsmodul Bayesstatistk	
Dozenten: Dozenten des Schwerpunktes „Stochastik“	
Lehrinhalte Beispielsweise: Ein- und mehrparametrige Modelle, uninformative a priori-Verteilungen, Asymptotik, nicht-normale Verteilungen, Markov-Ketten, Monte-Carlo-Simulation, Regressionsmodelle	
Voraussetzung Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Mathematische Statistik hilfreich	**Credits** 5
Empfohlenes Semester Erstes oder drittes Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht Wahlveranstaltung	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS - Vorlesung 2 SWS - Übung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur, Übungen können in die Endnote mit eingehen
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium in Vorlesung und Übung 56 Stunden - Selbststudium 90 Stunden - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Übungsaufgaben - Klausurvorbereitung	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent	

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Spezialisierungsmodul: Lineare Modelle	5	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Master Mathematik - Vertiefungsrichtung “Stochastik”
Modulnote - Schriftliche Klausur
Modul-Einheiten - Lineare Modelle

Moduleinheit	
Lineare Modelle	
Übermodul Spezialisierungsmodul Lineare Modelle	
Dozenten: Dozenten des Schwerpunktes „Stochastik“	
Lehrinhalte Beispielsweise: Multivariate Regression, Tests und Konfidenzbereiche, polychotome Variablen, nicht-normale Verteilungen, ungleiche Varianzen, korrelierte Fehler, Ausreisser, Multikollinearität, Variablenauswahl, Transformationen, Verallgemeinerte Lineare Modelle	
Voraussetzung Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Mathematische Statistik hilfreich	**Credits** 5
Empfohlenes Semester Erstes oder drittes Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** Unregelmäßig
Pflicht/Wahlpflicht Wahlveranstaltung	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS - Vorlesung 2 SWS - Übung 2 SWS	**Prüfungsleistung** Klausur, Übungen können in die Endnote mit eingehen
Arbeitsaufwand - Präsenzstudium in Vorlesung und Übung 56 Stunden - Selbststudium 90 Stunden - Vor- und Nachbereitung der Vorlesung - Übungsaufgaben - Klausurvorbereitung	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent	

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Fachseminar: Extremwertthe-orie	4	1 Semester
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Bachelor Mathematik - Master Mathematik - Vertiefungsrichtung "Stochastik"		
Modulnote - Bewerteter Vortrag		
Modul-Einheiten - Seminar zur Extremwerttheorie		
Lernziele - Extremwerte spielen in vielen Anwendungsgebieten eine wichtige Rolle. Beispiele sind die Abschätzung des Risikos von Finanzmarktportfolios, Risiko bei Versicherungen, Wahrscheinlichkeit von Naturkatastrophen usw. In der Moduleinheit (Seminar) werden mathematische Grundlagen, Anwendungen der Extremwerttheorie und verwandte Themen besprochen.		
Kompetenzen Die Studierenden - lernen wesentliche Eigenschaften der Fluktuation von laufenden Maxima und Ordnungsstatistiken kennen, - können Parameter von Extremalereignissen und von „heavy-tailed"-Daten schätzen.		

Moduleinheit **Seminar „Extremwerttheorie"**	
Übermodul Fachseminar Extremwerttheorie	
Dozenten: Jan Beran	
Lehrinhalte Beispielsweise: Grundzüge der Risikotheorie, Fluktuation von Summen, Extrema und Ordnungsstatistiken, Zugang zu Extrema über Punkt-Prozesse, statistische Methoden für extreme Ereignisse, Zeitreihenanalyse für *heavy tails*, Extremalindex, Großschadensindex, Large Deviations	
Voraussetzung Stochastik I	**Credits** 3
Empfohlenes Semester 5. Bachelor- / 1. Master-Semester	**Häufigkeit des Angebots** Wintersemester (i. d. R. jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht Wahlpflicht Bachelor und Master Mathematik	**Sprache** Deutsch
Lehrform/SWS Seminar 2 SWS	**Prüfungsleistung** Bewerteter Vortrag
Arbeitsaufwand - Präsenz im Seminar 28 Stunden - Ausarbeitung des Vortrags - Vor- und Nachbereitung des Seminars 60 Stunden	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent	

Modultitel	**Credits**	**Dauer**
Fachseminar: Fraktale	4	1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit

- Bachelor / Master Mathematik
- Vertiefungsrichtung "Stochastik"

Modulnote

- Bewerteter Vortrag

Modul-Einheiten

- Seminar Fraktale

Lernziele

- Fraktale fanden seit dem Erscheinen der Bücher von Benoit Mandelbrot nicht nur in der Mathematik sondern in vielen Bereichen der Wissenschaft, und darüber hinaus (z.B. Kunst), zahlreiche Anwendungen. Mathematisch sind deterministische und stochastische Fraktale insbesondere deshalb interessant, weil ihre fraktale Dimension nicht mit der topologischen übereinstimmt. Für Anwendungen ist die dadurch implizierte Unregelmäßigkeit, die aber trotzdem einer Gesetzmäßigkeit gehorcht, wertvoll.

Kompetenzen

Die Studierenden
- lernen das Konzept der Fraktalen Dimension und Verfahren zu deren Bestimmung kennen,
- können mit Hilfe unterschiedlicher Techniken (deterministische und stochastische) Fraktale analysieren.

Moduleinheit

Seminar „Fraktale“

Übermodul

Fachseminar Fraktale

Dozenten:

Jan Beran

Lehrinhalte

Beispielsweise: Hausdorff-Maß und -Dimension und alternative Dimensions-Definitionen, Bestimmung fraktaler Dimensionen, Projektionen, Produkte und Schnitte von Fraktalen, Transformationen und selbstähnliche Mengen, Graphen von Funktionen als fraktale Objekte, dynamische Systeme, zufällige Fraktale, Brownsche Bewegung und Brownsche Flächen

Voraussetzung	**Credits**
Stochastik I	3
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
6. Bachelor / 2. Master-Semester	Sommersemester (i. d. R. jährlich)
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Wahlpflicht Bachelor und Master Mathematik	Deutsch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
Seminar 2 SWS	Bewerteter Vortrag

Arbeitsaufwand

- Präsenz im Seminar 28 Stunden
- Erstellen eines Vortrages
- Vor- und Nacharbeiten des Seminars 60 Stunden

Betreuung der Studenten:

1 Dozent

Allgemeiner Teil

Modultitel **Fachseminar**	Credits 4	Dauer 1 Semester

Studienprogramm/ Verwendbarkeit
- Pflicht Master Mathematik

Modulnote
- unbenotet oder gemäß Bewertung des mündlichen Vortrags

Modul-Einheiten
- Fachseminar

Kompetenzen
- Fähigkeit zur eigenständigen wissenschaftlichen Einarbeitung in ein anspruchsvolles wissenschaftliches Spezialthema zum Beispiel durch Literaturrecherche in englischsprachiger Literatur
- 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

Moduleinheit
Fachseminar

Übermodul
Fachseminar

Dozenten:
Dozenten des Fachbereichs

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 wird zu jeder Präsentation mit einem wissenschaftlichen Textsatzsystem (meist LaTeX) angefertigt und im Plenum verteilt.

Voraussetzung	Credits
Mindestens ein Hauptmodul und vertiefte Kenntnisse aus dem Umfeld des jeweiligen Themas	3
Empfohlenes Semester	**Häufigkeit des Angebots**
Zweites oder drittes Semester Master	mindestens jährlich
Pflicht/Wahlpflicht	**Sprache**
Pflicht	Deutsch oder Englisch
Lehrform/SWS	**Prüfungsleistung**
2 SWS	Mündlicher Vortrag, Präsenz, aktive Teilnahme und evtl. schriftliche Ausarbeitung

Arbeitsaufwand
- Anwesenheit und Präsenzbetreuung 30h
- Einarbeitung 40h
- Vortragsvorbereitung 20h
- insgesamt 90h

Betreuung der Studenten:
1 Dozent und/oder 1 Mitarbeiter

Modultitel	Credits	Dauer
Berichtseminar	3	1 Semester
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Pflicht Master Mathematik		
Modulnote - unbenotet oder gemäß Bewertung des mündlichen Vortrags		
Modul-Einheiten - Berichtseminar		
Kompetenzen - Fähigkeit zur Kommunikation in der Gruppe über ein anspruchsvolles wissenschaftliches Spezialthema - 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		

Moduleinheit	
Berichtseminar	
Übermodul Berichtseminar	
Dozenten: Dozenten des Fachbereichs	
Lehrinhalte Richten sich nach den ausgegeben Themen der Master-Arbeit beim jeweiligen Dozenten.	
Voraussetzung Zwei Hauptmodule, auf denen die Masterarbeit aufbaut	**Credits** 3
Empfohlenes Semester viertes Semester	**Häufigkeit des Angebots** jährlich
Pflicht/Wahlpflicht Pflicht	**Sprache** Deutsch oder Englisch
Lehrform/SWS 2 SWS	**Prüfungsleistung** Mündlicher Vortrag, aktive Teilnahme und evtl. schriftliche Ausarbeitung
Arbeitsaufwand - Anwesenheit und Präsenzbetreuung 30h - Einarbeitung 40h - Vortragsvorbereitung 20h - insgesamt 90h	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent und/oder 1 Mitarbeiter	

Modultitel **Master-Arbeit**	Credits 27	Dauer 6 Monate
Studienprogramm/ Verwendbarkeit - Pflicht Master Mathematik		
Modulnote - gemäß Begutachtung der Arbeit durch zwei Professoren oder Privatdozenten, von denen mindestens einer aus dem Fachbereich sein muss		
Modul-Einheiten - Masterarbeit		
Kompetenzen - 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.		

Moduleinheit **Masterarbeit**	
Übermodul Master-Arbeit	
Dozenten: Professoren und Privatdozenten des Fachbereichs	
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.	
Voraussetzung Zwei Hauptmodule, auf denen die Masterarbeit aufbaut und weitere vertiefende Kenntnisse	**Credits** 27
Empfohlenes Semester Sechstes Semester Master	**Häufigkeit des Angebots** jährlich
Pflicht/Wahlpflicht Pflicht	**Sprache** Deutsch oder Englisch
Lehrform/SWS persönliche Betreuung	**Prüfungsleistung** Masterarbeit
Arbeitsaufwand 810 Stunden Selbststudium	
Betreuung der Studenten: 1 Dozent	