

An aerial photograph of the University of Konstanz campus, showing various buildings with colorful roofs (red, blue, green) and surrounding greenery. A large blue rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the title text. A white 'X' mark is in the top right corner of the blue box.

Modulhandbuch
Bachelor Mathe-
matik

Fachbereich Mathematik und Statistik

Stand 25.06.2018

Inhaltsverzeichnis

1	Qualifikationsziele	4
2	Basismodule	5
2.1	Basismodul Analysis	5
2.1.1	Moduleinheit Analysis I	6
2.1.2	Moduleinheit Analysis II	6
2.2	Basismodul Lineare Algebra	7
2.2.1	Moduleinheit Lineare Algebra I	8
2.2.2	Moduleinheit Lineare Algebra II	9
2.3	Basismodul Praktische Mathematik	9
2.3.1	Moduleinheit Modellierung	10
2.3.2	Moduleinheit Computereinsatz in der Mathematik	11
2.3.3	Moduleinheit Numerik I	11
3	Aufbaumodule	13
3.1	Aufbaumodul Analysis	13
3.1.1	Moduleinheit Analysis III, Teil 1: Gewöhnliche Differentialgleichungen	14
3.1.2	Moduleinheit Analysis III, Teil 2: Maß- und Integrationstheorie	15
3.2	Aufbaumodul Algebra	15
3.2.1	Moduleinheit Einführung in die Algebra	16
3.3	Aufbaumodul Stochastik	17
3.3.1	Moduleinheit Wahrscheinlichkeitstheorie	17
3.3.2	Moduleinheit Statistik	18
3.4	Aufbaumodul Praktische Mathematik	19
3.4.1	Moduleinheit Optimierung	20
3.4.2	Moduleinheit Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	20
4	Vertiefungsmodule	22
4.1	Vertiefungsmodul Analysis und Numerik	22
4.1.1	Moduleinheit Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen I	22
4.2	Vertiefungsmodul Theorie partieller DGL und Differentialgeometrie	23
4.2.1	Moduleinheit Theorie partieller Differentialgleichungen I	24
4.2.2	Moduleinheit Gewöhnliche Differentialgleichungen mit geometrischen Anwendungen	25
4.3	Vertiefungsmodul Geometrie und Algebra	25
4.3.1	Moduleinheit Algorithmische algebraische Geometrie	26
4.4	Vertiefungsmodul Stochastik	26
4.4.1	Moduleinheit Stochastische Prozesse	27
4.4.2	Moduleinheit Stochastische Analysis	28
4.5	Vertiefungsmodul Statistik	28
4.5.1	Moduleinheit Mathematische Statistik I	29

5	Ergänzungsmodule	30
5.1	Ergänzungsmodul Funktionalanalysis	30
5.1.1	Moduleinheit Funktionalanalysis	31
5.2	Ergänzungsmodul Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	32
5.2.1	Moduleinheit Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	32
5.3	Ergänzungsmodul Funktionentheorie	33
5.3.1	Moduleinheit Funktionentheorie	34
5.4	Ergänzungsmodul Optimierung	35
5.4.1	Moduleinheit Optimierung	35
5.5	Ergänzungsmodul Algebraische Zahlentheorie	36
5.5.1	Moduleinheit Algebraische Zahlentheorie	37
5.6	Weitere Ergänzungsmodule	37
6	Seminare und Bachelorarbeit	39
6.1	Proseminar	39
6.1.1	Moduleinheit Proseminar	39
6.2	Fachseminar	40
6.2.1	Moduleinheit Fachseminar	40
6.3	Berichtseminar	41
6.3.1	Moduleinheit Berichtseminar	41
6.4	Bachelorarbeit	42
6.4.1	Moduleinheit Bachelorarbeit	42

1 Qualifikationsziele

Das Mathematikstudium ist eine wissenschaftliche Ausbildung, die die Grundlage für eine spätere Berufstätigkeit in vielfältigen Zweigen der Wirtschaft, Industrie oder Forschung bildet. Das Hauptaugenmerk dieser Ausbildung dient dem Erlernen mathematischer Theorien und Methoden, der praktischen Umsetzung und Anwendung dieser Methoden sowie der Fähigkeit, dieses Wissen zu kommunizieren. Neben der Vermittlung von speziellem mathematischem Wissen werden dabei spezifische Denk- und Arbeitsformen erworben, die sich durch Abstraktionsvermögen, Rigorosität, Kreativität und Hartnäckigkeit auszeichnen. Da diese Fähigkeiten in weiten Bereichen von Industrie und Wirtschaft sowie an Schulen und Hochschulen gefragt sind und darüber hinaus von gesellschaftlicher Relevanz sind, stellen sie ein wichtiges Ziel dar, das auf dem Weg der Beschäftigung mit Mathematik automatisch vermittelt wird. Durch die intensive aktive Auseinandersetzung mit mathematischen Inhalten erfahren die Studierenden eine Flexibilität und Offenheit des Denkens, gepaart mit Strenge und Selbstkritik, die auch auf andere Bereiche des professionellen und öffentlichen Lebens ausdehnbar ist. Durch den aktiven Erwerb fundierter mathematischer Erkenntnisse erhalten die Studierenden die Befähigung zum Erkennen von Analogien und Grundmustern sowie die Fähigkeit zum Erkennen, Formulieren und Lösen von komplexen Problemen. Sie üben das konzeptionelle, analytische und logische Denken ein und entwickeln Lernstrategien für lebenslanges Lernen. Der Bachelor-Studiengang Mathematik hat das Ziel einer mathematischen Grundausbildung. Die Absolventen sind in der Lage, mathematische Modelle in Wissenschaft und Wirtschaft zu verstehen und anzuwenden. Über die rein fachliche Ausbildung hinaus werden im Studium auch die Fähigkeit zur Analyse und Lösung von Problemen, die Kommunikation und das Durchhaltevermögen gestärkt. Studierende, die nach dem Bachelor-Abschluss den Übergang ins Berufsleben anstreben, können ihr Studium so ausrichten, dass sie grundlegende mathematische Aspekte des angestrebten Berufsfeldes kennen lernen. Auf der anderen Seite ist es natürlich auch möglich, im Hinblick auf die anschließenden Masterstudiengänge eine stärkere wissenschaftliche Ausrichtung des Studiums vorzunehmen. Das erfolgreich abgeschlossene Bachelor-Studium soll unter anderem befähigen

- zur Mitarbeit in einem Team aus Mathematikern, Informatikern, Naturwissenschaftlern, Ingenieuren oder Wirtschaftswissenschaftlern in Industrie und Wirtschaft,
- zur Wahrnehmung von Aufgaben im Bereich Entwicklung, Applikation und Vertrieb,
- zur Weiterqualifikation in Weiterbildungsprogrammen und
- bei qualifiziertem Abschluss zum Masterstudium.

2 Basismodule

Bei allen Moduleinheiten, welche Übungen als Bestandteil besitzen, ist die erfolgreiche Teilnahme an den Übungen eine Bedingung für das erfolgreiche Absolvieren der Moduleinheit. Die erfolgreiche Teilnahme an den Übungen besteht typischerweise aus 50% der Übungspunkte und aktiver Mitarbeit in den Übungsgruppen.

2.1 Basismodul Analysis

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
18	2 Semester	12	2 Klausuren	Pflichtmodul

Moduleinheiten:

- Analysis I
- Analysis II

Lernziele:

- Unabdingbare Grundvoraussetzung für das weitere Studium.
- vermittelt Grundlegendes wie Beweistechniken, Kenntnisse über Stetigkeit, Konvergenz, Differenzierbarkeit, Integrale, etc.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen und verstehen die grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden der Analysis,
- verstehen Beweistechniken,
- erkennen den Begriff des Grenzwerts als fundamental für die Analysis,
- können einschätzen, welche analytischen Hilfsmittel für welche Problemstellungen zielführend sind,
- sind in der Lage, selbständig Sätze anzuwenden und kleinere Ergänzungen eigenständig zu beweisen,
- verfügen über einen in den Übungen erworbenen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden der Analysis,
- erkennen und nutzen Querverbindungen zu den anderen beiden Basismodulen,
- haben die Fähigkeit vervollkommenet, sich durch Selbststudium Wissen anzueignen und
- verfügen über gesteigerte Kompetenzen im Bereich des Präsentierens und Kommunizierens durch das Vortragen der eigenen Lösungen in den Übungen.

2.1.1 Moduleinheit Analysis I

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	keine	Deutsch

Empfohlenes Semester: 1. Semester

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

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Mengen, Abbildungen, Elemente der Logik
- Zahlbereiche: reelle Zahlen, komplexe Zahlen
- Folgen, Reihen, Grenzwerte
- Potenzreihen, gleichmäßige Konvergenz
- Elemente der Topologie und Funktionalanalysis: metrische Räume, kompakte Mengen/Räume
- Stetigkeit und Differenzierbarkeit in einer Variablen

Themen, die in Analysis I oder Analysis II behandelt werden

- Stetigkeit in mehreren Variablen oder in metrischen Räumen
- Integration: Regelintegral oder Riemannintegral, Vertauschung von Grenzprozessen, Transformationssatz
- Taylorreihen

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

2.1.2 Moduleinheit Analysis II

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Analysis I • Lineare Algebra I 	Deutsch

Empfohlenes Semester: 2. Semester

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

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- Differenzieren im \mathbb{R}^n
- lokale Umkehrbarkeit, Banachscher Fixpunktsatz, Satz über implizite Funktionen
- Extrema unter Nebenbedingungen

Die folgenden Themen können in den Teilmodulen Analysis I oder Analysis II optional behandelt werden:

- Kardinalität
- Fourierreihen
- Metrische Räume: Zusammenhang, Produkträume
- Jordaninhalt
- Integration: Satz von Fubini
- Kurven und Flächen, Kurvenintegrale, Integration auf Untermannigfaltigkeiten
- Zerlegung der Eins, Integralsätze von Gauß und/oder Stokes

Falls die letzten beiden Punkte nicht in Analysis I oder II behandelt werden, sind sie Gegenstand von Analysis III, Teil Maß- und Integrationstheorie.

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

2.2 Basismodul Lineare Algebra

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
18	2 Semester	12	2 Klausuren	Pflichtmodul

Moduleinheiten:

- Lineare Algebra I
- Lineare Algebra II

Lernziele:

Ziele des Moduls sind die Vertrautheit mit den theoretischen und praktischen Grundlagen und den grundlegenden Algorithmen der linearen Algebra. Auf diesen Techniken bauen nahezu alle Teile der Mathematik und ihrer Anwendungen auf. Deshalb steht dieses Modul am Beginn des Studiums.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen grundlegende abstrakte mengentheoretische und algebraische Strukturen und Konstruktionen,
- verstehen die axiomatische Methode und die Prinzipien der mathematischen Strenge,
- sind in der Lage, abstrakte Sätze und Methoden auf konkrete mathematische Probleme anzuwenden,
- analysieren lineare geometrische Sachverhalte mit abstrakten algebraischen und konkreten rechnerischen Methoden,
- können einfachere Aussagen aus der linearen Algebra selbstständig beweisen,
- sind in der Lage, die Richtigkeit komplexerer Aussagen aus der linearen Algebra zu rechtfertigen.

2.2.1 Moduleinheit Lineare Algebra I

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	keine	Deutsch

Empfohlenes Semester: 1. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“ und der Differentialgeometrie

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Theoretische und praktische Grundlagen der linearen Algebra
- Mengen und Abbildungen, Gruppen, Ringe, Körper, Vektorräume, Matrizenkalkül, Determinante, Eigenwerte, charakteristisches Polynom, Skalarprodukte

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

2.2.2 Moduleinheit Lineare Algebra II

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Lineare Algebra I	Deutsch

Empfohlenes Semester: 2. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“ und der Differentialgeometrie

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte: Jordansche Normalform, bilineare und multilineare Abbildungen, quadratische und alternierende Formen, Sylvestersignatur, Orthonormalisierung, orthogonale und unitäre Abbildungen, selbstadjungierte und normale Abbildungen, Spektralsatz

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

2.3 Basismodul Praktische Mathematik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
18	2 Semester	12	2 Klausuren	Pflichtmodul

Moduleinheiten:

- Modellierung
- Computereinsatz in der Mathematik
- Numerik I

Lernziele:

In diesem Modul werden Grundlagen der angewandten und numerischen Mathematik vermittelt. Dazu gehört einerseits das Aufstellen mathematischer Modelle zur Beschreibung von außermathematischen Zusammenhängen und Gesetzmäßigkeiten sowie das praktische Lösen von grundlegenden mathematischen Fragestellungen aus Analysis und linearer Algebra mit Hilfe des Computers. Da für Projekte im Bereich der angewandten Mathematik die Kombination von sorgfältiger Problembeschreibung mit mathematischer Analyse der resultierenden Struktur und mit der Entwicklung

angepasster numerischer Lösungsmethoden charakteristisch ist, haben die hier vermittelten Kompetenzen eine große Bedeutung für die mathematische Arbeit in der beruflichen Praxis.

Kompetenzen: Die Studierenden

- sind in der Lage, mathematische Modelle zu Fragestellungen aus verschiedenen Wissensgebieten präzise zu formulieren und mit Hilfe numerischer Lösungsmethoden am Computer zu simulieren,
- erwerben die Fähigkeit, mathematische Modelle zu lesen und zu interpretieren, sowie Über- oder Unterbestimmtheiten zu erkennen.
- verfügen über Kenntnisse wichtiger Programmpakete wie Matlab, Maple und Latex. Sie kennen elementare Algorithmen für die Grundaufgaben der Numerik und können diese am Rechner umsetzen,
- können verschiedene Algorithmen zu einer Problemlösung analysieren und hinsichtlich des Rechenaufwandes (Komplexität) und der Rundungsfehlereinflüsse (Stabilität) beurteilen.

2.3.1 Moduleinheit Modellierung

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • mündliche Prüfung oder Hausarbeit • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Lineare Algebra I und Analysis I	Deutsch

Empfohlenes Semester: 2. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Analysis und Numerik“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- Aufbau eines mathematischen Rahmens zu vorgegebenen Problembeschreibungen aus Natur, Technik und Wirtschaft durch Benennung von relevanten Größen und Angabe ihrer wechselseitigen Beziehungen in Form mathematischer Aussagen.
- Anwendungsbeispiele, die zu typischen mathematischen Problemstellungen führen (lineare und nichtlineare Gleichungen und Ungleichungen, Differentialgleichungen, Optimierungsprobleme, etc.)
- Optimierung, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Elemente der Differentialgeometrie, Bilanz- und Erhaltungsprinzipien

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

- 1 Dozent/Dozentin

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

2.3.2 Moduleinheit Computereinsatz in der Mathematik

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 1 SWS • Übung am Computer 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Lineare Algebra I und Analysis I	Deutsch

Empfohlenes Semester: 2. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Analysis und Numerik“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- Numerisches Rechnen (Zahlensysteme, Rundungsfehler, Komplexität)
- Einführung in Mathematik-Software wie z.B. Matlab, Octave, Maple,
- Einführung in LaTeX

Arbeitsaufwand: 90 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 1 \text{ h} = 14 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 2 \text{ h} = 28 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 6 h

Betreuung der Studierenden:

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

2.3.3 Moduleinheit Numerik I

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
10	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodul Analysis, Lineare Algebra I, Computereinsatz in der Mathematik	Deutsch

Empfohlenes Semester: 3. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Analysis und Numerik“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte: Interpolation, Nullstellenverfahren (ein- und mehrdimensional), lineare Gleichungssysteme (direkte und indirekte Verfahren), linearer Ausgleich, lineare Optimierung, Minimierung, Eigenwertaufgaben, numerische Integration, explizite Verfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen, Stabilitäts- und Störungsfragen.

Arbeitsaufwand: 300 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 11 \text{ h} = 154 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 41 h

Betreuung der Studierenden:

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

3 Aufbaumodule

3.1 Aufbaumodul Analysis

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur	Pflichtmodul

Moduleinheiten:

- Analysis III, Teil 1: Gewöhnliche Differentialgleichungen
- Analysis III, Teil 2: Maß- und Integrationstheorie

Lernziele:

- Dieses Modul vermittelt grundlegende Kenntnisse in der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen sowie in der allgemeinen Maß- und Integrationstheorie.
- Die Studierenden sollen einen Einblick in die Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen gewinnen, Lösungsmethoden und abstrakte Ansätze zur Lösbarkeit kennenlernen und umsetzen, sowie einen modernen Zugang zur Maß- und Integrationstheorie (allgemeines Lebesgue-Integral) lernen und anwenden können.
- Dieses Modul stellt grundlegende Kenntnisse für die anschließenden Vertiefungsmodule bereit und ist insbesondere für weiterführende Vorlesungen in den Bereichen Funktionalanalysis, Theorie partieller Differentialgleichungen, Numerik gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen, Stochastische Prozesse wesentlich.
- Gewöhnliche Differentialgleichungen treten in vielen Anwendungen in Naturwissenschaft und Technik wie auch in der Finanzmathematik und Volkswirtschaftslehre auf. Für eine berufliche Tätigkeit in diesen Bereichen sind die in diesem Modul vermittelten Kenntnisse notwendig.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen und verstehen die grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen,
- verfügen über weiterentwickelte Fähigkeiten im präzisen Formulieren mathematischer Sachverhalte und im logisch korrekten Begründen von fachlichen Zusammenhängen,
- können Ergebnisse der Analysis und Linearen Algebra einsetzen, um Probleme aus der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen zu lösen,
- haben die Bedeutung von gewöhnlichen Differentialgleichungen für verschiedene Anwendungskontexte verstanden,
- sind in der Lage, verschiedene Lösungsmethoden einzusetzen und das qualitative Verhalten von Lösungen zu untersuchen und zu begründen.

Die Studierenden

- kennen und verstehen die grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden der modernen Maß- und Integrationstheorie,
- verfügen über weiterentwickelte Fähigkeiten im präzisen Formulieren mathematischer Sachverhalte und im logisch korrekten Begründen von fachlichen Zusammenhängen,

- können die zentralen Ergebnisse der Integrationstheorie als Werkzeuge bei der Lösung von Problemen der Analysis einsetzen.

3.1.1 Moduleinheit Analysis III, Teil 1: Gewöhnliche Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS (als 4+2-Veranstaltung in der ersten Semesterhälfte) 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur über Analysis III • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodul Analysis, Lineare Algebra I	Deutsch

Empfohlenes Semester: 3. Semester

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

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Existenzsatz von Picard-Lindelöf
- Eindeutigkeit: Lemma von Gronwall
- Lösungsmethoden für lineare Systeme
- qualitative Aspekte: Stabilität
- Lösungsmethoden für spezielle Gleichungen

Optionale Themen sind:

- qualitative Aspekte: Phasenporträts, eindimensionale Vergleichssätze
- Maximaler Fluss
- Parameterabhängige Differentialgleichungen
- Satz von Arzelà-Ascoli, Existenzsatz von Peano
- Rand- und Eigenwertaufgaben: Existenz und Eindeutigkeit, Greensche Funktion, Eigenwertaufgaben

Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

3.1.2 Moduleinheit Analysis III, Teil 2: Maß- und Integrationstheorie

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS (als 4+2-Veranstaltung in der zweiten Semesterhälfte) 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur über Analysis III • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodul Analysis, Lineare Algebra I	Deutsch

Empfohlenes Semester: 3. Semester

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

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Einführung in die allgemeine Maßtheorie: Maßräume, messbare Funktionen
- Das Lebesgue-Integral: Einführung, Konvergenzsätze, Produktmaß und Transformationssatz

Optionale Themen sind:

- L^p -Räume
- Faltung
- Glatte Approximation

Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

3.2 Aufbaumodul Algebra

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur	Pflichtmodul

Moduleinheiten:

- Einführung in die Algebra

Lernziele:

Ziel ist die Vertrautheit mit den algebraischen Grundstrukturen Gruppen, Ringe, Körper. Auf diesen bauen die algebraisierbaren Teile der Mathematik auf. Der Inhalt des Moduls wird in allen höheren

algebraischen oder geometrischen Vorlesungen gebraucht, ebenso in modernen Anwendungen (z.B. Codierungstheorie, Kryptographie) oder in der theoretischen Physik.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen grundlegende abstrakte gruppen-, modul- und körpertheoretische Strukturen und Modelle,
- verstehen die Theorie der Moduln über einen Ring als Verallgemeinerung der Theorie der Vektorräume über einen Körper,
- wenden abstrakte Sätze und Methoden der Gruppen-, Modul- und Körpertheorie auf konkrete mathematische Probleme an,
- sind in der Lage, polynomiale geometrische Sachverhalte mit abstrakten algebraischen und algorithmischen Methoden zu analysieren,
- können die Hauptaussagen der Gruppen-, Modul- und Körpertheorie selbständig beweisen,
- sind in der Lage, die Richtigkeit einer Aussage mit einem Beweis zu rechtfertigen oder mit Gegenbeispielen zu widerlegen.

3.2.1 Moduleinheit Einführung in die Algebra

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodul Lineare Algebra	Deutsch

Empfohlenes Semester: 3. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte: Grundlagen der kommutativen Ringe, der Gruppentheorie, der Körpertheorie und der Galoistheorie

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

3.3 Aufbaumodul Stochastik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausuren	Pflichtmodul

Moduleinheiten:

- Wahrscheinlichkeitstheorie
- Statistik

Lernziele:

- Dem Zufall unterworfenen Phänomene sind allgegenwärtig. Das Modul stellt die grundlegenden mathematischen Werkzeuge zur Beschreibung zufälliger Vorgänge zur Verfügung und ermöglicht es somit, Gesetzmäßigkeiten zufälliger Prozesse zu beschreiben und aus Beobachtungen abzuleiten.
- Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie, Deskriptive Statistik, Induktive Statistik.
- Die Veranstaltung vermittelt die mathematischen Fähigkeiten, die es den Studierenden ermöglicht, stochastische dynamische Systeme zu modellieren und Aussagen aus diesen herzuleiten, um reale zufällige Systeme modellieren zu können und Aussagen daraus zu gewinnen.

Kompetenzen: Die Studierenden

- können grundlegende mathematische Werkzeuge zur Beschreibung zufälliger Vorgänge anwenden sowie einige Gesetzmäßigkeiten zufälliger Prozesse beschreiben und aus Beobachtungen ableiten,
- lernen Grundlagen der Wahrscheinlichkeitstheorie sowie der deskriptiven und induktiven Statistik kennen und können diese differenziert anwenden,
- sind in der Lage, unter Anwendung der gelernten stochastischen Konzepte Ergebnisse zu ermitteln und diese zu beurteilen.

3.3.1 Moduleinheit Wahrscheinlichkeitstheorie

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • 5erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule Analysis, Aufbaumodul Analysis (Maßtheorie), Basismodul Lineare Algebra	Deutsch

Empfohlenes Semester: 4. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Stochastik“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- Kolmogorovsche Axiome, Unabhängigkeit, bedingte Wahrscheinlichkeiten, Zufallsvariablen

- Konvergenzarten der Stochastik, charakteristische Funktionen
- Gesetz der großen Zahlen, zentraler Grenzwertsatz.

Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

3.3.2 Moduleinheit Statistik

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodul Analysis, Aufbaumodul Analysis (Maßtheorie), Basismodul Lineare Algebra	Deutsch

Empfohlenes Semester: 3. Semester**Zuständig:** Dozenten des Schwerpunktes „Stochastik“**Häufigkeit des Angebots:** jährlich (Sommersemester)**Lehrinhalte:**

- Deskriptive Statistik: Grafische, tabellarische und numerische Methoden der uni- und multivariaten Statistik
- Induktive Statistik: wichtige Verteilungen, statistisches Schätzen, Vertrauensintervalle, Maximum Likelihood Schätzung, Statistisches Testen

Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

3.4 Aufbaumodul Praktische Mathematik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Pflichtmodul mit wählbarer Moduleinheit

Moduleinheiten:

- Optimierung oder
- Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Die nicht im Aufbaumodul Praktische Mathematik gewählte Veranstaltung kann dennoch belegt und im Bereich der Ergänzungsmodule angerechnet werden.

Lernziele:

- Im Anschluss an die einführende Vorlesung im Basismodul steht hier die vertiefte Einarbeitung in einen Bereich der Numerik im Mittelpunkt.
- Thematisch geht es um Prozesse, die in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft eine zentrale Rolle spielen. Entsprechende Kenntnisse aus der Modellierungsvorlesung werden damit erweitert und vertieft.
- Ein Verständnis der vorgestellten numerischen Lösungsverfahren ist in vielen Berufsfeldern wichtig.
- In den Übungen werden Programmieraufgaben behandelt, in denen auch umfangreichere Aufgaben und Anwendungsbeispiele am Rechner umzusetzen sind, wobei auf eine aussagekräftige Dokumentation der Rechenergebnisse geachtet wird.
- Der für das praktische Arbeiten wichtigen Kompromiss zwischen Exaktheit und Effizienz wird vermittelt: In der Regel geht es darum, eine hinreichend gute Lösung in angemessener Zeit zu finden.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen grundlegende numerische Verfahren des gewählten Bereichs und können zentrale Begriffe einordnen (im Bereich Optimierung z.B. Liniensuch-, Trust-Region- und (Quasi-)Newton-Methode; im Bereich Differentialgleichungen etwa Stabilität, Konsistenz, Konvergenz und Erhaltungseigenschaften)
- sind in der Lage, die erlernten Methoden zu klassifizieren und entsprechend des gestellten Problems das jeweils geeignete Verfahren auszuwählen,
- können die hergeleitete Methode am Computer implementieren, die ausgeführten Schritte dokumentieren sowie die Korrektheit des Algorithmus testen,
- können theoretischen Konvergenzeigenschaften der Verfahren anhand der numerischen Ergebnisse illustrieren,
- sind in der Lage, den gewählten Lösungsweg anhand theoretischer und numerischer Ergebnisse zu rechtfertigen.
- können interdisziplinäre Anwendungsbereiche für betrachtete Optimierungsprobleme beschreiben.

3.4.1 Moduleinheit Optimierung

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule	Deutsch

Empfohlenes Semester: 4. oder 6. Semester

Zuständig: Dozenten aus dem Bereich Numerik

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen
- Abstiegsverfahren, Liniensuchalgorithmen, Konvergenzuntersuchungen
- Newton- und Quasi-Newton-Verfahren
- Optimalitätsbedingungen für restringierte Probleme

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 5 \text{ h} = 70 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 27,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

3.4.2 Moduleinheit Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule Analysis, Lineare Algebra und Praktische Mathematik	Deutsch

Empfohlenes Semester: 4. Semester oder 6. Semester

Zuständig: Dozenten aus dem Bereich Numerik

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- Einführung in die numerische Lösung von Anfangs- und Randwertproblemen
- Konsistenz, Stabilität und Konvergenz
- praktische Umsetzung anhand von Programmierübungen

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 5 \text{ h} = 70 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 27,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

4 Vertiefungsmodule

4.1 Vertiefungsmodul Analysis und Numerik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Schriftliche oder mündliche Prüfung	Wahlmodul im Vertiefungsbereich

Moduleinheiten:

- Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen I

Der Theorieteil nimmt die erste Semesterhälfte und der Numerikteil die zweite Semesterhälfte ein.

Lernziele:

Die Vorlesung gibt einen Überblick über theoretische und praktische Aspekte partieller Differentialgleichungen. Dabei stehen die Klassifikation der wichtigsten Typen und ihre Behandlung mit analytisch-theoretischen und numerischen Methoden und ihre jeweilige Anwendungsrelevanz im Vordergrund. Die Studierenden vertiefen ihre Programmierkenntnisse und lernen Programmpakete aus dem Bereich der finiten Elemente kennen.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen und verstehen grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden in der Theorie und Numerik Partieller Differentialgleichungen,
- können Methoden der Analysis, insbesondere der Funktionalanalysis, auf Probleme Partieller Differentialgleichungen anwenden,
- erkennen den Zusammenhang zwischen Theorie und Numerik und die Bedeutung der Thematik für die Anwendung.

4.1.1 Moduleinheit Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen I

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule, Aufbaumodul Analysis, Modul Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Modul Funktionalanalysis	Deutsch

Empfohlenes Semester: 5. Semester

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

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Lineare partielle Differentialgleichungen (PDG) erster Ordnung
- Typeinteilung für PDG zweiter Ordnung
- elliptische PDG (Perronsche Methode), hyperbolische PDG (Separationsansatz), parabolische PDG (klassische Lösungen, Maximumprinzip)
- Hilbertraummethode für elliptische, hyperbolische und parabolische PDG
- Finite Differenzenverfahren für elliptische Randwertprobleme
- Differenzenverfahren für parabolische Probleme, Linienmethode
- konservative Verfahren für hyperbolische Erhaltungsgleichungen
- Einführung in die Finite Elemente Methode
- Konsistenz, Stabilität, Konvergenz

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

4.2 Vertiefungsmodul Theorie partieller DGL und Differentialgeometrie

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul im Vertiefungsbe- reich

Moduleinheiten:

- Theorie partieller Differentialgleichungen I
- Gewöhnliche Differentialgleichungen mit geometrischen Anwendungen

Lernziele:

- Überblick über theoretische Aspekte partieller Differentialgleichungen
- mathematische Beschreibung gekrümmter Objekte

Kompetenzen:

Theorie partieller Differentialgleichungen:
Die Studierenden

- kennen die Laplacegleichung und verstehen, wie die Wärmeleitungs- und Wellengleichung die zugehörigen physikalischen Phänomene beschreiben,
- kennen grundlegende Techniken im Umgang mit partiellen Differentialgleichungen, wie etwa das Maximumprinzip, und können diese auf diverse Fragestellungen übertragen, wie beispielsweise stetige Abhängigkeit der Lösung von den Daten,
- sind in der Lage, funktionalanalytische Sätze auf partielle Differentialgleichungen anzuwenden.

Gewöhnliche Differentialgleichungen mit geometrischen Anwendungen:

Die Studierenden

- können Untermannigfaltigkeiten beschreiben.
- können geometrische Fragestellungen mit Hilfe von Differentialgleichungen ausdrücken.
- können Eigenschaften von Lösungen der auftretenden nichtlinearen gewöhnlichen Differentialgleichungen insbesondere bei Gleichungen erster Ordnung untersuchen.

4.2.1 Moduleinheit Theorie partieller Differentialgleichungen I

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule, Aufbaumodul Analysis, Ergänzungsmodul Funktionalanalysis	Deutsch

Empfohlenes Semester: 5. Semester

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

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Lineare partielle Differentialgleichungen (PDG) erster Ordnung
- Typeinteilung für PDG zweiter Ordnung
- elliptische PDG (Perronsche Methode)
- hyperbolische PDG (Separationsansatz)
- parabolische PDG (klassische Lösungen, Maximumprinzip)
- Hilbertraummethode für elliptische, hyperbolische und parabolische PDG

Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

4.2.2 Moduleinheit Gewöhnliche Differentialgleichungen mit geometrischen Anwendungen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule, Aufbaumodul Analysis	Deutsch

Empfohlenes Semester: 5. Semester

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

Häufigkeit des Angebots: gelegentlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Kenntnisse über eingebettete Mannigfaltigkeiten und die Fähigkeit, durch das Studium von gewöhnlichen Differentialgleichungen deren Eigenschaften zu untersuchen.
- Exemplarisch: Untersuchung rotationssymmetrischer translatischer Lösungen des mittleren Krümmungsflusses.

Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

4.3 Vertiefungsmodul Geometrie und Algebra

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul im Vertiefungsbereich

Moduleinheiten:

- Algorithmische algebraische Geometrie

Lernziele:

Ziel ist die Vertrautheit mit den Grundlagen von kommutativer Algebra und algebraischer Geometrie, sowie mit den theoretischen und praktischen Grundlagen ihrer Behandlung mit Hilfe von Computeralgebra Systemen. Für eine Vertiefung (BA-Arbeit, eventuell anschließendes MA-Studium) im

Bereich des Schwerpunkts "Reelle Geometrie und Algebra" ist dieses Modul eine notwendige Grundlage. Die Algorithmik hat in der algebraischen Geometrie heute große Bedeutung für Theorie und Anwendungen. Die Grundlagen dafür sollen in diesem Modul vermittelt werden.

Kompetenzen: Die Studierenden kennen die Grundlagen der kommutativen Algebra und der algebraischen Geometrie und sind in der Lage, diese auf grundlegende Fragen anzuwenden, die im Bereich der Computeralgebra entstehen.

4.3.1 Moduleinheit Algorithmische algebraische Geometrie

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule, Aufbaumodul Algebra	Deutsch

Empfohlenes Semester: 5. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Grundlagen der kommutativen Algebra, Idealtheorie, Ganzheit. Affine und projektive Varietäten, Zariskitopologie, Korrespondenz zwischen Varietäten und Idealen, reguläre Funktionen, Morphismen, Eliminationstheorie.
- Algorithmische Behandlung der grundlegenden Ring- und Idealoperationen, Gröbnerbasen, Buchberger Algorithmus, Arbeit mit einem geeigneten Computeralgebra System

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

4.4 Vertiefungsmodul Stochastik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	2 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul im Vertiefungsbe- reich

Moduleinheiten:

- Stochastische Prozesse
- Stochastische Analysis

Lernziele:

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

Kompetenzen: Die Studierenden

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

4.4.1 Moduleinheit Stochastische Prozesse

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS als 4+2 Vorlesung in der zweiten Semesterhälfte 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Aufbaumodul Stochastik	Deutsch

Empfohlenes Semester: 4. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Stochastik“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester, zweite Hälfte)

Lehrinhalte:

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

Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$

- Klausurvorbereitung: 19,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

4.4.2 Moduleinheit Stochastische Analysis

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4,5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Aufbaumodul Stochastik, Moduleinheit Stochastische Prozesse	Deutsch

Empfohlenes Semester: 5. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Stochastik“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

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

Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

4.5 Vertiefungsmodul Statistik

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul im Vertiefungsbereich

Moduleinheiten:

- Mathematische Statistik I

Lernziele:

Die Studierenden erhalten einen Überblick über Situationen, in denen gleichmäßig beste (unverfälschte) Tests existieren. Sie kennen grundlegende Aussagen zur Asymptotik von Maximum-Likelihood-Schätzern und Likelihood-Ratio-Tests.

Kompetenzen: Die Studierenden können

- Optimale Tests konstruieren
- Die Konvergenz in Verteilung handhaben
- Asymptotisch effiziente Schätzer mit Hilfe der Maximum-Likelihood-Methode konstruieren
- Asymptotische Tests aus dem Likelihood-Ratio-Ansatz herleiten

4.5.1 Moduleinheit Mathematische Statistik I

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Aufbaumodul Stochastik	Deutsch

Empfohlenes Semester: 5. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunkts „Stochastik“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Wintersemester)

Lehrinhalte:

- Gleichmäßig beste Tests und gleichmäßig beste unverfälschte Tests für Standard-Hypothesen, Tests mit Störparametern
- Exponentialfamilien
- Konvergenz in Verteilung, Delta-Methode, Ordnungsstatistiken
- Existenz und asymptotische Normalität von Maximum-Likelihood-Schätzern
- Maximum-Likelihood-Schätzer bei Exponentialfamilien
- Asymptotik von Likelihood-Ratio-Tests

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

5 Ergänzungsmodule

Die folgenden Ergänzungsmodule werden regelmäßig angeboten.

5.1 Ergänzungsmodul Funktionalanalysis

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Funktionalanalysis

Lernziele:

- Das Ziel ist es, grundlegende Kenntnisse in der Theorie von Abbildungen zwischen allgemeinen metrischen und normierten Räumen zu erwerben, welche insbesondere für Studien in Analysis und Numerik wesentlich sind.
- Die in diesem Modul vermittelten Kenntnisse sind fundamental für Vorlesungen in den Bereichen Analysis und Numerik, insbesondere für Vorlesungen über partielle Differentialgleichungen in Bachelor und Master.
- Funktionalanalytische Methoden sollen kennengelernt und angewendet werden, wobei abstrakte Zugänge zu konkreten Fragestellungen (etwa Differentialgleichungen) im Vordergrund stehen. Als Metaziel soll die Abstraktion als entscheidendes Werkzeug zur Vereinfachung und Durchsichtigkeit erkannt werden.
- Abstraktionsvermögen ist eine entscheidende Fähigkeit eines Mathematikers im Beruf und zeichnet ihn aus. Daher ist dieses Modul sehr berufsrelevant, wobei mehr die Methodik als die konkreten Kenntnisse wichtig ist.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen und verstehen die grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden der Funktionalanalysis,
- erkennen die Bedeutung der Funktionalanalysis für Studien in Analysis und Numerik,
- sind mit abstrakten Zugängen zu allgemeinen Fragestellungen vertraut. In den Basismodulen Analysis und Lineare Algebra erworbene Kenntnisse (wie z.B. zur Theorie der Fourierreihen und zum Spektralsatz für Matrizen) werden jetzt von einem abstrakteren und allgemeineren Standpunkt erneut betrachtet.
- erkennen die Abstraktion als entscheidendes Werkzeug zur Vereinfachung und Durchsichtigkeit, was außerdem eine herausragende berufsrelevante Kompetenz darstellt.

5.1.1 Moduleinheit Funktionalanalysis

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule, Aufbaumodul Analysis, günstig: Funktionentheorie günstig	Deutsch

Empfohlenes Semester: 4. Semester oder 6. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Analysis und Numerik“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte: 1. Teil:

- Normierte Räume, lineare Abbildungen in normierten Räumen
- Satz von Hahn-Banach
- Hiberträume, Orthogonalität
- Dualraum und Reflexivität, schwache Konvergenz
- Satz von Baire und Folgerungen
- optional: Topologische Grundlagen, Vervollständigung, L^p -Räume, Projektion auf konvexe Mengen

2. Teil: Im zweiten Teil werden Sobolevräume oder Operatoren genauer besprochen und das jeweils andere Thema überblicksartig vorgestellt.

- Sobolevräume
- abgeschlossene Operatoren
- Spektrum von Operatoren, Spektralsatz von selbstadjungierten Abbildungen
- optional: Distributionen

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

5.2 Ergänzungsmodul Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Lernziele:

Die kurze Einführung in die Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen aus der Vorlesung Numerik I wird fortgeführt und vertieft. Neben theoretischen Fragen bezüglich Konsistenz und Stabilität der Näherungsverfahren werden im praktischen Bereich die Algorithmen und damit auch die Programmieraufgaben umfangreicher. Für die weiteren Vorlesungen zur Numerik von Differentialgleichungen im Schwerpunkt "Analysis und Numerik" ist diese Veranstaltung grundlegend. Da gewöhnliche Differentialgleichungen eine wichtige Rolle in der Modellierung von dynamischen Prozessen in Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft spielen, ist ein Verständnis von entsprechenden numerischen Lösungsverfahren in vielen Berufsfeldern wichtig.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen grundlegende numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen und können die Begriffe Stabilität, Konsistenz und Konvergenz einordnen,
- sind in der Lage, die erlernten Methoden zu klassifizieren und entsprechend verschiedener Anfangs- und Randwertprobleme das jeweils geeignete Verfahren auszuwählen,
- können die hergeleitete Methode am Computer implementieren, die ausgeführten Schritte dokumentieren sowie die Korrektheit des Algorithmus verifizieren,
- sind in der Lage, die numerischen Ergebnisse bezüglich der gegebenen Anfangs- oder Randwertaufgabe zu beurteilen und anhand dieser die theoretischen Eigenschaften wie z.B. Stabilität, Konsistenz und Konvergenz zu illustrieren,
- sind in der Lage, den gewählten Lösungsweg anhand der theoretischen und numerischen Ergebnisse zu rechtfertigen.

5.2.1 Moduleinheit Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule Analysis, Lineare Algebra und Praktische Mathematik	Deutsch

Empfohlenes Semester: 4. Semester oder 6. Semester

Zuständig: Dozenten aus dem Bereich Numerik

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- Einführung in die numerische Lösung von Anfangs- und Randwertproblemen
- Konsistenz, Stabilität und Konvergenz
- praktische Umsetzung anhand von Programmierübungen

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 5 \text{ h} = 70 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 27,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

5.3 Ergänzungsmodul Funktionentheorie

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Funktionentheorie

Lernziele:

Das Ziel ist es, charakteristische Eigenschaften von Funktionen einer komplexen Veränderlichen kennenzulernen und spezielle Methoden als Werkzeuge einzusetzen.

Dieses Modul ist grundlegend für viele Bereiche der Mathematik.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen und verstehen die grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden der Funktionentheorie,
- verfügen über weiterentwickelte Fähigkeiten im präzisen Formulieren mathematischer Sachverhalte und im logisch korrekten Begründen von fachlichen Zusammenhängen,
- verstehen, wie die Funktionentheorie ein vertieftes Verständnis von Resultaten der reellen Analysis ermöglicht und zu zentralen Ergebnissen der Algebra beiträgt.

5.3.1 Moduleinheit Funktionentheorie

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule, Analysis III	Deutsch

Empfohlenes Semester: 4. Semester

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

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- Komplexe Differenzierbarkeit
- Cauchy-Riemannsche Differentialgleichungen
- Cauchysche Integralformel (unterschiedliche Varianten),
- Satz von Liouville,
- Fundamentalsatz der Algebra,
- Darstellung als Potenzreihe,
- Satz von Morera,
- Spiegelungsprinzip,
- einfach zusammenhängende Gebiete,
- Existenz einer Stammfunktion,
- isolierte Singularitäten,
- Residuensatz mit Anwendungen auf Integrale.

Optionale Inhalte sind:

- Satz von der offenen Abbildung
- konforme Abbildungen und Riemannscher Abbildungssatz.

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 5 \text{ h} = 70 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 27,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

5.4 Ergänzungsmodul Optimierung

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
5	1 Semester	3	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Optimierung

Lernziele:

Das Hauptziel der Vorlesung ist die Vermittlung grundlegender Kenntnisse über die Theorie nicht-linearer Optimierungsprobleme, über numerische Verfahren und deren praktische Umsetzung an Anwendungsbeispielen am Rechner. Metaziel: Die Erkenntnis, dass oft nicht die Bestimmung des exakten Optimums entscheidend ist, sondern eine hinreichend gute Lösung in angemessener Zeit gefragt ist.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen grundlegende numerische Verfahren zur unrestringierten Optimierung und können Begriffe wie z.B. Liniensuch-, Trust-Region- und (Quasi-)Newton-Methode einordnen,
- sind in der Lage, die erlernten Methoden zu klassifizieren und entsprechend des gestellten Optimierungsproblems das jeweils geeignete Verfahren auszuwählen,
- können die hergeleitete Methode am Computer implementieren, die ausgeführten Schritte dokumentieren sowie die Korrektheit des Algorithmus testen,
- können anhand von Optimalitätsbedingungen prüfen, ob eine optimale numerische Lösung vorliegt und die theoretischen Konvergenzeigenschaften der Optimierungsverfahren anhand der numerischen Ergebnisse illustrieren,
- sind in der Lage, den gewählten Lösungsweg anhand der theoretischen und numerischen Ergebnisse zu rechtfertigen.
- können interdisziplinäre Anwendungsbereiche für betrachtete Optimierungsprobleme beschreiben.

5.4.1 Moduleinheit Optimierung

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
5	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 2 SWS • Übung 1 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Basismodule	Deutsch

Empfohlenes Semester: 4. oder 6. Semester

Zuständig: Dozenten aus dem Bereich Numerik

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen
- Abstiegsverfahren, Liniensuchalgorithmen, Konvergenzuntersuchungen
- Newton- und Quasi-Newton-Verfahren
- Optimalitätsbedingungen für restringierte Probleme

Arbeitsaufwand: 150 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 5 \text{ h} = 70 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 27,5 h

Betreuung der Studierenden:

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

5.5 Ergänzungsmodul Algebraische Zahlentheorie

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
9	1 Semester	6	Klausur oder mündliche Prüfung	Wahlmodul

Moduleinheiten:

- Algebraische Zahlentheorie

Lernziele:

Die Studierenden sind mit der Arithmetik ganzer Zahlen (auch in einfachen Integritätsbereichen algebraischer Zahlkörper) vertraut, kennen die Problematik diophantischer Gleichungen, haben Einblicke in die Primzahltheorie und kennen Anwendungen dieser Themen.

Kompetenzen: Die Studierenden

- kennen die Grundlagen der algebraischen Zahltheorie und können elementare Definitionen wiedergeben,
- sind in der Lage, Beweise der zentralen zahlentheoretischen Sätze (z.B. Endlichkeit der Klassenzahl, Dirichletscher Einheitsensatz) zu skizzieren, indem sie Methoden und Theorien aus der kommutativen Algebra (z.B. Dedekindringe) und der Geometrie (Minkowskitheorie) kombinieren,
- können konkrete elementare zahlentheoretische Fragestellungen im Ring der ganzen Zahlen analysieren und diese in geeignete Fragestellungen über algebraische Zahlkörper umformulieren, welche dann mit abstrakten Sätzen und Methoden der algebraischen Zahlentheorie beantwortet werden können,
- sind in der Lage, fundamentale numerische Invarianten eines Zahlkörpers wie Diskriminante und Klassenzahl in einfachen Beispielen explizit zu berechnen und daraus Voraussagen über die Arithmetik des Zahlkörpers zu treffen.

5.5.1 Moduleinheit Algebraische Zahlentheorie

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
9	<ul style="list-style-type: none"> • Vorlesung 4 SWS • Übung 2 SWS 	<ul style="list-style-type: none"> • Klausur oder mündliche Prüfung • erfolgreiche Teilnahme an den Übungen 	Analysis I, Basis- und Aufbaumodul Algebra	Deutsch

Empfohlenes Semester: 6. Semester

Zuständig: Dozenten des Schwerpunktes „Reelle Geometrie und Algebra“

Häufigkeit des Angebots: jährlich (Sommersemester)

Lehrinhalte:

- Algebraische Vorbereitungen: Noethersche Ringe und Moduln, Ganzheit, Norm und Spur
- Ganze algebraische Zahlen, Dedekindringe, eindeutige Faktorzerlegung in Primideale, Klassengruppe
- Minkowski-Theorie, Gitterpunktsatz, Abschätzungen für Norm und Diskriminante, Endlichkeit der Klassenzahl, Dirichletscher Einheitensatz
- Zerlegungstheorie von Primidealen in Erweiterungen, quadratische Zahlkörper, Kreisteilungskörper, quadratisches Reziprozitätsgesetz
- Anwendung auf die Fermatsche Vermutung

Arbeitsaufwand: 270 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung) $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung $14 \times 3 \text{ h} = 42 \text{ h}$
- Übungsaufgaben $14 \times 9 \text{ h} = 126 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 39 h

Betreuung der Studierenden:

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

5.6 Weitere Ergänzungsmodule

Über die oben angegebenen Ergänzungsmodule hinaus werden zusätzliche Ergänzungsmodule angeboten, welche nicht regelmäßig stattfinden. Eine Modulbeschreibung wird dann vom jeweiligen Dozenten bekannt gegeben.

In den letzten Jahren wurden unter anderem folgende Ergänzungsmodule angeboten:

- Algorithmische Zahlentheorie
- Axiomatische Mengenlehre
- Berechenbarkeit, Turingmaschinen

- Bewertungstheorie
- Darstellungstheorie endlicher Gruppen
- Darstellungstheorie und Invariantentheorie endlicher Gruppen
- Differentialgeometrie
- Dynamische Systeme
- Fourieranalysis boolescher Funktionen
- Fouriertransformation und Sobolevräume
- Fundamentalgruppen
- Inverse Probleme
- Kombinatorische Optimierung
- Mathematische Logik
- Mengentheoretische Topologie
- Modelltheorie
- Nichtnegative Matrizen
- Numerik stochastischer Differentialgleichungen
- O-Minimale Geometrie
- Partielle Differentialgleichungen I a
- Polynomiale Optimierung
- Primzahlen in Theorie und Praxis
- Quadratische Formen
- Rekursionstheorie
- Rekursive Funktionen, Turingmaschinen
- Ringtheorie
- Spektraltheorie
- Stabilität nichtlinearer Wellen
- Topologie
- Topologische Vektorräume
- Variationsrechnung
- Verallgemeinerte Lineare Modelle
- Versicherungsmathematik

6 Seminare und Bachelorarbeit

6.1 Proseminar

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Unbenotet oder gemäß Bewertung des mündlichen Vortrags	Pflichtseminar

Moduleinheiten:

- Proseminar

Lernziele:

Nach Ankündigung des Veranstalters

Kompetenzen: Von den Teilnehmern eines Proseminars wird allgemein erwartet, dass sie relativ einfache mathematische Sachverhalte in einem Vortrag aus dem vollen Verständnis heraus darstellen können. In einem Vortrag werden erste Grundlagen der Informationskompetenz erworben. Dazu gehören die Präsentation selbstständig erarbeiteter mathematischer Sachverhalte und die Vermittlung derselben an einen studentischen Zuhörerkreis.

6.1.1 Moduleinheit Proseminar

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	2 SWS	Mündlicher Vortrag, Präsenz, aktive Teilnahme und evtl. schriftliche Ausarbeitung	Basismodule Analysis und Lineare Algebra	Deutsch

Empfohlenes Semester: 3. oder 4. Semester

Zuständig: Dozenten des Fachbereichs

Häufigkeit des Angebots: Jedes Semester

Lehrinhalte: Nach Ankündigung des Veranstalters/der Veranstalterin

Arbeitsaufwand:

- 20 h Präsenzzeit

- 70 h Selbststudium

Betreuung der Studierenden: 1 Dozent/Dozentin und/oder 1 Mitarbeiter/Mitarbeiterin

6.2 Fachseminar

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
4	1 Semester	2	Unbenotet oder gemäß Bewertung des mündlichen Vortrags	Pflichtseminar

Moduleinheiten:

- Fachseminar

Lernziele:

Nach Ankündigung des Veranstalters

Kompetenzen: Selbstständiges wissenschaftliches Arbeiten am Beispiel eines klar umrissenen Themas. Die Teilnehmer sollen in die Lage versetzt werden, ein Thema zu erarbeiten, verständlich zu präsentieren und angemessen niederzuschreiben. Der sorgfältige Umgang mit Literatur, auch eigenständige und effiziente Recherche, Vortragstechnik unter Verwendung angemessener Präsentationsmedien und wissenschaftliches Schreiben werden vermittelt und weiter eingeübt.

6.2.1 Moduleinheit Fachseminar

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
4	2 SWS	Die drei Basismodule, ein Proseminar und vertiefte Kenntnisse aus dem Umfeld des jeweiligen Themas	Basismodule Analysis und Lineare Algebra	Deutsch

Empfohlenes Semester: 5. Semester

Zuständig: Dozenten des Fachbereichs

Häufigkeit des Angebots: jährlich

Lehrinhalte: Nach Ankündigung des Veranstalters/der Veranstalterin

Arbeitsaufwand:

- 20 h Präsenzzeit
- 100 h Selbststudium

Betreuung der Studierenden: 1 Dozent/Dozentin und/oder 1 Mitarbeiter/Mitarbeiterin

6.3 Berichtseminar

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
3	1 Semester	2	Unbenotet oder gemäß Bewertung des mündlichen Vortrags	Pflichtseminar

Moduleinheiten:

- Berichtseminar

Lernziele:

Nach Ankündigung des Veranstalters/der Veranstalterin

Kompetenzen:

- Erwerb von Kommunikationskompetenz
- Verarbeitung von Feedback zur laufenden Bachelor-Arbeit
- Diskussion von Lösungsstrategien
- gegebenenfalls Feinkontrolle des eingeschlagenen Weges

6.3.1 Moduleinheit Berichtseminar

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
3	2 SWS	Die drei Basismodule, ein Proseminar und vertiefte Kenntnisse aus dem Umfeld des jeweiligen Themas	Ein Vertiefungsmodul, aus dem die Bachelor-Arbeit hervorgeht	Deutsch

Empfohlenes Semester: 5. Semester

Zuständig: Dozenten des Fachbereichs

Häufigkeit des Angebots: jährlich

Lehrinhalte: Nach Ankündigung des Veranstalters/der Veranstalterin

Arbeitsaufwand:

- 20 h Präsenzzeit
- 70 h Selbststudium

Betreuung der Studierenden: 1 Dozent/Dozentin und/oder 1 Mitarbeiter/Mitarbeiterin

6.4 Bachelorarbeit

Credits	Dauer	SWS	Modulnote	Einordnung
12	4 Monate	0	Gemäß Begutachtung der Arbeit durch einen Professoren/eine Professorin oder Privatdozenten/Pirvatdozentin des Fachbereichs	Pflicht

Moduleinheiten:

- Bachelorarbeit

Lernziele:

Richten sich nach der von den Dozenten ausgegebenen Themen

Kompetenzen: Mit der Bachelor-Arbeit soll der Kandidat/die Kandidatin zeigen, dass er/sie in der Lage ist, eine umfangreichere Aufgabe aus dem Gebiet der Mathematik fachgerecht zu bearbeiten und dabei mathematische Methoden adäquat anzuwenden.

6.4.1 Moduleinheit Bachelorarbeit

Credits	Lehrform	Prüfungsleistung	Voraussetzung	Sprache
12	0 SWS	Bachelorarbeit	Ein Vertiefungsmodul, aus dem die Arbeit hervorgehen soll	Deutsch

Empfohlenes Semester: 6. Semester

Zuständig: Professoren und Privatdozenten des Fachbereichs

Häufigkeit des Angebots: jährlich

Lehrinhalte: richten sich nach der von dem Donzenten/der Dozentin ausgegebenen Themen

Arbeitsaufwand:

- 20 h persönliche Betreuung
- 340 h Selbststudium

Betreuung der Studierenden: 1 Dozent/Dozentin