



Modulhandbuch  
Mathematik  
Bachelor of  
Science (B.Sc.)

**Fachbereich Mathematik und Statistik**

Stand: Januar 2024

**Ansprechpartner:**

Dr. Jan-Hendrik Treude  
Fachbereich Mathematik und Statistik  
Telefon: 07531/88-2417  
E-Mail: [jan-hendrik.treude@uni-konstanz.de](mailto:jan-hendrik.treude@uni-konstanz.de)  
– **math.uni.kn**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Qualifikationsziele</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Pflichtmodule</b>	<b>6</b>
	Pflichtmodul Analysis I/II . . . . .	7
	Moduleinheit Analysis I . . . . .	7
	Moduleinheit Analysis II . . . . .	8
	Pflichtmodul Lineare Algebra I/II . . . . .	10
	Moduleinheit Lineare Algebra I . . . . .	10
	Moduleinheit Lineare Algebra II . . . . .	11
	Pflichtmodul Praktische Mathematik I . . . . .	12
	Moduleinheit Modellierung . . . . .	12
	Moduleinheit Computergestützte Mathematik . . . . .	13
	Moduleinheit Numerische Mathematik . . . . .	14
	Pflichtmodul Algebra I . . . . .	15
	Pflichtmodul Analysis III . . . . .	16
	Moduleinheit Gewöhnliche Differentialgleichungen . . . . .	17
	Moduleinheit Maß- und Integrationstheorie . . . . .	17
	Pflichtmodul Praktische Mathematik II . . . . .	19
	Moduleinheit Optimierung I . . . . .	20
	Moduleinheit Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen . . . . .	20
	Pflichtmodul Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik . . . . .	22
	Moduleinheit Wahrscheinlichkeitstheorie . . . . .	22
	Moduleinheit Statistik . . . . .	23
<b>3</b>	<b>Wahlmodule und Vertiefungsrichtungen</b>	<b>24</b>
	Wahlmodul Algebra II . . . . .	25
	Wahlmodul Algebraische Zahlentheorie . . . . .	27
	Wahlmodul Algorithmische algebraische Geometrie . . . . .	29
	Wahlmodul Differentialgeometrie I . . . . .	30
	Wahlmodul Differentialgeometrie II . . . . .	31
	Wahlmodul Funktionalanalysis . . . . .	32
	Wahlmodul Funktionalanalysis II . . . . .	34
	Wahlmodul Funktionentheorie . . . . .	36
	Wahlmodul Gew. Differentialgleichungen mit geometrischen Anwendungen . . . . .	38
	Wahlmodul Markov-Ketten . . . . .	39
	Wahlmodul Mathematische Statistik I . . . . .	41
	Wahlmodul Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen . . . . .	42
	Wahlmodul Optimierung I . . . . .	44
	Wahlmodul Stochastische Prozesse . . . . .	46
	Wahlmodul Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen . . . . .	48
	Unregelmäßig angebotene Wahlmodule . . . . .	50

<b>4 Seminare und Bachelorarbeit</b>	<b>51</b>
Proseminar . . . . .	52
Fachseminar . . . . .	53
Bachelorarbeit . . . . .	54

## 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 Pflichtmodule

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.

## Pflichtmodul Analysis I/II

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
18	2 Semester	12	Pflichtmodul

### Moduleinheiten:

- Analysis I
- Analysis II

**Berechnung der Modulnote:** Summe der mit 2/3 multiplizierten besseren Klausurnote und der mit 1/3 multiplizierten schlechteren Klausurnote.

**Lernziele:** Ziele des Moduls sind die Vertrautheit mit grundlegenden Themen der Analysis wie Beweistechniken, Kenntnisse über Stetigkeit, Konvergenz, Differenzierbarkeit, Integrale, etc. Diese sind unabdingbare Grundvoraussetzungen für das weitere Studium.

**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 ziel-führend sind,
- können Sätze selbstständig anwenden und kleinere Ergänzungen eigenständig 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 Pflichtmodulen,
- 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.

## Moduleinheit Analysis I

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	1. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** keine

### Lehrinhalte:

- Mengen, Abbildungen, Elemente der Logik, Kardinalität
- 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
- Metrische Räume, Zusammenhang, Produkträume
- Regel- oder Riemannintegral, Vertauschung von Grenzprozessen, Transformationsatz
- Taylorreihen

### Prüfungsleistung:

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### 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

## Moduleinheit Analysis II

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	2. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

Empfohlene Vorkenntnisse: Analysis I, Lineare Algebra I

### Lehrinhalte:

- Differenzierbarkeit in mehreren Variablen
- lokale Umkehrbarkeit, Banachscher Fixpunktsatz, Satz über implizite Funktionen
- Extrema unter Nebenbedingungen
- Mehrdimensionale Integration, Satz von Gauß

Themen, die in Analysis I oder Analysis II behandelt werden:

- Stetigkeit in mehreren Variablen oder in metrischen Räumen
- Metrische Räume, Zusammenhang, Produkträume
- Regel- oder Riemannintegral, Vertauschung von Grenzprozessen, Transformationsatz
- Taylorreihen

### Prüfungsleistung:

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### 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

## Pflichtmodul Lineare Algebra I/II

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
18	2 Semester	12	Pflichtmodul

### Moduleinheiten:

- Lineare Algebra I
- Lineare Algebra II

**Berechnung der Modulnote:** Summe der mit  $2/3$  multiplizierten besseren Klausurnote und der mit  $1/3$  multiplizierten schlechteren Klausurnote.

**Lernziele:** 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,
- können abstrakte Sätze und Methoden auf konkrete mathematische Probleme anwenden,
- analysieren lineare geometrische Sachverhalte mit abstrakten algebraischen und konkreten rechnerischen Methoden,
- können einfachere Aussagen aus der linearen Algebra selbstständig beweisen,
- können die Richtigkeit komplexerer Aussagen aus der linearen Algebra rechtfertigen.

## Moduleinheit Lineare Algebra I

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	1. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** keine

### Lehrinhalte:

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

### Prüfungsleistung:

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**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

### Moduleinheit Lineare Algebra II

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	2. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Lineare Algebra I

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

**Prüfungsleistung:**

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**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

## Pflichtmodul Praktische Mathematik I

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
18	2 Semester	12	Pflichtmodul

### Moduleinheiten:

- Modellierung
- Computergestützte Mathematik
- Numerische Mathematik

### Berechnung der Modulnote: 2 Klausuren

**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.

## Moduleinheit Modellierung

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	2. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Lineare Algebra I und Analysis I

### 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

### **Prüfungsleistung:**

- Klausur, mündliche Prüfung oder Hausarbeit
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### **Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $14 \times 1,5 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## **Moduleinheit Computergestützte Mathematik**

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 1 SWS - Übung 2 SWS	2. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

### **Empfohlene Vorkenntnisse:** Lineare Algebra I und Analysis I

### **Lehrinhalte:**

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

### **Prüfungsleistung:**

- Klausur oder Hausarbeit/Projektarbeit
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### **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

## Moduleinheit Numerische Mathematik

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	3. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Lineare Algebra I, Computergestützte Mathematik

**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.

### **Prüfungsleistung:**

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### **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

## Pflichtmodul Algebra I

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
9	1 Semester	6	Pflichtmodul

**Lernziele:** 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.

## Moduleinheit Algebra I

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	3. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Lineare Algebra I/II

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

**Prüfungsleistung:**

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**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

## Pflichtmodul Analysis III

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
9	1 Semester	6	Pflichtmodul

### Moduleinheiten:

- Gewöhnliche Differentialgleichungen
- Maß- und Integrationstheorie

**Berechnung der Modulnote:** Gemeinsame Klausur über beide Moduleinheiten

### 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.



## Moduleinheit Gewöhnliche Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS  (evtl. 4+2-stündig in der ersten Hälfte der Vorlesungszeit)	3. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Lineare Algebra I

### 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

### Prüfungsleistung:

- Klausur über Analysis III
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $7 \times 4,5 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $7 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## Moduleinheit Maß- und Integrationstheorie

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS  (evtl. 4+2-stündig i.d. zweiten Hälfte der Vorlesungszeit)	3. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Lineare Algebra I

**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

**Prüfungsleistung:**

- Klausur über Analysis III
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 4,5 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

## Pflichtmodul Praktische Mathematik II

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Pflichtmodul mit wählbarer Moduleinheit

### Moduleinheiten:

- Optimierung I  
**oder**
  - Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen  
**oder**
  - andere Lehrveranstaltungen mit praktischen Anteilen, die gelegentlich angeboten werden
- Die nicht im Pflichtmodul Praktische Mathematik II gewählte Veranstaltung kann dennoch belegt und als Wahlmodul angerechnet werden.

### Berechnung der Modulnote: Klausur oder mündliche Prüfung

### Lernziele:

- Im Anschluss an die einführenden Vorlesung im Module Praktische Mathematik I 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.

## Moduleinheit Optimierung I

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	4. oder 6. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Lineare Algebra I, Numerische Mathematik

### Lehrinhalte:

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

### Prüfungsleistung:

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

## Moduleinheit Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	4. Semester oder 6. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Analysis III, Lineare Algebra I, Numerische Mathematik

### Lehrinhalte:

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

### Prüfungsleistung:

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

## Pflichtmodul Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
9	1 Semester	6	Pflichtmodul

### Moduleinheiten:

- Wahrscheinlichkeitstheorie
- Statistik

### Berechnung der Modulnote: Klausuren

### 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 mathematischen Fähigkeiten, um 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.

## Moduleinheit Wahrscheinlichkeitstheorie

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS  (4+2-stündig in erster Hälfte der Vorlesungszeit)	4. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

### Empfohlene Vorkenntnisse: Analysis I/II, Analysis III (Maßtheorie), Lineare Algebra I

### Lehrinhalte:

- Kolmogorovsche Axiome, Unabhängigkeit, bedingte Wahrscheinlichkeiten, Zufallsvariablen
- Konvergenzarten der Stochastik, charakteristische Funktionen

- Gesetz der großen Zahlen, zentraler Grenzwertsatz.

### **Prüfungsleistung:**

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### **Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 4,5 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

## **Moduleinheit Statistik**

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	4. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Analysis III (Maßtheorie), Lineare Algebra I

### **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

### **Prüfungsleistung:**

- Klausur
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### **Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 4,5 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

### **3 Wahlmodule und Vertiefungsrichtungen**

Im Studiengang Mathematik B.Sc. müssen durch die Auswahl der Wahlmodule zwei der folgenden Vertiefungsrichtungen abgedeckt werden. Mindestens eine der zwei abgedeckten Vertiefungsrichtungen muss von Statistik und Stochastik verschieden sein.

#### **Vertiefungsrichtung Analysis und Numerik:**

- Wahlmodul Funktionalanalysis
- Wahlmodul Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen

#### **Vertiefungsrichtung Differentialgeometrie:**

- Wahlmodul Differentialgeometrie I
- Wahlmodul Differentialgeometrie II
- Wahlmodul Gewöhnliche Differentialgleichungen mit geometrischen Anwendungen

#### **Vertiefungsrichtung Geometrie und Algebra:**

- Wahlmodul Algebra II
- Wahlmodul Algorithmische Algebraische Geometrie

#### **Vertiefungsrichtungen Statistik:**

- Wahlmodul Funktionalanalysis
- Wahlmodul Mathematische Statistik I

#### **Vertiefungsrichtung Stochastik:**

- Wahlmodul Funktionalanalysis
- Wahlmodul Stochastische Prozesse
- Wahlmodul Markov-Ketten



## Wahlmodul Algebra II

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Geometrie und Algebra

**Lernziele:** Die Studierenden erlangen ein fundiertes Verständnis der Modultheorie und der Struktur von Ringen und sind damit in der Lage sind, Modulstrukturen zu analysieren, Homomorphismen zu untersuchen und das erlernte Wissen auf verschiedene mathematische Bereiche anzuwenden.

**Kompetenzen:** Die Studierenden

- kennen die grundlegenden Konzepte, Definitionen und Eigenschaften von Moduln und können diese auf verschiedene Beispiele anwenden,
- sind in der Lage, Modulstrukturen zu analysieren und zu untersuchen und können verschiedene Typen von Moduln identifizieren (wie etwa noethersche und artinsche Moduln, freie Moduln, einfache, halbeinfache und unzerlegbare Moduln),
- besitzen ein gutes Verständnis von Modulhomomorphismen und deren Eigenschaften, lernen die verschiedenen Homomorphiesätze für Moduln kennen und können diese anwenden, um Beziehungen zwischen Moduln zu analysieren,
- kennen spezielle Klasse von Ringen wie etwa Dedekindringe, lernen Verallgemeinerungen und Varianten der eindeutigen Primfaktorzerlegung in faktoriellen Ringen, wie etwa die Primidealzerlegung in Dedekindringen,
- besitzen ausreichend Wissen über Moduln und Ringe, um diese Begriffe in ihrem späteren Studium auf verschiedene mathematische Gebiete anzuwenden, wie zum Beispiel algebraische Zahlentheorie, algebraische Geometrie und Darstellungstheorie.

## Algebra II

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS  (4+2-stündig in der ersten Hälfte der Vorlesungszeit)	4. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I

**Lehrinhalte:**

- Moduln, direkte Summe von Moduln, freie Moduln, Noethersche und artinsche Moduln, endlich erzeugte Moduln über Hauptidealringen, Satz von Caley-Hamilton,
- ganze Ringerweiterungen und Dedekindringe, Ganzheit, Charakterisierung von Dedekindringen

**Prüfungsleistung:**

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $7 \times 4,5 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $7 \times 9 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## Wahlmodul Algebraische Zahlentheorie

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul

**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 Zahlentheorie und können elementare Definitionen wiedergeben,
- sind in der Lage, Beweise der zentralen zahlentheoretischen Sätze (z.B. Endlichkeit der Klassenzahl, Dirichletscher Einheitensatz) 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.

## Algebraische Zahlentheorie

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS  (4+2-stündig in der zweiten Hälfte der Vorlesungszeit)	4. Semester oder 6. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I, Algebra II

**Lehrinhalte:**

- quadratische Zahlkörper,
- Norm, Spur und Diskriminante,
- Idealklassengruppe,
- Zahlringe,
- Gitter in Zahlkörpern,
- Endlichkeit der Klassenzahl,

- Dirichletscher Einheitsatz,
- Einheitswurzeln,
- Kreisteilungskörper.

**Prüfungsleistung:**

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $7 \times 4,5 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $7 \times 9 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## Wahlmodul Algorithmische algebraische Geometrie

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
9	1 Semester	6	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Geometrie und Algebra

**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.

## Algorithmische algebraische Geometrie

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	5. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I

### 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

### Prüfungsleistung:

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### 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

## Wahlmodul Differentialgeometrie I

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Differentialgeometrie

### Lernziele:

- Beschreibung gekrümmter bzw. nichtlinearer Objekte im Euklidischen. Erlernen des differentialgeometrischen Kalküls.
- Dieses Modul legt die Grundlage für spätere Vorlesungen über Differentialgeometrie.

### Kompetenzen: Die Studierenden

- verstehen die grundlegenden Definitionen, Begriffe, Aussagen und Methoden der Differentialgeometrie,
- erkennen die Bedeutung der Differentialgeometrie zur Beschreibung von Flächen,
- erhalten einen systematischen Zugang zum Fachgebiet.

## Differentialgeometrie I

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	4. Semester oder 6. Semester	Unregelmäßig (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Analysis III, Lineare Algebra I/II

**Lehrinhalte:** Hyperflächen, Hauptkrümmungen, Minimalflächen, Mittlerer Krümmungsfluss.

### Prüfungsleistung:

- Klausur oder mündlichen Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $7 \times 4,5 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $7 \times 9 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## Wahlmodul Differentialgeometrie II

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Differentialgeometrie

### Lernziele:

- Beschreibung gekrümmter bzw. nichtlinearer Objekte im Euklidischen. Vertiefen des differentialgeometrischen Kalküls.
- Verwendung der zahlreichen differentialgeometrischen Definitionen in Rechnungen und Beweisen.

### Kompetenzen:

- Die Studierenden erweitern ihre Beschreibungsmöglichkeiten für Untermannigfaltigkeiten und wenden diese vielfältig an.
- Die Studierenden können aus lokalen Eigenschaften globale folgern.
- Die Studierenden beherrschen auch aufwändigere Beweise im Gebiet.

## Differentialgeometrie II

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	6. Semester	Unregelmäßig (Sommersemester)	Deutsch

### Empfohlene Vorkenntnisse: Differentialgeometrie I

**Lehrinhalte:** Kurven, isoperimetrische Ungleichung, Satz von Fenchel, Distanzfunktion, Mittlerer Krümmungsfluss, Gewöhnliche Differentialgleichungen auf Mannigfaltigkeiten, Geodätische.

### Prüfungsleistung:

- Klausur oder mündlichen Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $7 \times 4,5 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $7 \times 9 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## Wahlmodul Funktionalanalysis

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul, Vertiefungsrichtungen Analysis und Numerik, Statistik und Stochastik

### Lernziele:

- Erwerb grundlegender Kenntnisse über Abbildungen zwischen allgemeinen metrischen und normierten Räumen, welche insbesondere in Analysis und Numerik wesentlich sind.
- Bereitstellung fundamentaler Grundlagen für weitere Vorlesungen in den Bereichen Analysis und Numerik, insbesondere für Vorlesungen über partielle Differentialgleichungen.
- 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 grundlegende 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 Pflichtmodulen Analysis I/II und Lineare Algebra I/II 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.

## Moduleinheit Funktionalanalysis

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	4. Semester oder 6. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Analysis III, Lineare Algebra I/II, hilfreich ist zudem Funktionentheorie

### Lehrinhalte:

- Normierte Räume, lineare Abbildungen in normierten Räumen
- Satz von Hahn-Banach



- Hilberträume, Orthogonalität
- Dualraum
- Satz von Baire und Folgerungen
- optional: Topologische Grundlagen, Vervollständigung,  $L^p$ -Räume, Projektion auf konvexe Mengen

Themen, die in Funktionalanalysis oder Funktionalanalysis II behandelt werden:

- Reflexivität
- schwache Konvergenz

### **Prüfungsleistung:**

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### **Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $14 \times 1,5 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## Wahlmodul Funktionalanalysis II

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul

### 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 Pflichtmodulen Analysis I/II und Lineare Algebra I/II 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.

## Funktionalanalysis II

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	6. Semester	gelegentlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Funktionalanalysis, hilfreich ist zudem Funktionentheorie

### Lehrinhalte:

Es 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

Themen, die in Funktionalanalysis oder Funktionalanalysis II behandelt werden:

- Reflexivität
- schwache Konvergenz

**Prüfungsleistung:**

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $14 \times 1,5 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $14 \times 4,5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## Wahlmodul Funktionentheorie

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul

**Lernziele:** Kennenlernen charakteristischer Eigenschaften von Funktionen einer komplexen Veränderlichen und Einsatz spezieller Methoden als Werkzeuge. Dieses Modul ist grundlegend für viele Bereiche der Mathematik.

**Kompetenzen:** Die Studierenden

- kennen und verstehen grundlegende 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.

## Funktionentheorie

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	4. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Lineare Algebra I/II

### 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.

**Prüfungsleistung:**

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- Vor- und Nachbereitung  $7 \times 3 \text{ h} = 21 \text{ h}$
- Übungsaufgaben  $14 \times 5 \text{ h} = 63 \text{ h}$
- Klausurvorbereitung: 19,5 h

## Wahlmodul Gew. Differentialgleichungen mit geometrischen Anwendungen

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Differentialgeometrie

**Lernziele:** Mathematische Beschreibung gekrümmter Objekte

**Kompetenzen:** 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.

## Gewöhnliche Differentialgleichungen mit geometrischen Anwendungen

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	5. Semester	gelegentlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Analysis III, Lineare Algebra I/II, Differentialgeometrie I

**Lehrinhalte:**

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

**Prüfungsleistung:**

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

## Wahlmodul Markov-Ketten

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Stochastik

**Lernziele:** Die Vorlesung gibt einen Überblick über die Theorie der Markovketten in diskreter und stetiger Zeit, welche in vielen Anwendungen anzutreffen sind und gleichzeitig als einfache Prototypen von allgemeinen Markovprozessen angesehen werden können. Es zeigt sich, dass die Bestimmung der Verteilung gewisser Objekte auf das Lösen gewisser deterministischer Gleichungen (lineare Gleichungssysteme, gewöhnliche Differentialgleichungen) zurückgeführt werden kann. Dies gibt ein erstes Beispiel des Zusammenspiels von probabilistischen und analytischen Methoden.

**Kompetenzen:** Die Studierenden

- können Situationen erkennen, die sich durch Markovketten beschreiben lassen und in konkreten Fällen ein entsprechendes Modell aufstellen.
- kennen die fundamentalen Begriffe und Sätze der Theorie der Markovketten
- können Methoden aus der linearen Algebra und den gewöhnlichen Differentialgleichungen verwenden, um Verteilungen gewisser Zufallsvariablen zu berechnen.
- erkennen Querverbindungen zwischen Stochastik und Analysis.

## Markov-Ketten

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	5. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Wahrscheinlichkeitstheorie, Stochastische Prozesse

### Lehrinhalte:

- Der Poisson Prozess
- Markovketten in stetiger Zeit: Intensitätsmatrix und Übergangshalbgruppen
- Potentialtheorie: harmonische Funktionen, Greensche Matrix, Dirichlet Problem
- Rekurrenz und Transienz, Invariante Verteilungen, asymptotisches Verhalten

### Prüfungsleistung:

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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



## Wahlmodul Mathematische Statistik I

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
9	1 Semester	6	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Statistik

**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 mithilfe der Maximum-Likelihood-Methode konstruieren,
- asymptotische Tests aus dem Likelihood-Ratio-Ansatz herleiten.

## Mathematische Statistik I

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	5. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik

### 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

### Prüfungsleistung:

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### 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

## Wahlmodul Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul

**Lernziele:** Die kurze Einführung in die Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen aus der Vorlesung Numerische Mathematik 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.

## Moduleinheit Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	4. Semester oder 6. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Analysis III, Lineare Algebra I, Numerische Mathematik

**Lehrinhalte:**

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

**Prüfungsleistung:**

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

## Wahlmodul Optimierung I

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul

**Lernziele:** Hauptziel der Vorlesung ist die Vermittlung grundlegender Kenntnisse über die Theorie nichtlinearer Optimierungsprobleme, 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 Optimierungsprobleme beschreiben.

## Moduleinheit Optimierung I

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS	4. oder 6. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II, Lineare Algebra I, Numerische Mathematik

### Lehrinhalte:

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

### Prüfungsleistung:

- Klausur

- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**Arbeitsaufwand:** 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

## Wahlmodul Stochastische Prozesse

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	3	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Stochastik

**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. Genauer werden Markov Ketten, Martingale und die Brownsche Bewegung vorgestellt.

**Kompetenzen:** Die Studierenden

- können zufällige dynamische Vorgänge mithilfe stochastischer Prozesse modellieren und die wesentlichen Gesetzmäßigkeiten differenziert anwenden,
- beherrschen die mathematischen Grundlagen für die Analyse von stochastischen Finanzmarktmodellen.

## Stochastische Prozesse

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	- Vorlesung 2 SWS - Übung 1 SWS  (4+2-stündig in der zweiten Hälfte der Vorlesungszeit)	4. Semester	jährlich (Sommersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Modulheinheit Wahrscheinlichkeitstheorie aus dem Pflichtmodul Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik (wird in der ersten Hälfte der Vorlesungszeit im Sommersemester gelesen und kann im selben Semester absolviert werden).

### Lehrinhalte:

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

### Prüfungsleistung:

- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

### Arbeitsaufwand: 135 h

- Präsenzstudium (Vorlesung und Übung)  $14 \times 2,25 \text{ h} = 31,5 \text{ h}$
- 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

## Wahlmodul Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
9	1 Semester	6	Wahlmodul, Vertiefungsrichtung Analysis und Numerik

**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.

## Moduleinheit Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
9	- Vorlesung 4 SWS - Übung 2 SWS	5. Semester	jährlich (Wintersemester)	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Lineare Algebra I/II, Numerische Mathematik, Funktionalanalysis

**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

**Prüfungsleistung:**



- Klausur oder mündliche Prüfung
- erfolgreiche Teilnahme an den Übungen

**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

## Unregelmäßig angebotene Wahlmodule

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

In den letzten Jahren wurden unter anderem folgende Wahlmodule 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
- Kommutative Algebra
- Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik
- Mathematische Logik
- Modelltheorie
- Nichtnegative Matrizen
- Numerik stochastischer Differentialgleichungen
- O-Minimale Geometrie
- 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

## 4 Seminare und Bachelorarbeit

## Proseminar

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
3	1 Semester	2	Pflichtseminar

**Lernziele:** Nach Ankündigung der Lehrperson

**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.

## Proseminar

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
3	2 SWS	3. oder 4. Semester	Jedes Semester	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I/II und Lineare Algebra I/II

**Lehrinhalte:** Nach Ankündigung der Lehrperson

### **Prüfungsleistung:**

- Mündlicher Vortrag
- Präsenz und aktive Teilnahme
- evtl. schriftliche Ausarbeitung

### **Arbeitsaufwand:**

- 20 h Präsenzzeit
- 70 h Selbststudium

## Fachseminar

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
4,5	1 Semester	2	Pflichtseminar

**Lernziele:** Nach Ankündigung der Lehrperson

**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.

## Fachseminar

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
4,5	2 SWS	5. Semester	jährlich	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Nach Ankündigung der Lehrperson

**Lehrinhalte:** Nach Ankündigung der Lehrperson

### **Prüfungsleistung:**

- Mündlicher Vortrag
- Präsenz und aktive Teilnahme
- evtl. schriftliche Ausarbeitung

### **Arbeitsaufwand:**

- 20 h Präsenzzeit
- 115 h Selbststudium

## Bachelorarbeit

Credits	Dauer	SWS	Einordnung
15	4 Monate	0	Pflicht

**Lernziele:** Richten sich nach der von den Dozierenden 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.

## Bachelorarbeit

Credits	Lehrform	Empfohlenes Semester	Häufigkeit	Sprache
15	0 SWS	6. Semester	jährlich	Deutsch

**Empfohlene Vorkenntnisse:** Die Module einer Vertiefungsrichtung, aus denen die Arbeit hervorgehen soll

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

### Prüfungsleistung:

- Bachelorarbeit
- Präsentation zur Bachelorarbeit

### Arbeitsaufwand:

- 30 h persönliche Betreuung
- 420 h Selbststudium