

Fakultät für Mathematik

Bachelor-Studiengang  
Technomathematik

# Modulhandbuch

9. Mai 2025

Herausgegeben von den Studiendekanen.



# Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagenbereich . . . . .	1
	Grundlagen der Analysis (Analysis I und II) . . . . .	2
	Grundlagen der Linearen Algebra (Lineare Algebra I und II) . . . . .	4
	Algebra . . . . .	5
	Analysis III . . . . .	6
	Numerische Mathematik I: Grundlagen . . . . .	7
	Optimierung I . . . . .	8
	Stochastik . . . . .	9
2	Aufbaubereich . . . . .	10
2.1	Schwerpunkt Algebra . . . . .	11
	Algebra II . . . . .	11
	Elementare Lie-Theorie . . . . .	12
	Algebraische Zahlentheorie I . . . . .	13
	Codierungstheorie . . . . .	14
	Kryptographie . . . . .	15
	Topologie . . . . .	16
2.2	Schwerpunkt Analysis . . . . .	17
	Funktionalanalysis I . . . . .	17
	Funktionentheorie . . . . .	18
	Gewöhnliche Differentialgleichungen . . . . .	19
	Differentialgeometrie I . . . . .	20
	Partielle Differentialgleichungen I . . . . .	21
2.3	Schwerpunkt Numerik . . . . .	22
	Numerik partieller Differentialgleichungen . . . . .	22
	Numerische Mathematik II . . . . .	23
2.4	Schwerpunkt Optimierung . . . . .	24
	Diskrete Optimierung . . . . .	24
	Inverse Probleme . . . . .	25
	Mathematische Methoden in Energiesystemen . . . . .	26
	Nichtlineare Optimierung . . . . .	27
2.5	Schwerpunkt Stochastik . . . . .	28
	Probabilistische Methoden des maschinellen Lernens . . . . .	28
	Diskrete Finanzmathematik . . . . .	30
	Elementare Sachversicherungsmathematik . . . . .	31
	Markov-Ketten . . . . .	32
	Mathematische Statistik . . . . .	33
	Wahrscheinlichkeitstheorie I . . . . .	34
3	Zusatzbereich . . . . .	35
	Mathematische Ausblicke . . . . .	36
4	Mathematischer Schwerpunktbereich . . . . .	37
	Abschlussmodul . . . . .	38
5	Ergänzungsbereich . . . . .	39
5.1	E1 – Schlüsselqualifikationen . . . . .	40
	Proseminar . . . . .	40
	Mathematische Miniaturen . . . . .	41
5.2	E2 – Allgemeinbildende Grundlagen des Fachstudiums . . . . .	42
	Programmierkurs zur Numerischen Mathematik . . . . .	42
	Einführung in die mathematische Logik . . . . .	43
	Einführung in LaTeX . . . . .	44
	Ergänzungen zur Analysis oder Linearen Algebra . . . . .	45

	Mathematikgeschichte . . . . .	46
	Programmierkurs zur Zahlentheorie . . . . .	47
6	Berufspraktische Tätigkeiten . . . . .	48
	Praktikum zur Numerischen Mathematik . . . . .	49
	Praktikum zur Optimierung . . . . .	50
	Praktikum zur Statistik . . . . .	51
	Unternehmenspraktikum . . . . .	52

---

# 1 Grundlagenbereich

Die Module des Grundlagenbereichs dienen - wie der Name schon andeutet - der Vermittlung eines breiten mathematischen Grundlagenwissens. In den ersten beiden Semestern sind idealerweise die folgenden Module zu belegen:

- Grundlagen der Analysis
- Grundlagen der Linearen Algebra

Im Anschluss erhalten die Studierenden einen ersten Einblick in die verschiedenen Bereiche der Mathematik, indem sie mindestens vier der Vorlesungen

- Algebra
- Analysis III
- Numerische Mathematik I: Grundlagen
- Optimierung I
- Stochastik

besuchen (die Vorlesung „Stochastik“ kann alternativ auch schon im zweiten Semester gehört werden). Das so erworbene Grundlagenwissen dient als Fundament für das weitere Studium.

Wir verweisen für detaillierte Informationen zum Studienablauf auf die Prüfungsordnungen.

## Grundlagen der Analysis (Analysis I und II)

### Titel Englisch

Fundamentals of analysis (Analysis I and II)

### Verantwortlich

Prof. Dr. Andreas Gastel

### Angebotsturnus

jedes Semester

### Studierbar ab Fachsemester

B1

### Voraussetzungen (empfohlen)

Mathematische Ausbildung auf Gymnasialniveau, möglichst Leistungskurs. Aktive Teilnahme am Vorkurs Mathematik wird empfohlen.

### Sprache

Deutsch

### Status

Pflichtmodul

### Bereich

Grundlagenbereich

### Lernziele

- Erlernen grundlegender Begriffsbildungen der Analysis
- Hinterfragen intuitiver Vorstellungen und Anwenden der Definitionen und Sätze
- Selbständiges Führen einfacher Beweise
- Darstellung der eigenständig erstellten Lösungen zu Übungsaufgaben und Vertretung der Lösungsvorschläge in der Diskussion

### Inhalt

Die Vorlesungen Analysis I und II behandeln: (Die hier angegebene Reihenfolge ist nicht obligatorisch)

1. Reelle und komplexe Zahlen, Zahlenfolgen, Zahlenreihen;
2. Topologische Grundlagen, stetige Funktionen;
3. Spezielle Funktionen: Wurzel, log, exp, sin, cos;
4. Differenzierbare Funktionen einer reellen Veränderlichen, Taylor-Formel;

5. Riemann Integral für Funktionen einer reellen Variablen, Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung;

6. Funktionenfolgen/-reihen;

7. Weitere topologische Grundlagen des  $\mathbb{R}^n$ ;

8. Differenzierbare Abbildungen von  $\mathbb{R}^n$  nach  $\mathbb{R}^m$ ; Kettenregel;

9. Satz von Taylor, Maxima und Minima (auch mit Nebenbedingungen), Inverse Funktionen, Implizite Funktionen;

10. Analysis in metrischen und Banach-Räumen;

11. Gewöhnliche Differentialgleichungen;

12. Das  $n$ -dimensionale Riemann-Integral;

13. Grundbegriffe der Vektoranalysis (Sätze von Gauß, Green, Stokes in  $\mathbb{R}^2$  und  $\mathbb{R}^3$ );

14. Elementare Fourier-Analysis.

Optional im 1. Semester: Mengenlehre, Konstruktion der reellen Zahlen. Die Themen 1–5 sollten in der Vorlesung Analysis I behandelt werden. Stoff der Analysis II sind 6–9 und wenigstens eins der Themen 10–14. Die Übungen zur Analysis I und Analysis II finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft. Hier lernen Sie, mit Mathematik selbst umzugehen.

### Literaturbeispiele

- Barner, Flohr: Analysis I/II. de Gruyter
- Bröcker: Analysis I/II. BI Wissenschaftsverlag
- Forster: Analysis I/II. Vieweg
- Hildebrandt: Analysis I/II. Springer
- Königsberger: Analysis I/II. Springer

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesungen Analysis I und Analysis II mit je 4 SWS; begleitende Übungen Analysis I und Analysis II mit je 2 SWS (in Gruppen).

### Arbeitsaufwand

je 270 Stunden (davon je 90 Stunden Präsenz), entspricht je 9 ECTS-Punkten pro Semester

---

**ECTS-Punkte**

18.

**Prüfungsform**

Das erste Semester wird durch eine Klausur "Analysis I" über den Stoff der Vorlesungen und Übungen abgeschlossen. Das Modul wird durch eine mündli-

che Prüfung über den gesamten Stoff abgeschlossen; Zulassungsvoraussetzung für die mündliche Prüfung ist das Bestehen der Klausur "Analysis I". Der Vorlesende kann die Teilnahme an der Klausur von einer aktiven Beteiligung am Übungsbetrieb abhängig machen.

## Grundlagen der Linearen Algebra (Lineare Algebra I und II)

### Titel Englisch

Fundamentals of linear algebra (Linear Algebra I and II)

### Verantwortlich

Prof. Dr. Georg Hein

### Angebotsturnus

jedes Semester

### Studierbar ab Fachsemester

B1

### Voraussetzungen (empfohlen)

Mathematische Ausbildung auf Gymnasialniveau, möglichst Leistungskurs. Aktive Teilnahme am Vorkurs Mathematik wird empfohlen.

### Sprache

Deutsch

### Status

Pflichtmodul

### Bereich

Grundlagenbereich

### Lernziele

Die Studierenden sollen grundlegende Regeln im Lesen und Schreiben mathematischer Aussagen lernen.

Sie sollen intuitive Vorstellungen hinterfragen und lernen, die Definitionen und Sätze anzuwenden.

Die Teilnehmer sollen die Begriffsbildungen der Linearen Algebra verstehen.

Sie sollen selbst einfache Beweise für Aussagen der Linearen Algebra finden und formulieren.

Die Studierenden sollen in den Übungen lernen, ihre Lösungen schriftlich aber auch im Vortrag darzustellen.

### Inhalt

In der Linearen Algebra I und II soll der Stoff zu den Themen 1-7 behandelt werden sowie zu einigen (von den Lehrenden ausgewählten) Themen der Stoffgebiete 8-11.

1. Mathematische Grundlagen und algebraische Grundstrukturen (Mengen, Abbildungen, Gruppen, Ringe, Körper, komplexe Zahlen)
2. Vektorräume (Basen, Dimension, lineare Abhängigkeit, Untervektorräume)
3. Lineare Abbildungen, Matrizen, Lineare Gleichungssysteme

### 4. Determinanten

### 5. Eigenwerte und Eigenvektoren (Diagonalisierbarkeit von Vektorraum-Endomorphismen, Jordansche Normalform)

### 6. Euklidische und unitäre Vektorräume (Skalarprodukte, Bilinear- und Sesquilinearformen, Isometrien)

### 7. Quadratische Formen (Hauptachsentransformation, Isometriegruppen, Normalformen)

### 8. Endliche Körper (Restklassenringe, Charakteristik, Primkörper, Klassifikation und Konstruktion endlicher Körper)

### 9. Affine und projektive Räume

### 10. Ringe und Moduln (Euklidische und Hauptidealringe, Moduln über diesen, Gauß-Elimination über Hauptidealringen, Jordansche und rationale kanonische Form)

### 11. Tensorprodukte

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesungen Lineare Algebra I und Lineare Algebra II mit je 4 SWS, begleitende Übungen Lineare Algebra I und Lineare Algebra II mit je 2 SWS (in Gruppen).

### Arbeitsaufwand

je 270 Stunden (davon je 90 Stunden Präsenz), entspricht je 9 ECTS-Punkten pro Veranstaltung

### ECTS-Punkte

18.

### Prüfungsform

Das erste Semester wird durch eine Klausur "Lineare Algebra I" über den Stoff der Vorlesungen und Übungen abgeschlossen. Das Modul wird durch eine mündliche Prüfung über den gesamten Stoff abgeschlossen; Zulassungsvoraussetzung für die mündliche Prüfung ist das Bestehen der Klausur "Lineare Algebra I". Der Vorlesende kann die Teilnahme an der Klausur von einer aktiven Beteiligung am Übungsbetrieb abhängig machen.



# Algebra

## Titel Englisch

Algebra

## Verantwortlich

Prof. Dr. Georg Hein

## Angebotsturnus

WS, jährlich

## Studierbar ab Fachsemester

B3

## Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

## Sprache

In der Regel Deutsch.

## Status

Wahlpflichtmodul

## Bereich

Grundlagenbereich

## Lernziele

- Erlernen der algebraischen Grundbegriffe
- Anwenden der Galois-Korrespondenz auf klassische Probleme
- Eindringen in komplexere Beweise
- Führen einfacher Beweise
- Selbständiges Lösen von Übungsaufgaben und strukturierte Darlegung der Lösungswege

## Inhalt

(Die hier angegebene Reihenfolge ist nicht obligatorisch)

- Gruppen, Normalteiler und Auflösbarkeit, Homomorphismen, Operationen auf Mengen, eventuell auch Sylow-Sätze.
- Ringe, Ideale und Moduln, Polynomringe.
- Körper, Körpererweiterungen, der algebraische Abschluss.
- Galois-Theorie mit Anwendungen.

Höhepunkt ist der Hauptsatz der Galois-Theorie, der besagt, dass wir Körpererweiterungen mit Gruppentheorie verstehen können und umgekehrt.

Die Übungen zur Algebra finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

## Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

## Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

## Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

## ECTS-Punkte

9.

## Prüfungsform

In der Regel: schriftliche Klausur am Semesterende.

Der Vorlesende gibt die Prüfungsmodalitäten am Anfang des Semesters bekannt.

Die Lehrenden können die Zulassung zur Klausur von der aktiven Teilnahme am Übungsbetrieb abhängig machen.

## Analysis III

### Titel Englisch

Analysis III

### Verantwortlich

Prof. Dr. Frank Müller

### Angebotsturnus

WS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Grundlagenbereich

### Lernziele

Wesentliche Ziele dieser Vorlesung sind neben der Vektoranalysis die gesamte Lebesgue'sche Integrationstheorie und die hiermit zusammenhängenden fundamentalen Theoreme. Dies liefert das Fundament für sämtliche weiterführende Vorlesungen im Bereich der mathematischen Analysis, wie z.B. Partielle Differentialgleichungen, Variationsrechnung, Optimierung, Differentialgeometrie, Stochastik, Numerik, Funktionalanalysis.

### Inhalt

- Vektoranalysis im  $\mathbb{R}^3$ : Sätze von Gauß, Green, Stokes;
- Lebesgue'sche Integrationstheorie im  $\mathbb{R}^n$ : Konstruktion des Lebesgue-Maßes, messbare Funktionen, Maßkonvergenz: Sätze von Lebesgue, Riesz;

- Satz von Lusin, Lebesgue-Integral, Konvergenzsätze zum Lebesgue-Integral: Fatou, Lebesgue, B. Levi;

- Prinzip von Cavalieri, Satz von Fubini;

- $L_p$ -Räume, Satz von Riesz-Fischer;

- Mannigfaltigkeiten und Differentialformen; allgemeiner Stokes'scher Satz;

- Gewöhnliche Differentialgleichungen

### Literaturbeispiele

- Barner, Flohr: Analysis II. de Gruyter 1991

- Hildebrandt: Analysis II, III. Springer 2003

- Fleming: Functions of several variables. Addison-Wesley 1965

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

In der Regel: schriftliche Klausur am Semesterende.

Der Vorlesende gibt die Prüfungsmodalitäten am Anfang des Semesters bekannt.

Die Lehrenden können die Zulassung zur Klausur von der aktiven Teilnahme am Übungsbetrieb abhängig machen.

## Numerische Mathematik I: Grundlagen

### Titel Englisch

Numerical mathematics I: basics

### Verantwortlich

Prof. Dr. Gerhard Starke

### Angebotsturnus

WS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Sprache

Deutsch

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Grundlagenbereich

### Lernziele

- Aktives Erlernen der Begriffsbildungen der Numerischen Mathematik und der numerischen Lösung mathematischer Problemstellungen
- Umfassendes Verständnis der numerischen Verfahren und Erlernen der Fähigkeit, diese der Problemstellung entsprechend einsetzen zu können
- Eigenständige Präsentation und Vertretung der Lösungsvorschläge in einer Diskussion
- Behandlung mathematischer Probleme mit numerischen Methoden und deren algorithmische Umsetzung

### Inhalt

(Die angegebene Reihenfolge ist nicht obligatorisch; alle Punkte beziehen sich auf die zugehörigen numerischen Verfahren und die theoretischen Grundlagen, soweit letztere noch nicht in den Grundvorlesungen des ersten Jahres behandelt worden sind.):

- Lineare Gleichungssysteme
- Nichtlineare Gleichungen und Gleichungssysteme

- Ausgleichsprobleme
- Eigenwertaufgaben
- Interpolation
- Iterative Verfahren für lineare Gleichungssysteme
- Integration

Desweiteren sollen Fragen der Kondition und numerischen Stabilität erörtert werden. Die Übungen zur Vorlesung Numerische Mathematik I finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft. Die Übungen können auch eine praktische Komponente enthalten, bei der numerische Verfahren am Rechner entwickelt und getestet werden. Die dazu nötigen Kenntnisse im Umgang mit einer Programmierungsumgebung (z.B. Matlab) werden gegebenenfalls in den Übungen vermittelt.

### Literaturbeispiele

- S. Bartels: Numerik 3&#215;9. Springer-Verlag, 2016
- M. Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des wissenschaftlichen Rechnens. Teubner-Verlag, 2009 (3. Auflage)
- W. Zulehner: Numerische Mathematik: Eine Einführung anhand von Differentialgleichungsproblemen. Birkhäuser-Verlag (Band 1: 2007, Band 2: 2011)

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung am Semesterende. Die Modalitäten der Prüfung sowie etwaiger Zulassungsvoraussetzungen werden zu Beginn der Veranstaltungen von der/dem Lehrenden festgelegt und bekanntgegeben.

**Optimierung I****Titel Englisch**

Optimization I

**Verantwortlich**

Prof. Dr. Rüdiger Schultz

**Angebotsturnus**

SS, jährlich

**Studierbar ab Fachsemester**

B3

**Voraussetzungen (empfohlen)**

Lineare Algebra II, Analysis II

**Sprache**

In der Regel Deutsch.

**Status**

Wahlpflichtmodul

**Bereich**

Grundlagenbereich

**Lernziele**

Die Teilnehmer erwerben die grundlegenden Kenntnisse zur Theorie und Algorithmik der linearen Optimierung. Dabei erlernen sie auch Modellierungstechniken und lernen Ansätze zur softwaretechnischen Realisierung kennen. Diese Kenntnisse versetzen die Teilnehmer in die Lage, eine insbesondere in ökonomischen Anwendungen wichtige Klasse von praktischen Problemen zu modellieren und zu lösen.

**Inhalt**

- Theorie linearer Ungleichungssysteme
- Geometrie der Polyeder
- Simplexmethode und ihre Varianten sowie zwei der folgenden Themen:
- Lineare Netzkoptimierung

- Innere-Punkte-Verfahren der linearen Optimierung

- Karush-Kuhn-Tucker Bedingungen

**Literaturbeispiele**

- Bertsimas, Tsitsiklis: Introduction to Linear Optimization. Athena Scientific 1997

- Dantzig, Thapa: Linear Programming 1/2. Springer 1997/2003

- Padberg: Linear Optimization and Extensions. Springer 1999

- Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming. Wiley 1998

- Gritzmann: Grundlagen der Mathematischen Optimierung, Springer 2013

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

**Lehrform**

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

**Arbeitsaufwand**

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

**ECTS-Punkte**

9.

**Prüfungsform**

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.

## Stochastik

### Titel Englisch

Stochastics

### Verantwortlich

Prof. Dr. Anita Winter

### Angebotsturnus

Wintersemester, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B2

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Grundlagenbereich

### Lernziele

Grundlegende und wichtige Begriffe sowie Konzepte der Wahrscheinlichkeitstheorie werden vermittelt, die die mathematische Modellierung und Behandlung von Zufallsphänomenen bzw. Zufallsexperimenten ermöglichen.

### Inhalt

1. Laplace-Experimente, Kombinatorik
2. Mathematische Beschreibung von diskreten und stetigen Zufallsexperimenten
3. Wahrscheinlichkeitsverteilungen
4. Kenngrößen von Zufallsvariablen
5. Unabhängigkeit
6. Bedingte Wahrscheinlichkeiten
7. Satz der totalen Wahrscheinlichkeit, Satz von Bayes
8. Verteilung von Summen unabhängiger Zufallsgrößen

9. Normal- und Poisson-Approximation von Wahrscheinlichkeiten

10. schwaches Gesetz der großen Zahlen

11. Irrfahrten

Zusätzlich möglich:

1. Elemente der mathematischen Statistik
2. Galton-Watson Prozesse in diskreter Zeit
3. Zufällige Bäume

### Literaturbeispiele

- Has-Otto Georgii; Stochastik: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Stochastik: de Gryter 2009
- Olle Häggström; Streifzüge durch die Wahrscheinlichkeitstheorie. 2004
- Ulrich Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. 6. Auflage. Braunschweig: Vieweg 2002
- Ronald Meester: A natural introduction to probability theory, 2003

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Schriftliche oder mündliche Prüfung im Anschluss an die Veranstaltung.

## 2 Aufbaubereich

Die Module des Aufbaubereichs sind inhaltlich unterteilt in fünf Schwerpunkte:

- Algebra
- Analysis
- Numerische Mathematik
- Optimierung
- Stochastik

Einige Module sind zusätzlich zu ihrem “Hauptschwerpunkt” auch weiteren Schwerpunkten zugeordnet. Im Bachelorstudium Technomathematik sind 9 bis 27 Credits im Aufbaubereich zu erbringen.

Wir verweisen für detaillierte Informationen zum Studienablauf auf die Prüfungsordnungen.

## 2.1 Schwerpunkt Algebra

Mathematik

### Algebra II

**Titel Englisch**

Algebra II

**Verantwortlich**

Prof. Dr. Georg Hein

**Angebotsturnus**

SS, möglichst jährlich

**Studierbar ab Fachsemester**

B4

**Voraussetzungen (empfohlen)**

Inhalte des Moduls Algebra

**Sprache**

Deutsch, bei Bedarf Englisch

**Status**

Wahlpflichtmodul

**Bereich**

Aufbaubereich

**Schwerpunkt**

Algebra

**Lernziele**

Die Algebra kennt sehr viele Ausrichtungen. Aufbauend auf dem Modul Algebra können die Teilnehmer hier verschiedene weitere Gebiete aus der Algebra kennen lernen. Dabei werden abstrakte algebraische Denkweisen geschult und vertieft. Das Lösen der Übungsaufgaben erfordert neben Fleiß auch sehr viel abstraktes Denken. Das Modul bereitet auf weiterführende Veranstaltungen aus dem Bereich Algebra, Algebraische Geometrie und Algebraische Zahlentheorie vor. So ist dieses Modul eine ideale Vorbereitung für Studenten, die eine Vertiefung in einem dieser Bereiche anstreben.

**Inhalt**

Der Inhalt dieser Vorlesung soll einen Einstieg und Ausblick auf verschiedene weiterführende Themen der Algebra, insbesondere (die hier angegebene Reihenfolge ist nicht obligatorisch; es sollten vier der angegebenen Themen behandelt werden):

1. Kategorien, abelsche Kategorien, exakte Sequenzen.
2. Ringe und Moduln, Tensorprodukt, Adjunktion.
3. Satz von Wedderburn und Darstellungen von Gruppen.
4. Schiefkörper und die Brauer-Gruppe.
5. Bewertungsringe und Dedekind-Ringe.
6. Kommutative Noethersche Ringe und der Hilbertsche Nullstellensatz.
7. Ideale und Spektrum.
8. Dimensionstheorie.

Die Übungen zur Vorlesung finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

**Literaturbeispiele**

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

**Lehrform**

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

**Arbeitsaufwand**

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

**ECTS-Punkte**

9.

**Prüfungsform**

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.

## Elementare Lie-Theorie

### Titel Englisch

Elementary Lie Theory

### Verantwortlich

Prof. Dr. Daniel Greb

### Angebotsturnus

SS, nicht jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis (Analysis I und II),  
Grundlagen der Linearen Algebra (Lineare Algebra I und II)

### Sprache

In der Regel Deutsch

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Algebra

Zuordnungen zu weiteren Schwerpunkten: Analysis

### Lernziele

Die Teilnehmer\*innen lernen die klassischen Gruppen kennen und interpretieren aus der Linearen Algebra bekannte Sätze in diesem Kontext neu. Sie können explizit mit Darstellungen dieser Gruppen und ihrer Lie-Algebren rechnen und kennen die Grundprinzipien der Darstellungstheorie. Sie erwerben Grundkenntnisse in der Geometrie von Mannigfaltigkeiten und wenden diese im Spezialfall homogener Räume an. Damit erwerben die Teilnehmer\*innen Kompetenzen, die für weiterführende Seminare und Erweiterungsmodule z.B. über Riemannsche Geometrie oder Algebraische Gruppen erforderlich sind.

### Inhalt

Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Theorie der Lie-Gruppen und Lie-Algebren anhand von Matrizengruppen. Hierbei werden sowohl geometrische wie auch algebraische Aspekte betrachtet. Es wird eine Auswahl der folgenden sowie ggfs. weitere Themen behandelt:

- die klassischen Gruppen
- die Exponentialabbildung für Matrizen
- Lie-Algebren
- elementare Darstellungstheorie von Lie-Gruppen und -Algebren
- die Baker-Campbell-Hausdorff-Formel und ihre Konsequenzen
- differenzierbare Mannigfaltigkeiten und Vektorfelder
- Einparameter-Untergruppen
- Gruppenwirkungen
- Homogene Räume

Die zugehörigen Übungen finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

### Literaturbeispiele

- B. Hall: Lie Groups, Lie Algebras, and Representations – An Elementary Introduction, Springer, 2015
- W. Kühnel: Matrizen und Lie-Gruppen – Eine geometrische Einführung, Vieweg+Teubner, 2011

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung vergeben. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltung festlegen.



## Algebraische Zahlentheorie I

### Titel Englisch

Algebraic number theory I

### Verantwortlich

Prof. Dr. Georg Hein

### Angebotsturnus

jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B4

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis (Analysis I und II),  
Grundlagen der Linearen Algebra (Lineare Algebra I und II)

### Voraussetzungen (empfohlen)

Algebra

### Sprache

Deutsch, bei Bedarf Englisch

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Algebra

### Lernziele

- Die Teilnehmer erlernen die algebraischen Methoden der Zahlentheorie
- Sie durchdringen anspruchsvolle Beweise
- Sie erlernen durch Übungsaufgaben klassische Anwendungen kennen
- Sie präsentieren ihre Lösungen sowohl schriftlich als auch mündlich

### Inhalt

Einführung in die Algebraische Zahlentheorie; insbesondere (die hier angegebene Reihenfolge ist nicht obligatorisch):

- Ordnungen, Ganzheit, Dedekind-Ringe.
- Gitter und Minkowski-Theorie.
- Klassengruppe und Einheitengruppe.
- Erweiterungen von Dedekind-Ringen.

- Kreisteilungskörper.

Zusätzlich einige der folgenden Themen:

- Stellen, Verzweigung, Lokalisierung und diskrete Bewertungsringe.
- Binäre quadratische Formen.
- Kompletterung und  $p$ -adische Zahlen.

Die Übungen zur Algebraischen Zahlentheorie I finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

### Literaturbeispiele

- K. Ireland, M. Rosen: A classical introduction to modern number theory. Springer Verlag 1990
- J. Neukirch: Algebraische Zahlentheorie. Springer Verlag 1992
- S. Stewart, D. Tall: Algebraic Number Theory. AK Peters Ltd. 2002

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Basis der Übungsaufgaben und einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.

## Codierungstheorie

### Titel Englisch

Coding theory

### Verantwortlich

Prof. Dr. Georg Hein

### Angebotsturnus

nicht jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Voraussetzungen (empfohlen)

Algebra

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Algebra

### Lernziele

Die Teilnehmer sollen die algebraischen Methoden der Codierungstheorie erlernen, die für die Übermittlung von Nachrichten über einen gestörten Kanal von Bedeutung sind. Sie sollen auch praktische Fragestellungen kennen lernen. Das Modul kann als Grundlage dienen für anschließende Seminare und weiterführende Vorlesungen aus der Codierungstheorie. Es kann eine Vorbereitung auf die Bachelor-Arbeit sein.

### Inhalt

1. Elementare Konzepte der Codierungstheorie: Lineare Codes, Parameter eines Codes, Erzeuger- und Kontrollmatrix, duale Codes.
  2. Spezielle Klassen von Codes: Hamming Codes, zyklische Codes, QR Codes, klassische Goppa Codes, Golay Codes, Reed Muller Codes.
  3. Schranken (auch asymptotische Schranken) für Codes.
  4. Decodierung
- Die Übungen zur Codierungstheorie finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht die Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.

## Kryptographie

### Titel Englisch

Cryptography

### Verantwortlich

Prof. Dr. Georg Hein

### Angebotsturnus

WS oder SS, nicht jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Algebra

### Lernziele

Die Teilnehmer sollen die algebraischen Methoden erlernen, die die Grundlagen der modernen Kryptographie bilden. Dazu sollen sie praktische Probleme der Datensicherheit kennen lernen. Das Modul kann als Grundlage dienen für anschließende Seminare und weiterführende Vorlesungen aus der Kryptographie und der Codierungstheorie.

- Durchdringen anspruchsvoller Beweise
- Erlernen des Wechselspiels zwischen theoretischen und praktischen Lösungen
- Anwenden der Theorie auf abstrakte und konkrete Probleme in den Übungen
- Mündliche und schriftliche Präsentation der eigenen Ansätze und Lösungen

### Inhalt

Grundlagen der Diskreten Mathematik in Hinblick auf die Kryptographie, insbesondere die folgenden Themen sind möglich:

1. Klassische Kryptographie.
2. Ansätze zur Kryptanalyse.
3. Shannonsche Theorie.
4. Secret-Key-Kryptographie.
5. Public-Key-Kryptographie.
6. Kryptographische Hashfunktionen.
7. Digitale Unterschriften.
8. Kryptographie mit elliptischen Kurven.

Die Übungen zur Kryptographie I finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht die Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.

## Topologie

### Titel Englisch

Topology

### Verantwortlich

Prof. Dr. Marc Levine

### Angebotsturnus

WS oder SS, nicht jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B5

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Algebra

### Lernziele

- Erlernen der Grundbegriffe der Topologie
- Erfahrungen mit topologischen Konstruktionen
- Aneignung der Kategoriensprache
- Berechnung von Fundamentalgruppen
- Präsentation und Diskussion eigener Lösungen in den Übungen

### Inhalt

Die Topologie ist eine universelle Sprache, die in der Sprache der Kategorien viele Situationen beschreiben kann. Ziel dieses Kurses ist eine Einführung in dieses Gebiet. Dabei soll die allgemeine Theorie einerseits die abstrakte Sprache der Kategorien nutzen, andererseits aber stets an Beispielen illustriert werden.

Einführung in die Topologie; insbesondere (die hier angegebene Reihenfolge ist nicht obligatorisch):

- Metrische und topologische Räume
- Universelle Konstruktionen
- Zusammenhang und Trennung
- Kompaktheit und Abbildungsräume
- Wege und Schleifen
- Die Fundamentalgruppe
- Satz von Seifert und van Kampen

Die Übungen zur Algebraischen Topologie finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

### Literaturbeispiele

G. Laures und M. Szymik, Grundkurs Topologie, Spektrum, 2009.

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.

## 2.2 Schwerpunkt Analysis

Mathematik

## Funktionalanalysis I

## Titel Englisch

Functional analysis I

## Verantwortlich

Prof. Dr. Petra Wittbold

## Angebotsturnus

SS, jährlich

## Studierbar ab Fachsemester

B4

## Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis und der Linearen Algebra, Analysis III

## Sprache

In der Regel Deutsch.

## Status

Wahlpflichtmodul

## Bereich

Aufbaubereich

## Schwerpunkt

Analysis

## Lernziele

- Erlernen und Anwenden der funktionalanalytischen Grundbegriffe
- Die aufgeführten Lehrinhalte sollen beherrscht und in den begleitenden Übungen selbständig vertieft werden.
- Das Modul kann als Vorbereitung dienen für anschließende Seminare aus der Funktionalanalysis oder für weiterführende Vorlesungen aus den Gebieten der Differentialgleichungen, der Numerik, der Optimierung und der Stochastik.

## Inhalt

- Topologische Vektorräume, insbesondere Banachräume; lineare Operatoren und Funktionale
- Grundprinzipien der Funktionalanalysis und Anwendungen: Satz von Baire, Satz von Banach-Steinhaus, Satz von der offenen Abbildung, Satz vom abgeschlossenen Graphen
- Die Sätze von Hahn-Banach, Trennung konvexer Mengen
- Dualitätstheorie, insbes. schwache Konvergenz und Reflexivität
- Differenzierbarkeit von Funktionen mit Werten in Banachräumen
- Kompakte Operatoren und deren Spektrum, Fredholmsche Alternative
- Hilberträume: Satz von Riesz-Fréchet, Satz von Lax-Milgram

Die Übungen zur Funktionalanalysis finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesung wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

## Literaturbeispiele

- D. Werner, Funktionalanalysis, Springer

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

## Lehrform

Vorlesung (4 SWS) und Übung (2 SWS)

## Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

## ECTS-Punkte

9.

## Prüfungsform

Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung am Semesterende. Der Vorlesende gibt die Prüfungsmodalitäten am Anfang des Semesters bekannt.

## Funktionentheorie

### Titel Englisch

Complex analysis

### Verantwortlich

Prof. Dr. Daniel Greb

### Angebotsturnus

SS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Analysis  
Zuordnungen zu weiteren Schwerpunkten: Algebra

### Lernziele

Die aufgeführten Lehrinhalte sollen beherrscht und in den begleitenden Übungen selbständig vertieft werden. Das Modul kann als Grundlage dienen für weiterführende Seminare und Vorlesungen zur Komplexen Geometrie, zur analytischen Zahlentheorie oder zur Algebraischen Geometrie. In Verbindung mit anderen Modulen aus der Analysis oder der Algebra sollen die Studierenden Einblick in das Zusammenwirken verschiedener mathematischer Theorien gewinnen.

### Inhalt

Grundlagen der Funktionentheorie, insbesondere (die hier angegebene Reihenfolge ist nicht obligatorisch):

- Komplexe Differenzierbarkeit;
- Einführung in die Theorie der holomorphen Funktionen;
- Cauchyscher Integralsatz;
- Konforme Abbildungen;

- Cauchy-Formeln und Potenzreihen;
- Singularitäten und Laurent-Reihen;
- Analytische Fortsetzung;
- Der Residuenkalkül.  
optional:
- Spezielle Funktionen (Gammafunktion, Riemannsche Zetafunktion, Weierstraßsche  $p$ -Funktion)
- Möbius-Transformationen;
- Normale Familien, der Riemannsche Abbildungssatz.

### Literaturbeispiele

- Ahlfors: Complex analysis, Third edition, McGraw-Hill Book Co., 1978.
- Fischer, Lieb: Funktionentheorie, Vieweg, 9. Auflage, 2005.
- Freitag, Busam: Funktionentheorie 1, Springer, 2006.
- Fritzsche: Grundkurs Funktionentheorie, Springer Spektrum, 2009.
- Jänich: Funktionentheorie: Eine Einführung, Springer, 2008.
- Lang: Complex Analysis, Springer, 1999.

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Mündliche Prüfung oder schriftliche Prüfungsklausur. Die Lehrenden geben die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen bekannt.

## Gewöhnliche Differentialgleichungen

### Titel Englisch

Ordinary differential equations

### Verantwortlich

Prof. Dr. Georg Weiß

### Angebotsturnus

WS oder SS, nicht jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Analysis

Zuordnungen zu weiteren Schwerpunkten: Numerik, Optimierung

### Lernziele

Die Teilnehmer sollen elementare Differentialgleichungen lösen können, Grundkenntnisse über die theoretische Behandlung von Differentialgleichungen erlangen und auf Probleme aus der Praxis anwenden können. Die Teilnehmer erwerben Kompetenzen, die für anschließende Seminare und weiterführende Vorlesungen z. B. über Stabilitätstheorie und Asymptotik gewöhnlicher Differentialgleichungen, über dynamische Systeme und Bifurkationstheorie erforderlich sind.

### Inhalt

Die Vorlesung gibt eine Einführung in die Theorie der Gewöhnlichen Differentialgleichungen (bzw. Differentialgleichungssysteme). Dabei geht es um das Studium des lokalen als auch globalen Verhaltens der Lösungen. Es werden folgende Themenbereiche behandelt:

- Explizite Integrationsmethoden
- Existenz- und Eindeigkeitssätze
- Globale Lösungen
- Lineare Differentialgleichungen und -gleichungssysteme
- Skalare Differentialgleichungen zweiter Ordnung (auch mit variablen Koeffizienten)
- Stetige und differenzierbare Abhängigkeit von den Daten
- Differentialungleichungen und Verwandtes
- Langzeitverhalten von Lösungen
- Gradientenflüsse und Hamilton-Funktion

Die zugehörigen Übungen finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

### Literaturbeispiele

- W. Walter: Gewöhnliche Differentialgleichungen. 7. Aufl. Berlin: Springer 2000

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung vergeben. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltung festlegen.

## Differentialgeometrie I

### Titel Englisch

Differential geometry I

### Verantwortlich

Prof. Dr. Paola Pozzi

### Angebotsturnus

WS oder SS, nicht jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Analysis

### Lernziele

Die Studierenden lernen die Krümmungsgrößen geometrischer Objekte (Kurven und Flächen) und deren tieferliegende Eigenschaften (Theorema egregium) kennen. Im Satz von Gauß-Bonnet gewinnen die Studierenden Einblick in das Zusammenwirken verschiedener mathematischer Disziplinen (wie Analysis-Geometrie-Topologie). Das Modul kann als Grundlage dienen für anschließende Seminare aus der Differentialgeometrie, den partiellen Differentialgleichungen und der algebraischen Geometrie.

### Inhalt

- Lokale Kurventheorie im  $\mathbb{R}^n$  oder  $\mathbb{R}^3$
- Hauptsatz der Kurventheorie
- Lokale Flächentheorie im  $\mathbb{R}^3$
- Hauptsatz der Flächentheorie

- Theorema Egregium
- Geodätische Linien  
optional:
- Satz von Gauß-Bonnet
- Exponentialabbildung
- Satz von Hopf-Rinow
- Jacobi-Felder
- Anfänge der Riemannschen Geometrie

### Literaturbeispiele

- do Carmo: Diff. Geom. of curves and Surfaces. Prentice Hall 1976
- W. Kühnel: Differentialgeometrie. Vieweg 1999
- W. Klingenberg: Eine Vorlesung über Differentialgeometrie. Springer 1973
- do Carmo: Riemannian Geometry. Springer 1992

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Vorleistung: Lösen von Übungsaufgaben. Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.



## Partielle Differentialgleichungen I

### Titel Englisch

Partial differential equations I

### Verantwortlich

Prof. Dr. Frank Müller

### Angebotsturnus

WS oder SS, nicht jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B5

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Voraussetzungen (empfohlen)

Analysis III

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Analysis

### Lernziele

Die Teilnehmer sollen die wichtigsten mathematischen Methoden zur Analyse partieller Differentialgleichungen lernen sowie die wichtigsten partiellen Differentialgleichungen kennen lernen. Die Studierenden sollen durch Ausarbeitung einiger spezifischer Gleichungen ein Gefühl für die vielen verschiedenen möglichen Eigenschaften von partiellen Differentialgleichungen erhalten. Diese Lehrinhalte sollen in den begleitenden Übungen selbständig vertieft werden. Das Modul kann als Grundlage dienen für anschließende Seminare aus der Funktionalanalysis oder den partiellen Differentialgleichungen. In Verbindung mit Modulen aus der Variationsrechnung sollen die Studierenden Einblick in das Zusammenwirken verschiedener mathematischer Theorien gewinnen.

### Inhalt

z.B.

1. Einige fundamentale Beispiele: Transportgleichung, Laplace-Gleichung, Wärmeleitungsgleichung, Wellengleichung;
2. Hamilton-Jacobi Gleichungen;
3. Skalare Erhaltungsgleichungen erster Ordnung;
4. Distributionen, Sobolev-Räume, Einbettungen;
5. Elliptische Gleichungen zweiter Ordnung;
6. Einige nichtlineare Gleichungen, z.B. Hamilton-Jacobi-Gleichungen, vektorielle Erhaltungsgleichungen, Sattelpunktsatz, Fixpunktsätze und Anwendungen.

Die Übungen zu Partielle Differentialgleichungen I finden in Gruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft.

### Literaturbeispiele

- L. C. Evans: Partial differential equations.
- M. Struwe: Variational methods.

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung vergeben. Der Lehrende legt die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen fest.

## 2.3 Schwerpunkt Numerik

Mathematik

### Numerik partieller Differentialgleichungen

#### Titel Englisch

Numerical methods for partial differential equations

#### Verantwortlich

Prof. Dr. Gerhard Starke

#### Angebotsturnus

WS, jährlich

#### Studierbar ab Fachsemester

B5

#### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

#### Voraussetzungen (empfohlen)

Numerische Mathematik I und II

#### Sprache

In der Regel Deutsch.

#### Status

Wahlpflichtmodul

#### Bereich

Aufbaubereich

#### Schwerpunkt

Numerik

#### Lernziele

- Aktives Erlernen der Begriffsbildungen der Numerischen Mathematik am Beispiel ausgewählter partieller Differentialgleichungen
- Umfassendes Verständnis der theoretischen Grundlagen und numerischen Methoden und deren Einsatzbereich
- Eigenständige Präsentation der Lösungen und deren Vertretung in einer Diskussion
- Behandlung mathematischer Probleme mit numerischen Methoden und deren algorithmische Umsetzung

#### Inhalt

Es werden numerische Verfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen behandelt. Insbesondere werden Variationsformulierungen und Finite-Element-Methoden (FEM) für elliptische Randwertprobleme entwickelt und deren Konvergenzeigenschaften untersucht. Ein Ausblick auf die Behandlung parabolischer und hyperbolischer Probleme wird ebenfalls gegeben.

Die Übungen zur Vorlesung Numerik partieller Differentialgleichungen finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft. Diese können auch eine praktische Komponente enthalten, bei der numerische Verfahren am Rechner entwickelt und getestet werden.

#### Literaturbeispiele

Sören Bartels: Numerical Approximation of Partial Differential Equations. Springer-Verlag, 2016

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

#### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

#### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

#### ECTS-Punkte

9.

#### Prüfungsform

Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung am Semesterende.

Die Modalitäten der Prüfung sowie etwaiger Zulassungsvoraussetzungen werden zu Beginn der Veranstaltungen von der/dem Lehrenden festgelegt und bekanntgegeben.

## Numerische Mathematik II

### Titel Englisch

Numerical mathematics II

### Verantwortlich

Prof. Dr. Gerhard Starke

### Angebotssturnus

SS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B4

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Voraussetzungen (empfohlen)

Numerische Mathematik I

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Numerik

### Lernziele

- Aktives Erlernen der Begriffsbildungen der Numerischen Mathematik anhand der numerischen Lösung von Differentialgleichungen
- Umfassendes Verständnis der theoretischen Grundlagen und numerischen Methoden für Differentialgleichungen und deren Einsatzbereich
- Eigenständige Präsentation der Lösungen und deren Vertretung in einer Diskussion
- Behandlung mathematischer Probleme mit numerischen Methoden und deren algorithmische Umsetzung

### Inhalt

In der Vorlesung soll neben Ergänzungen zu Themen der Numerischen Mathematik I eine Einführung in die Numerik gewöhnlicher und einfacher partieller Differentialgleichungen gegeben werden. Dabei sollen auch die theoretischen Grundlagen wie Existenz-, Eindeutigkeits- und Stabilitätsaussagen aus der Analysis wiederholt bzw. ergänzt werden. Den Schwerpunkt bilden Verfahren zur Zeitintegration, deren Konvergenztheorie und Implementierung. Die Übungen zur Vorlesung Numerische Mathematik II finden in Kleingruppen statt. Der Stoff der Vorlesungen wird in wöchentlichen schriftlichen Aufgaben vertieft. Diese können auch eine praktische Komponente enthalten, bei der numerische Verfahren am Rechner entwickelt und getestet werden.

### Literaturbeispiele

- A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: Numerische Mathematik I und II. Springer, Berlin, 2002
- M. Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des wissenschaftlichen Rechnens. Teubner, Wiesbaden, 2002

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung am Semesterende. Die Modalitäten der Prüfung sowie etwaiger Zulassungsvoraussetzungen werden zu Beginn der Veranstaltungen von der/dem Lehrenden festgelegt und bekanntgegeben.

## 2.4 Schwerpunkt Optimierung

Mathematik

### Diskrete Optimierung

#### Titel Englisch

Discrete optimization

#### Verantwortlich

Prof. Dr. Rüdiger Schultz

#### Angebotsturnus

WS, nicht jährlich

#### Studierbar ab Fachsemester

B5

#### Sprache

In der Regel Deutsch.

#### Status

Wahlpflichtmodul

#### Bereich

Aufbaubereich

#### Schwerpunkt

Optimierung

#### Lernziele

Es werden spezielle Kenntnisse zur Theorie und Algorithmik der diskreten, insbesondere der ganzzahligen und kombinatorischen linearen Optimierung vermittelt. Ein breites Verständnis der Methodiken auf Grundlage relevanter Sachverhalte aus diskreter Mathematik, Graphentheorie und Analysis soll sich ausprägen.. Des weiteren erlernen die Teilnehmer Modellierungstechniken, Algorithmenentwurf, -auswahl und -implementierung, wobei letzteres die Arbeit mit Spezialsoftware einschließt.

#### Inhalt

- Schranken, Relaxationen, Dualität,
  - Ganzzahlige Polyeder, Totale Unimodularität,
  - Matchings,
  - Dynamische Optimierung,
  - Branch-and-Bound,
  - Schnittebenenalgorithmen,
- Eines der folgenden drei Themen:

- Spaltengenerierungsalgorithmen,
- Primale Suchalgorithmen,
- Grundlagen der Komplexitätstheorie.

#### Literaturbeispiele

- Bertsimas, Weismantel: Optimization over Integers, Dynamic Ideas, 2005.
- Cook, Cunningham, Pulleyblank, Schrijver: Combinatorial Optimization. Wiley 1998
- Korte, Vygen: Combinatorial Optimization. Springer 2000
- Nemhauser, Wolsey: Integer and Combinatorial Optimization. Wiley 1988
- Schrijver: Theory of Linear and Integer Programming. Wiley 1998
- Schrijver: Combinatorial Optimization, Polyhedra and Efficiency, Volumes A-C, Springer, 2003.
- Wolsey: Integer Programming. Wiley 1998

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

#### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

#### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

#### ECTS-Punkte

9.

#### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.

## Inverse Probleme

### Titel Englisch

Inverse problems

### Verantwortlich

Prof. Dr. Antoine Laurain

### Angebotsturnus

SS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B4

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis (Analysis I und II),  
Grundlagen der Linearen Algebra (Lineare Algebra I und II)

### Voraussetzungen (empfohlen)

Numerische Mathematik I: Grundlagen

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Optimierung  
Zuordnungen zu weiteren Schwerpunkten: Analysis, Numerik

### Lernziele

- Vertrautheit mit dem Phänomen der Schlechtgestellttheit
- Kennenlernen von praktischen Beispielen, die zu schlechtgestellten Problemen führen

- Beherrschen der verbreitetsten Verfahren zur stabilen Lösung und deren praktischer Umsetzung
- Verständnis der Rolle des Regularisierungsparameters und der verschiedenen Parameterwahlstrategien

In den Übungen soll das Verständnis dieser Themen anhand von Beispielen vertieft und die numerische Implementierung der Lösungsverfahren erlernt werden.

### Inhalt

- Beispiele inverser Probleme
- Schlechtgestellttheit
- Regularisierungsverfahren
- Parameterwahlstrategien
- Iterative Regularisierung
- Nichtlineare inverse Probleme (optional)

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

mündlich

## Mathematische Methoden in Energiesystemen

### Titel Englisch

Mathematical methods in energy systems

### Verantwortlich

Prof. Dr. Rüdiger Schultz

### Angebotsturnus

WS, nicht jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B5

### Voraussetzungen (empfohlen)

Optimierung I, Stochastik

### Sprache

in der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Optimierung  
Zuordnungen zu weiteren Schwerpunkten: Stochastik

### Lernziele

Die Studierenden lernen mathematische Modelle für Probleme in zukunftsweisende Anwendungen in Energiesystemen kennen und beherrschen erste mathematische Methoden für ihre Behandlung.

### Inhalt

Inhaltlich sollen folgende Themen adressiert werden:

#### 1. Elektrizität:

- Lastverteilung, Blockauswahl, Erzeugermix,
- stationärer Lastfluss, DC-Approximation, Ohmsche Leitungsverluste,
- Virtuelle Kraftwerke, Kraft-Wärme-Kopplung,
- Netz-Engpassmanagement, erneuerbare Energien,

- Ausblicke: Dynamische Netze, AC-Lastfluss, mehrstufige Entscheidung, Ungewissheit

#### 2. Gas:

- Netzkomponenten (aktiv, passiv)
- Netzkapazitäten,
- Stationärer Gasfluss, Kirchhoffsche Gesetze,
- Verdichterkostenminimierung,
- Nominierungsvalidierung,
- Buchungsoptimierung
- Ausblicke: Dynamische Netze, Computeralgebra, Ungewissheit

#### 3. Energiehandel auf deregulierten Märkten

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung (4 SWS) und Übung (2 SWS)

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

mündlich

### Bemerkungen

Das Modul wendet sich auch an Studierende nicht-mathematischer Studiengänge wie z.B. Wirtschaftswissenschaften, die sich mit für ihr Fachgebiet besonders relevanten mathematischen Techniken vertraut machen wollen.

Im Masterstudium findet sich mit dem Modul „Industrielle Anwendungen der Mathematischen Optimierung“ ein für Masterstudierende mathematischer und wirtschaftswissenschaftlicher Studiengänge konzipierter weiterführender Kurs.

## Nichtlineare Optimierung

### Titel Englisch

Nonlinear optimization

### Verantwortlich

Prof. Dr. Arnd Rösch

### Angebotsturnus

WS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B5

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis (Analysis I und II),  
Grundlagen der Linearen Algebra (Lineare Algebra I und II)

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Optimierung

Zuordnungen zu weiteren Schwerpunkten: Numerik

### Lernziele

Dieses Modul vermittelt spezielle Kenntnisse zur Theorie und Algorithmik allgemeiner nichtlinearer endlichdimensionaler Optimierungsprobleme. Diese Kenntnisse befähigen die Teilnehmer zu fundierter Modellierung und Algorithmenauswahl anhand der Eigenschaften von Optimierungsproblemen im Endlichdimensionalen, welche die Berücksichtigung von

Nichtlinearitäten erfordern. In der Übung werden zum einen die theoretischen Kenntnisse an Hand gut ausgewählter Aufgaben vertieft und verfestigt und zum anderen an speziellen Beispielpunkten praktische Fähigkeiten bei der Auswahl von Optimierungsverfahren vermittelt.

### Inhalt

- Grundbegriffe der konvexen Analysis,
- Notwendige und hinreichende Optimalitätsbedingungen, Kuhn-Tucker Theorie,
- Lösungsverfahren für unrestringierte und restringierte Aufgaben: Gradientenverfahren, (Quasi-)Newtonverfahren, Straf- und Barriere-Methoden, SQP-Verfahren, Schrittweitenwahl und Trust-Region-Verfahren

### Literaturbeispiele

- Walter Alt: Nichtlineare Optimierung, Vieweg, Wiesbaden, 2002

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

mündlich oder schriftlich

## 2.5 Schwerpunkt Stochastik

Mathematik

### Probabilistische Methoden des maschinellen Lernens

#### Titel Englisch

Probabilistic methods of Machine Learning

#### Verantwortlich

Prof. Dr. Denis Belomestny

#### Angebotsturnus

WS/SS, alle 1-2 Jahre

#### Studierbar ab Fachsemester

B5

#### Voraussetzungen (empfohlen)

Stochastik

#### Sprache

Deutsch und/oder Englisch.

#### Status

Wahlpflichtmodul

#### Bereich

Aufbaubereich

#### Schwerpunkt

Stochastik

#### Lernziele

- Mathematische Grundlagen: Verstehen und Anwenden der grundlegenden Konzepte der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.
- Modellierung: Fähigkeit, probabilistische Modelle für reale Probleme zu entwerfen und zu implementieren.
- Inferenz: Durchführung von inferenziellen Aufgaben mittels exakter und approximativer Methoden.
- Datenanalyse: Nutzung probabilistischer Methoden zur Analyse und Interpretation komplexer Datensätze.
- Programmierung: Implementierung probabilistischer Algorithmen mit Programmiersprachen wie Python und Bibliotheken wie PyMC3, TensorFlow Probability oder Stan.
- Kritisches Denken: Kritische Beurteilung der Annahmen und Ergebnisse probabilistischer Modelle.

- Anwendungsorientierung: Fähigkeit, probabilistische Methoden in verschiedenen Bereichen des maschinellen Lernens anzuwenden.

#### Inhalt

1. Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie:
  - Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeit (Wahrscheinlichkeitsräume, Ereignisse, bedingte Wahrscheinlichkeit)
  - Zufallsvariablen und Verteilungen (diskrete und kontinuierliche Verteilungen)
  - Erwartungswert, Varianz und Momente
  - Gesetz der großen Zahlen und zentraler Grenzwertsatz
2. Bayessche Statistik:
  - Grundlagen der Bayesschen Inferenz
  - Prior, Likelihood, Posterior und Bayes-Theorem
  - Bayessche Netzwerke und Einflussdiagramme
  - Monte-Carlo-Methoden und Markov-Chain-Monte-Carlo (MCMC)
3. Probabilistische Graphische Modelle:
  - Bayessche Netzwerke (gerichtete Graphen)
  - Markov-Netzwerke (ungerichtete Graphen)
  - Inferenz in graphischen Modellen
  - Lernen von Strukturen und Parametern
4. Latente Variablenmodelle:
  - Gemischte Modelle (z.B. Gaussian Mixture Models)
  - Latent Dirichlet Allocation (LDA)
  - Hidden Markov Models (HMM)
5. Approximate Inference:
  - Variationsmethoden
  - Expectation-Maximization (EM)
  - Gibbs-Sampling und andere Sampling-Methoden
6. Gaussian Processes:
  - Grundlagen und Anwendungen
  - Kernfunktionen und deren Eigenschaften



- Modellierung und Inferenz mit Gaussian Processes

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

#### 7. Zeitreihenanalyse:

- Stochastische Prozesse und Zeitreihenmodelle
- Autoregressive Modelle (AR), Moving Average Modelle (MA), ARMA und ARIMA
- Kalman-Filter und Partikel-Filter

#### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

#### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden in Präsenz)

#### ECTS-Punkte

9.

#### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung innerhalb von drei der Veranstaltung folgenden Monaten vergeben. Innerhalb von sechs Monaten nach der Prüfung besteht Möglichkeit zur Nachprüfung. Die Prüfungsleistung wird benotet. Die Lehrenden werden die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen festlegen.

#### 8. Anwendungen:

- Anwendungsfälle in der Bild- und Spracherkennung
- Natural Language Processing (NLP)
- Anomalieerkennung
- Empfehlungen und Personalisierung

#### Literaturbeispiele

Kevin P. Murphy, Probabilistic Machine Learning: An introduction, MIT Press, 2022.

**Diskrete Finanzmathematik****Titel Englisch**

Discrete financial mathematics

**Verantwortlich**

Prof. Dr. Mikhail Urusov

**Angebotsturnus**

Sommer oder Winter, nicht jährlich

**Studierbar ab Fachsemester**

B4

**Zulassungsvoraussetzungen**

Grundlagen der Analysis (Analysis I und II),  
Grundlagen der Linearen Algebra (Lineare Algebra  
I und II), Stochastik

**Voraussetzungen (empfohlen)**

Wahrscheinlichkeitstheorie I

**Sprache**

In der Regel Deutsch.

**Status**

Wahlpflichtmodul

**Bereich**

Aufbaubereich

**Schwerpunkt**

Stochastik

**Lernziele**

In der Vorlesung werden einige grundlegende Konzepte der zeitdiskreten stochastischen Analysis vorgestellt und für Untersuchung finanzmathematischer Fragestellungen verwendet. In den Übungen lernen die Studierenden die Anwendung der Theorie kennen.

**Inhalt**

- Elemente der zeitdiskreten Martingalthorie
- Bewertung und Replikation von Derivaten
- Amerikanische Optionen und optimales Stoppen

**Literaturbeispiele**

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

**Lehrform**

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

**Arbeitsaufwand**

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

**ECTS-Punkte**

9.

**Prüfungsform**

Schriftliche oder mündliche Prüfung im Anschluss an die Veranstaltung.

## Elementare Sachversicherungsmathematik

### Titel Englisch

Foundations of non-life insurance mathematics

### Verantwortlich

PD Dr. Volker Krätschmer

### Angebotsturnus

Sommersemester, alle 1-2 Jahre

### Studierbar ab Fachsemester

B4

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra, Stochastik

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Stochastik

### Lernziele

Einige klassische, grundlegende Fragestellungen der Sachversicherungsmathematik werden innerhalb des elementaren Rahmens von diskreten Zufallsvariablen vorgestellt. Neben der Darstellung gängiger Wege ihrer stochastischen Modellierung werden auch Standard-Methoden zu ihrer Behandlung entwickelt. Besonderes Gewicht wird mathematischen Impulsen aus dem Gebiet des Quantitativen Risikomanagements eingeräumt, mit denen die Modellierung und Risikobewertung extremer Versicherungsschäden bearbeitet werden kann. Neben der Beherrschung und den Verknüpfungen der behandelten mathematischen Methoden soll auch die Fähigkeit zur Einordnung ihrer Reichweite gefördert werden. Das Modul dient der Vorbereitung zur Bachelorarbeit.

Die vorlesungsbegleitenden Übungen bilden einen unverzichtbaren Bestandteil des Moduls. Durch selbständige Bearbeitung von Hausaufgaben sollen die Lehrinhalte eingeübt und vertieft werden. Die Präsentation und Diskussion der Ergebnisse soll in den Übungsstunden erlernt werden.

### Inhalt

1. Modellierung und Berechnung von Gesamtversicherungsschäden.
2. Das Problem großer Gesamtversicherungsschäden.
3. Prämienkalkulationen.
4. Rückversicherung.
5. Reservierung für Spätschäden.

### Literaturbeispiele

- Kaas, R./Goovaerts, M./Dhaene, J./Denuit, M.: Modern Actuarial Risk Theory. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2009
- Schmidt, K. D.: Versicherungsmathematik. Berlin/Heidelberg: Springer Verlag 2009

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Schriftliche oder mündliche Prüfung im Anschluss an die Veranstaltung.

## Markov-Ketten

### Titel Englisch

Markov chains

### Verantwortlich

Prof. Dr. Anita Winter

### Angebotsturnus

WS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B3

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Voraussetzungen (empfohlen)

Stochastik

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Stochastik

### Lernziele

Markov-Ketten bilden eine wichtige Klasse stochastischer Prozesse. Zum einen gibt es zahlreiche Phänomene in der Physik, der Biologie, der theoretischen Informatik sowie auch in sozialen Netzwerken, die mit Hilfe von Markov-Ketten modelliert und untersucht werden können. Zum anderen ist die Theorie von endlichen Markov-Ketten einfach zu beschreiben und erlaubt eine Vielzahl von expliziten Rechnungen. Letzteres erlaubt es, Markov-Ketten auch im Mathematikunterricht an Schulen zu behandeln. Diese Vorlesung vermittelt die elementare Theorie endlicher Markov-Ketten und illustriert sie an zahlreichen Beispielen, z.B. Kartenmischen, Verzweigungsprozesse, Modelle der Populationsgenetik, ...

Den Studierenden wird dadurch das Handwerkzeug gegeben, dass es ihnen erlaubt, mithilfe von Markov Chain Monte Carlo Methoden in Anwendungsgebieten und ausgewählten Gebieten der reinen sowie der angewandten Mathematik zu modellieren.

### Inhalt

1. Markov Eigenschaft und Beispiele
2. Mehrschrittübergangswahrscheinlichkeiten
3. Klassifikation der Zustände
4. Stationäre Verteilungen
5. Langzeitverhalten
6. Zeitumkehr und detaillierte Gleichgewichtsgleichungen
7. Austritsverteilungen
8. Austritszeiten
9. Anwendungen: Markov Chain Monte Carlo, zufällige Algorithmen, Verzweigungsprozesse, zufällige Fraktale, stochastische Optimierung, ...

### Literaturbeispiele

- Rick Durrett: Essentials of stochastic processes, 2001
- Olle Häggström: Finite Markov chains and algorithmic applications, Cambridge University Press 2002
- Hans-Otto Georgii: Stochastik. Einführung in Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Walter de Gruyter, 2002
- David Levin, Yuval Peres and Elisabeth Wilmer: Markov chains and mixing times, 2009
- James R. Norris: Markov chains, Cambridge Series in Statistics and Probabilistic Mathematics, 2. Cambridge University Press 1998

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Schriftliche oder mündliche Prüfung im Anschluss an die Veranstaltung.

## Mathematische Statistik

### Titel Englisch

Mathematical statistics

### Verantwortlich

Prof. Dr. Denis Belomestny

### Angebotsturnus

WS, alle 1–2 Jahre

### Studierbar ab Fachsemester

B5

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Voraussetzungen (empfohlen)

Stochastik

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Aufbaubereich

### Schwerpunkt

Stochastik

### Lernziele

Grundsätzliche Fragestellungen der Schließenden Statistik werden, aufbauend auf der Deskriptiven Statistik, behandelt im Sinne einer statistischen Datenanalyse. Die Möglichkeiten der Statistik sowie die Kritikfähigkeit am Einsatz statistischer Methoden sollen vermittelt werden.

### Inhalt

1. Deskriptive Statistik;
2. Statistische Schätzung;
3. Statistische Tests;
4. Regression und Korrelation;
5. Aktuelles Forschungsgebiet.

### Literaturbeispiele

- R. Hafner: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik. Berlin: Springer 1989
- W. Eberl, O. Moeschlin: Mathematische Statistik. Berlin: Walter de Gruyter 1982
- W. A. Stahel: Statistische Datenanalyse. Braunschweig: Vieweg 1995
- H. Witting: Mathematische Statistik I. Stuttgart: Teubner 1985
- H. Witting, U. Müller-Frank: Mathematische Statistik II. Stuttgart: Teubner 1995

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

9.

### Prüfungsform

Schriftliche oder mündliche Prüfung im Anschluss an die Veranstaltung.

**Wahrscheinlichkeitstheorie I****Titel Englisch**

Probability theory I

**Verantwortlich**

Prof. Dr. Anita Winter

**Angebotsturnus**

Sommersemester, jährlich

**Studierbar ab Fachsemester**

B3

**Zulassungsvoraussetzungen**

Grundlagen der Analysis (Analysis I und II), Grundlagen der Linearen Algebra (Lineare Algebra I und II), Stochastik

**Voraussetzungen (empfohlen)**

Analysis III wäre sinnvoll, ist aber nicht obligatorisch

**Sprache**

In der Regel Deutsch.

**Status**

Wahlpflichtmodul

**Bereich**

Aufbaubereich

**Schwerpunkt**

Stochastik

**Lernziele**

Die Teilnehmer verfügen bereits über grundlegende Konzepte der stochastischen Modellierung. In dieser Vorlesung soll der maßtheoretische Zugang der Wahrscheinlichkeitstheorie vorgestellt werden. Die Studierenden sollen darauf vorbereitet werden, sich in einem Bachelor-Seminar selbstständig in ein wahrscheinlichkeitstheoretisches Thema einzuarbeiten. Die Vorlesung ist Voraussetzung für eine Bachelor-Arbeit in der Wahrscheinlichkeitstheorie.

**Inhalt**

1. Mengentheoretische und topologische Grundlagen der Maßtheorie
2. Unabhängigkeit von Ereignissen, Mengensystemen, Zufallsvariablen
3. Kolmogorov 0-1-Gesetz
4. Grundlagen der Integrationstheorie
5. Gesetze der großen Zahlen
6. Satz von Radon-Nikodym
7. Bedingte Erwartungen, reguläre Version der bedingten Wahrscheinlichkeitsverteilung
8. Ergodensatz

**Literaturbeispiele**

- Richard Durrett; Probability: Theory and Examples
- Achim Klenke; Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer 2005
- Achim Klenke; Probability, Springer 2008

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

**Lehrform**

Vorlesung/4 SWS und Übung/2 SWS

**Arbeitsaufwand**

270 Stunden (davon 90 Stunden Präsenz)

**ECTS-Punkte**

9.

**Prüfungsform**

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur oder einer mündlichen Prüfung. Zulassungsvoraussetzung für die Modulprüfung ist das Lösen und die Präsentation von Übungsaufgaben.

---

### 3 Zusatzbereich

Der Zusatzbereich enthält das Modul Mathematische Ausblicke. Es kann eine Vorlesung des Masterprogramms gehört und dabei maximal 9 Credits erworben werden.

Wir verweisen für detaillierte Informationen zum Studienablauf auf die Prüfungsordnungen.

## Mathematische Ausblicke

### Titel Englisch

Mathematical perspectives

### Verantwortlich

Prof. Dr. Frank Müller

### Angebotsturnus

jedes Semester

### Studierbar ab Fachsemester

B5

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Linearen Algebra, Grundlagen der Analysis

### Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen- und Aufbaumodul des entsprechenden Schwerpunkts

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Zusatzbereich

### Lernziele

Die Studierenden erwerben erste vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Mathematik.

### Inhalt

Eine beliebige Lehrveranstaltung aus einem der Module des Erweiterungs- oder Vertiefungsbereichs des Master-Studiengangs Mathematik.

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung

### Arbeitsaufwand

90-270 Stunden davon 30-90 Präsenz

### ECTS-Punkte

3-9, je nach Arbeitsaufwand.

### Prüfungsform

Die ECTS-Punkte werden auf Grund einer mündlichen oder schriftlichen Prüfung vergeben. Der Lehrende legt die Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Veranstaltungen fest.



---

## 4 Mathematischer Schwerpunktbereich

Der Schwerpunktbereich enthält das Abschlussmodul und mithin insbesondere die Bachelorarbeit. Letztere stellt die Vollendung der wissenschaftlichen Ausbildung im Rahmen des Bachelorstudiums dar.

Wir verweisen für detaillierte Informationen zum Studienablauf auf die Prüfungsordnungen.

## Abschlussmodul

### Titel Englisch

Concluding module

### Verantwortlich

Prof. Dr. Frank Müller

### Angebotsturnus

permanent

### Studierbar ab Fachsemester

B5

### Zulassungsvoraussetzungen

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra

### Voraussetzungen (empfohlen)

Die Voraussetzungen für das Bachelor-Seminar werden von den Lehrenden bei der Ankündigung bekannt gegeben. Für die Bachelor-Arbeit werden Qualifikationen basierend auf allen Veranstaltungen bis zum Beginn der Bachelor-Arbeit vorausgesetzt.

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Pflichtmodul

### Bereich

Mathematischer Schwerpunktbereich

### Lernziele

- Im Bachelor-Seminar lernen Studierende, ein eng fokussiertes Thema eines Forschungsgebiets zu verstehen, aufzuarbeiten, einen Vortrag dazu vorzubereiten, durchzuführen und Fragen zu beantworten, sowie evtl. eine Ausarbeitung dazu erstellen zu können, und zwar innerhalb einer vorgegebenen zeitlichen Frist. Durch die zusätzliche Beteiligung an der Diskussion bei allen Vorträgen des Bachelor-Seminars können die Studierenden ihre Diskussionstechnik entwickeln und verbessern.
- Mit der Bachelor-Arbeit zeigen die Studierenden, dass sie in der Lage sind, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem der Mathematik selbstständig auf der Grundlage der bis dahin im Bachelor-Studiengang erzielten Qualifikationen zu bearbeiten. Die Betreuungsbeziehung ist hierbei eng, wobei jedoch genügend Freiräume eingeräumt werden.

### Inhalt

Das Abschlussmodul umfasst:

- das Bachelor-Seminar
- die Bachelor-Arbeit

Bachelor-Seminar und Bachelor-Arbeit sollen ein und demselben der bekannten fünf Schwerpunkte zugeordnet werden können:

- Algebra
- Analysis
- Numerische Mathematik
- Optimierung
- Stochastik

Im Bachelor-Seminar arbeiten sich die Studierenden unter wissenschaftlicher Betreuung in ein eng fokussiertes grundlegendes Thema eines Forschungsgebiets aus dem gewählten Schwerpunkt ein, bereiten das Thema zu einem Vortrag auf, und erstellen hierzu eine Ausarbeitung. Zusätzlich zum eigenen Vortrag beteiligen sich die Studierenden an den Diskussionen im Kontext aller Vorträge des Seminars. Das Bachelor-Seminar findet vorbereitend oder parallel zur Bearbeitungsphase der Bachelor-Arbeit statt.

Die Bachelor-Arbeit schließt die wissenschaftliche Ausbildung im Bachelor-Studiengang Mathematik ab. Über einen Zeitraum von 12 Wochen wird selbstständig unter wissenschaftlicher Betreuung ein Thema bearbeitet, welches an die Grundlagen und Forschungsergebnisse des gewählten Schwerpunkts angelehnt ist.

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Seminar und Abschlussarbeit

### Arbeitsaufwand

Bachelor-Seminar: 180 Stunden (davon 20–30 Stunden Präsenz), Bachelor-Arbeit: 360 Stunden

### ECTS-Punkte

18, Bachelor-Seminar: 6, Bachelor-Arbeit: 12.

### Prüfungsform

Beurteilung von Vortrag, Ausarbeitung und Diskussion im Bachelor-Seminar, Begutachtung der Bachelor-Arbeit

---

## 5 Ergänzungsbereich

Der Ergänzungsbereich umfasst die Modulbereiche

- Schlüsselqualifikationen E1
- Allgemeinbildende Grundlagen E2
- Studium Liberale E3

Die in den einzelnen Bereichen durch die Fakultät für Mathematik angebotenen Module sind auf den folgenden Seiten beschrieben. Darüber hinaus können in den Bereichen E1 und E3 noch folgende Angebote genutzt werden:

- E1: Das E1-Angebot des Instituts für Optionale Studien (IOS).
- E3: Module des E3-Angebots des IOS, der nicht gewählten Anwendungsfächer sowie der geöffneten Angeboten anderer Fakultäten.

In den einzelnen Modulbereichen sind 6 bis 15 Credits (E1 und E3) bzw. 6 bis 12 Credits (E2) zu erbringen. Insgesamt hat der Ergänzungsbereich einen Umfang von 18 bis 27 Credits.

Wir verweisen für detaillierte Informationen zum Studienablauf auf die Prüfungsordnungen.

## 5.1 E1 – Schlüsselqualifikationen

Mathematik

### Proseminar

#### Titel Englisch

Proseminar

#### Verantwortlich

Prof. Dr. Frank Müller

#### Angebotsturnus

jedes Semester

#### Studierbar ab Fachsemester

B3

#### Voraussetzungen (empfohlen)

Grundlagen der Analysis, Grundlagen der Linearen Algebra, ggf. weitere Voraussetzungen

#### Sprache

In der Regel Deutsch.

#### Status

Pflichtmodul

#### Bereich

Ergänzungsbereich, E1 – Schlüsselqualifikationen

#### Lernziele

Die Studierenden sollen durch die Erfahrung ihres eigenen und der Vorträge ihrer Kommilitonen einen Einblick in die Technik des Vortragens über ein mathematisches Thema erhalten. Die Studierenden sollen u.a. lernen, das Niveau des Vortrags der Zielgruppe anzupassen, ihn gut zu strukturieren und den zeitlichen Rahmen einzuhalten. Dies setzt insbesondere voraus, dass das Vortragsthema vom Vortragenden gut verstanden ist. Zur Unterstützung der Strukturierung kann auch eine kurze, vor dem Vortrag in Absprache mit den Lehrenden angefertigte, schriftliche Ausarbeitung nützlich sein.

#### Inhalt

Rechtzeitig vor Beginn eines jeden Semesters wird von den Lehrenden der Mathematik eine Liste mit möglichen Themen zu Proseminaren bekannt gegeben. Die Inhalte der Proseminare können stark variieren, sind jedoch bewusst elementar gewählt. Sie orientieren sich an den von den Studierenden in den Grundlagen der Analysis und der Linearen Algebra sowie gegebenenfalls in der Numerischen Mathematik I erworbenen Fähigkeiten und Kenntnissen. Das Proseminar will im allgemeinen eine elementare Einführung in ein Gebiet der Mathematik geben, welches nicht durch die Grundlagen- und Aufbaumodule abgedeckt wird.

#### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

#### Lehrform

Proseminar/2 SWS

#### Arbeitsaufwand

60 Stunden (davon 20–30 Stunden Präsenz)

#### ECTS-Punkte

3.

#### Prüfungsform

Die Punkte werden auf Grund eines Vortrags von ca. 60 bis 90 Minuten und gegebenenfalls einer zusätzlichen Vortragsausarbeitung vergeben. Bei nicht ausreichender Vortragsleistung kann den Studierenden, muss aber nicht, eine weitere Möglichkeit zum Vortrag oder eine ausführliche Vortragsausarbeitung aufgegeben werden. Die Modalitäten zur Vergabe der ECTS-Punkte werden zu Beginn der Veranstaltung detailliert festgelegt.

## Mathematische Miniaturen

### Titel Englisch

Mathematical miniatures

### Verantwortlich

Prof. Dr. Georg Hein

### Angebotsturnus

WS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B1

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Ergänzungsbereich, E1 – Schlüsselqualifikationen

### Lernziele

Die Studierenden sollen anhand von Einzelvorträgen einen ersten Einblick in die vielfältige Welt der Mathematik erhalten. Sie lernen z.B. über Mathematik als Kunst, als Schule der Abstraktion und des knappen Denkens nachzudenken und auch einige Paradoxe kennen.

### Inhalt

Einige Themenvorschläge:

- Quadratur des Kreises.
- Quaternionen: links-rechts ist nicht rechts-links.

- Primzahlen: einfache, oder Zwillinge und ihre Verteilung.

- Eins, zwei, drei gleich null: Rechnen mit Kongruenzen.

- Flächen und Volumen: das Fass kann man füllen, aber seine Innenwand nicht bemalen.

- Bilder in der Geometrie.

- Die Königsberger Brücken: Topologie.

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung/2 SWS (14-tägig) mit Anleitung zum selbständigen Literaturstudium

### Arbeitsaufwand

90 Stunden (davon 16 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

3.

### Prüfungsform

Die regelmäßige aktive Teilnahme ist von den Studierenden durch eine mündliche oder schriftliche Kurzprüfung nachzuweisen.

## 5.2 E2 – Allgemeinbildende Grundlagen des Fachstudiums

Mathematik

### Programmierkurs zur Numerischen Mathematik

**Titel Englisch**

Programming course for numerical mathematics

**Verantwortlich**

Prof. Dr. Gerhard Starke

**Angebotsturnus**

jährlich, in der vorlesungsfreien Zeit zwischen WS und SS

**Studierbar ab Fachsemester**

B3

**Voraussetzungen (empfohlen)**

Lineare Algebra I, Analysis I

**Sprache**

In der Regel Deutsch.

**Status**

Pflichtmodul

**Bereich**

Ergänzungsbereich, E2 – Allgemeinbildende Grundlagen des Fachstudiums

**Lernziele**

Die Studierenden werden in eine moderne Programmiersprache eingeführt und erwerben Kenntnisse in den Grundlagen des objektorientierten Programmierens. Dieser Kurs vermittelt vorbereitende Kenntnisse und Fähigkeiten für weitere Veranstaltungen, in denen numerische Algorithmen behandelt werden. Ziel ist es, dass die Teilnehmer die Fähigkeit erwerben zum selbständigen Entwurf einfacher Algorithmen, zur Beurteilung ihrer Effizienz und zur Erstellung von Klassen für die Umsetzung

numerischer Algorithmen zur Lösung mathematischer Problemstellungen aus der Linearen Algebra und Analysis.

**Inhalt**

Einführung in eine Programmiersprache und objektorientiertes Programmieren im Hinblick auf Anwendungen in der Numerischen Mathematik. Zum Beispiel im Falle von C++: Grundlagen zu Aufbau und Funktion von Programmen, Zeiger und Speicherverwaltung, Erläuterung des Konzeptes der Objektorientierung, Erstellung von Klassen zur Umsetzung numerischer Algorithmen für mathematische Problemstellungen aus der Linearen Algebra und Analysis

**Literaturbeispiele**

- Pitt-Francis, Whiteley: Guide to Scientific Computing in C++. Springer-Verlag
- Sedgewick: Algorithmen in C++. Addison-Wesley

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

**Lehrform**

Blockkurs

**Arbeitsaufwand**

90 Stunden (davon 30 Stunden Präsenz)

**ECTS-Punkte**

3.

**Prüfungsform**

Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsprojekten.

**Einführung in die mathematische Logik****Titel Englisch**

Introduction to mathematical logic

**Verantwortlich**

Dr. Claudia Böttinger

**Angebotsturnus**

WS, ca. alle 2 Jahre

**Studierbar ab Fachsemester**

B1

**Sprache**

In der Regel Deutsch.

**Status**

Wahlpflichtmodul

**Bereich**

Ergänzungsbereich, E2 – Allgemeinbildende Grundlagen des Fachstudiums

**Lernziele**

Nach dem erfolgreichen Beenden der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, mathematische Inhalte in der formalen Sprache der Logik zu formulieren und umgekehrt verstehen sie formale logische Ausdrücke als Abstraktionen bekannter mathematischer Inhalte. Parallel dazu erwerben sie Kenntnisse über grundlegende mathematische Begriffe wie Mengen und Relationen. Sie wenden syntaktische Regeln an, können mit deren Hilfe Folgerungen für die mathematischen Inhalte ableiten und Aussagen innerhalb der Sprache der Logik beweisen.

**Inhalt**

Ausgewählte Kapitel der Logik, z. B.

- Aussagenlogik, Kompaktheitssatz, Vollständigkeitssatz der Aussagenlogik
- Prädikatenlogik und Anwendung auf mathematische Aussagen, Beweisbarkeit, Gödelscher Vollständigkeitssatz
- Grundlagen der Mengenlehre, Ordinalzahlen und Kardinalzahlen
- Turingmaschinen und Berechenbarkeit

**Literaturbeispiele**

- Ebbinghaus, Flum, Thomas, Einführung in die mathematische Logik
- Ebbinghaus, Einführung in die Mengenlehre
- Schöning, Logik für Informatiker

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

**Lehrform**

Vorlesung/2 SWS und Übung/2 SWS

**Arbeitsaufwand**

120 Stunden (davon 60 Stunden Präsenz)

**ECTS-Punkte**

4.

**Prüfungsform**

Mündliche Prüfung oder Klausur

## Einführung in LaTeX

### Titel Englisch

Introduction to LaTeX

### Verantwortlich

Prof. Dr. Frank Müller

### Angebotsturnus

SS, nicht regelmäßig

### Studierbar ab Fachsemester

B1

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Ergänzungsbereich, E2 – Allgemeinbildende Grundlagen des Fachstudiums

### Lernziele

Die Studierenden sind in der Lage, eigene mathematische Texte, insbesondere Vortragsausarbeitungen und Abschlussarbeiten, sowie Seminar-Präsentationen mit Hilfe des Textsatzsystems (La)TeX zu erstellen. Sie kennen die Grundregeln der guten wissenschaftlichen Praxis bezüglich des Zitierens fremder und eigener Arbeiten.

### Inhalt

Einführung in das Textsatzsystem (La)TeX:

- Erklärung der Funktionsweise
- Einsatz speziell für mathematische Texte
- Erstellen von Tabellen, Abbildungen, und Algorithmen
- Bibliographie-Management mit Bib(la)TeX
- Erstellen von Präsentationen mit beamer
- Erstellen von Zeichnungen mit tikZ/pgfplots

### Literaturbeispiele

Marc van Dongen, LaTeX and Friends, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Blockkurs

### Arbeitsaufwand

90 Stunden (davon 30 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

3.

### Prüfungsform

Erfolgreiche Bearbeitung von Übungsprojekten.



## Ergänzungen zur Analysis oder Linearen Algebra

## Titel Englisch

Supplements to Analysis or Linear algebra

## Verantwortlich

Prof. Dr. Frank Müller

## Angebotsturnus

nicht jährlich

## Studierbar ab Fachsemester

B1

## Voraussetzungen (empfohlen)

Gleichzeitiger Besuch der jeweiligen Grundlagen-  
vorlesungen

## Sprache

In der Regel Deutsch.

## Status

Wahlpflichtmodul

## Bereich

Ergänzungsbereich, E2 – Allgemeinbildende  
Grundlagen des Fachstudiums

## Lernziele

Vertieftes Verständnis der Grundlagen der Analy-  
sis oder der Linearen Algebra

## Inhalt

- Darstellung von ausführlichen anwendungsori-  
entierten Beispielen zu den Stoffgebieten der  
jeweiligen Grundlagenvorlesung
- Einübung von exakten Beweisführungen und  
Beweisstrategien
- Ausführlichere Erklärung schwieriger Teile des  
Stoffes der Grundlagenvorlesung
- Wiederholung und Herausarbeitung von  
Schwerpunkten der Grundlagenvorlesung

## Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntge-  
geben.

## Lehrform

Vorlesungen: Ergänzungen zur Analysis I und II  
*oder* Ergänzungen zur Linearen Algebra I und II,  
je 2 SWS

## Arbeitsaufwand

120 Stunden (davon 60 Stunden Präsenz)

## ECTS-Punkte

4.

## Prüfungsform

Beide Vorlesungen werden mit einer schriftlichen  
Prüfung abgeschlossen. Die Lehrenden legen die ge-  
nauen Modalitäten der Prüfung zu Beginn der Ver-  
anstaltungen fest.

## Mathematikgeschichte

### Titel Englisch

History of mathematics

### Verantwortlich

Dr. Claudia Böttinger

### Angebotsturnus

SS, ca. alle 2 Jahre

### Studierbar ab Fachsemester

B1

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Ergänzungsbereich, E2 – Allgemeinbildende Grundlagen des Fachstudiums

### Lernziele

Nach dem erfolgreichen Beenden der Veranstaltung sind die Studierenden in der Lage, ausgewählte mathematikgeschichtliche Inhalte aus dem historischen Kontext heraus zu verstehen. Sie erkennen die Bedeutung für die Entwicklung der Mathematik und stellen einen wertenden Bezug zur Gegenwartsmathematik her.

### Inhalt

Ausgewählte Kapitel der Mathematikgeschichte. Mögliche Schwerpunkte sind:

- Entwicklung von Zahlen, elementarer Algebra und Zahlentheorie von den Babyloniern bis zur Renaissance
- *Oder:* Entwicklung der Geometrie von den Babyloniern bis zur Renaissance

Folgende Kulturen werden bei beiden Schwerpunkten behandelt:

- Ägyptische Mathematik
- Babylonische Mathematik
- Algebra bzw. Geometrie der Griechen
- Algebra bzw. Geometrie in den Ländern des Islam
- Algebra bzw. Geometrie des Mittelalters und der Renaissance
- Ggf. Ausblick auf die weitere mathematische Entwicklung

### Literaturbeispiele

- Alten et al. 4000 Jahre Algebra
- Scriba, Schreiber 6000 Jahre Geometrie
- Wußing, 6000 Jahre Mathematik

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Vorlesung 2 SWS und Übung/2 SWS

### Arbeitsaufwand

120 Stunden (davon 60 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

4.

### Prüfungsform

Mündliche Prüfung oder Klausur oder Seminarvortrag mit Ausarbeitung.

**Programmierkurs zur Zahlentheorie****Titel Englisch**

Programming course for number theory

**Verantwortlich**

Prof. Dr. Georg Hein

**Angebotsturnus**

nicht jährlich

**Studierbar ab Fachsemester**

B3

**Zulassungsvoraussetzungen**

Gute Kenntnisse algebraischer Strukturen

**Sprache**

In der Regel Deutsch.

**Status**

Wahlpflichtmodul

**Bereich**

Ergänzungsbereich, E2 – Allgemeinbildende Grundlagen des Fachstudiums

**Lernziele**

Erste Erfahrungen im Umgang mit der Programmierung, Vergleich von Algorithmen, effektives Arbeiten mit vielen Beispielen

**Inhalt**

Einführung in eine Programmiersprache und objektorientiertes Programmieren im Hinblick auf Anwendungen in der Algebra und Zahlentheorie. Zum Beispiel im Falle von C++: Grundlagen zu Aufbau und Funktion von Programmen, Zeiger und Speicherverwaltung,

Erstellung von Klassen zur Umsetzung von effektiven Algorithmen für mathematische Problemstellungen aus Algebra und Zahlentheorie.

**Literaturbeispiele**

H. Cohen, A Course in Computational Algebraic Number Theory, Springer, 1993.

Weitere Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

**Lehrform**

Blockkurs

**Arbeitsaufwand**

90 Stunden (davon 30 Stunden Präsenz)

**ECTS-Punkte**

3.

**Prüfungsform**

Erfolgreiches Bearbeiten von Übungsprojekten.

## 6 Berufspraktische Tätigkeiten

Das i.F. beschriebene Unternehmenspraktikum ist ein Wahlpflichtmodul im Bereich Berufspraktische Tätigkeiten des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsmathematik.

Die weiter aufgeführten anwendungsorientierten Praktika zur Numerischen Mathematik, Optimierung bzw. Statistik sind ebenfalls Wahlpflichtmodule dieses Bereichs, können jedoch auch im Anwendungsfach angerechnet werden.

Wir verweisen für detaillierte Informationen zum Studienablauf auf die Prüfungsordnungen und Beispielstundenpläne.

## Praktikum zur Numerischen Mathematik

### Titel Englisch

Practical course in numerical mathematics

### Verantwortlich

Prof. Dr. Gerhard Starke

### Angebotsturnus

SS, jährlich

### Studierbar ab Fachsemester

B2

### Voraussetzungen (empfohlen)

Numerische Mathematik I: Grundlagen

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Berufspraktische Tätigkeiten/Anwendungsfach

### Lernziele

Beispielhafte Einarbeitung in eine numerische Rechenumgebung und deren Einsatz bei der Lösung von Problemen aus den Bereichen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens, zum Beispiel in Form größerer Projekte in Kleingruppen oder Programmieraufgaben.

### Inhalt

Einsatz von Rechenumgebungen zur numerischen Lösung von Problemen mit Anwendungscharakter in Bezug auf die Numerische Mathematik. Dabei können konkrete mathematische Modelle aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften approximativ gelöst werden, z.B. unter Verwendung von auf MATLAB/Octave, Python oder C++ basierender Software.

Die Wahl der numerischen Rechenumgebung wird von den Lehrenden vor Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben; an Vorkenntnissen werden nur die Grundvorlesungen Lineare Algebra I und Analysis I vorausgesetzt.

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Praktikum/2 SWS

### Arbeitsaufwand

90 Stunden (davon 30 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

3.

### Prüfungsform

Wird von den Lehrenden am Anfang der Veranstaltung festgelegt.

**Praktikum zur Optimierung****Titel Englisch**

Practical course in optimization

**Verantwortlich**

Prof. Dr. Arnd Rösch

**Angebotsturnus**

WS, jährlich

**Studierbar ab Fachsemester**

B4

**Voraussetzungen (empfohlen)**

Optimierung I

**Sprache**

In der Regel Deutsch.

**Status**

Wahlpflichtmodul

**Bereich**

Berufspraktische Tätigkeiten/Anwendungsfach

**Lernziele**

Einführung in projektorientierte und Förderung von Gruppenarbeit

**Inhalt**

Bearbeitung von einfachen, wirtschaftlich oder technisch motivierten Fallbeispielen zur Optimierung, vorrangig aus praktischen Anwendungsprojekten des Fachgebietes

**Literaturbeispiele**

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

**Lehrform**

Praktikum/2 SWS

**Arbeitsaufwand**

90 Stunden (davon 30 Stunden Präsenz)

**ECTS-Punkte**

3.

**Prüfungsform**

Wird von den Lehrenden am Anfang der Veranstaltung festgelegt.

## Praktikum zur Statistik

### Titel Englisch

Practical course in statistics

### Verantwortlich

Prof. Dr. Denis Belomestny

### Angebotsturnus

WS oder SS, alle 1–2 Jahre

### Studierbar ab Fachsemester

B4

### Voraussetzungen (empfohlen)

Stochastik

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Berufspraktische Tätigkeiten/Anwendungsfach

### Lernziele

Projektorientierte statistische Anwendungen in den Anwendungsfächern – vom Modell zur empirischen Überprüfung

### Inhalt

Prinzipien der statistischen Modellbildung und empirischen Überprüfung. In der Regel in Gruppenarbeit (Größe je nach konkretem Projektumfang) werden dann die grob vorgegebenen Projekte betreut bearbeitet: Genaue Modellierung, Datenerhebung (mit vorbereitet geringem Aufwand), Durchführung der statistischen Analyse – je nach Projekt mit Hilfe von Statistiksoftware oder selbst programmierter Routinen, Projektbericht. Die Teilnehmer erhalten ein Projekt mit Bezug zu ihrem Anwendungsfach zur Bearbeitung, Themen sind etwa: Analyse einer ökonomischen Zeitreihe oder von ökonomischen Mikrodaten (Basis Statistisches Bundesamt), Verteilung der Lebensdauer elektronischer oder mechanischer Bauteile, Zufallsgeneratoren.

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Praktikum/2 SWS

### Arbeitsaufwand

90 Stunden (davon 30 Stunden Präsenz)

### ECTS-Punkte

3.

### Prüfungsform

Beurteilung von Ausarbeitung, Vortrag und Diskussion der gestellten Probleme.

## Unternehmenspraktikum

### Titel Englisch

Internship

### Verantwortlich

Prof. Dr. Denis Belomestny

### Angebotsturnus

fortlaufend

### Studierbar ab Fachsemester

B4

### Sprache

In der Regel Deutsch.

### Status

Wahlpflichtmodul

### Bereich

Praktika

### Lernziele

siehe Richtlinien unter Bemerkungen, insbesondere §3

### Inhalt

siehe Richtlinien unter Bemerkungen, insbesondere §1

### Literaturbeispiele

Literatur wird in den Veranstaltungen bekanntgegeben.

### Lehrform

Praktikum

### Arbeitsaufwand

180 Stunden, davon 140 Stunden Präsenz

### ECTS-Punkte

6.

### Prüfungsform

Bericht; siehe Richtlinien unter Bemerkungen, insbesondere §5

### Bemerkungen

#### Richtlinien zur berufspraktischen Tätigkeit

##### §1 Zielsetzung des berufsfeldbezogenen Praktikums

Die berufspraktische Tätigkeit (berufsfeldbezogenes Praktikum, i. F. Praktikum genannt) ist ein Modul in den Bachelorstudiengängen Technomathematik und Wirtschaftsmathematik. Sie soll der oder dem Studierenden neben dem Erwerb berufspraktischer Kenntnisse auch Einblicke in betriebliche Arbeitsweisen und Sozialstrukturen ermöglichen. Des Weiteren soll die oder der Studierende Projektabläufe in der Praxis nachvollziehen können und Kenntnisse im Projektmanagement erwerben.

Das Praktikum kann bei allen privaten und öffentlichen Einrichtungen abgeleistet werden, die geeignet sind, der oder dem Studierenden eine Anschauung von berufspraktischer Tätigkeit im Studiengang zu vermitteln. Das Praktikum sollte mit den individuell gewählten Studienbereichen sinnvoll korrespondieren. Es wird empfohlen, das Praktikum in der vorlesungsfreien Zeit zwischen dem vierten und fünften Fachsemester zu absolvieren.

Die vorliegenden Richtlinien für die praktische Ausbildung (Praktikumsrichtlinien) sollen Hinweise dafür geben, wie das Praktikum zweckmäßigerweise ausgestaltet wird, damit daraus optimaler Nutzen gewonnen werden kann.

##### §2 Praktikumsbeauftragter

Die Fakultät bestellt eine oder einen Praktikumsbeauftragten, die oder der für den korrekten Ablauf und die abschließende Anerkennung des Praktikums verantwortlich ist. Vor Antritt eines Praktikums muss die oder der Studierende die oder den Praktikumsbeauftragten kontaktieren. Diese oder dieser entscheidet in Absprache mit dem Prüfungsausschuss, ob die geplante Tätigkeit für ein Praktikum in Frage kommt. Das Anerkennungsverfahren ist in §6 beschrieben.

##### §3 Ausbildungsinhalt

Für das Praktikum ist die Durchführung von Arbeiten im Umfang von 180 Stunden zumindest in den nachfolgend genannten Arbeitsgebieten anerkannt; dabei sind mindestens 140 Stunden Präsenzzeit in der Praktikumsstelle abzuleisten. Die berufspraktische Ausbildung soll mehrere verschiedene Gebiete enthalten. Praktika, die hiervon abweichen, können von der oder dem Praktikumsbeauftragten bei ausreichender Begründung in vollem Umfang anerkannt werden (vgl. §6).

Das Praktikum kann in den folgenden Tätigkeits-



---

feldern abgeleistet werden:

- Statistisch orientierte Tätigkeiten
- Versicherungs- und Finanzmathematik
- Numerische Verfahren
- Mathematische Modellierung
- Mathematische Anwendungen im kaufmännischen Bereich
- Mathematische Anwendungen im technischen Bereich
- Prozesskontrolle, Qualitätssicherung

#### *§4 Praktikumsstellen*

Die berufspraktische Tätigkeit kann in allen Industriebetrieben, Dienstleistungsunternehmen und Behörden abgeleistet werden, die eine Ausbildung im Sinne dieser Richtlinien gewährleisten. Eine Vermittlung oder Empfehlung von Praktikumsstellen durch die Universität Duisburg-Essen erfolgt nicht. Industrie- und Handelskammern sowie die Berufsberatung der Arbeitsämter geben Auskunft, welche Unternehmen geeignet sind. Die folgenden Hinweise sollen helfen, den Kreis der in Frage kommenden Firmen deutlich zu machen.

Es kommen alle Unternehmen in Frage, in denen Tätigkeiten möglich sind, die in diesen Richtlinien unter §2 aufgeführt sind. Die Unternehmensgröße spielt keine Rolle, es muss allerdings ein Weisungsberechtigter das Praktikum überwachen. Bei Ableisten des Praktikums in Betrieben von Verwandten ist dies der oder dem Praktikumsbeauftragten anzuzeigen.

#### *§5 Berichte*

Die Praktikantin bzw. der Praktikant fertigt über die Tätigkeit einen Bericht an (DIN A4-Format). Dies dient dem Erlernen der Darstellung mathematisch-technischer oder kaufmännischer Sachverhalte. Daher muss der Bericht eigenhändig verfasst werden.

Der Bericht hat zu enthalten:

Name und Art des Unternehmens bzw. der Abteilungen, in denen gearbeitet wurde  
eine zeitliche Übersicht über die durchgeführte Praxis

Angaben zu den Arbeitsgebieten (im Sinne des obigen §3)

eine Darstellung der verwendeten Methoden und Verfahren in übersichtlicher Form (Umfang: ca. 4-8 DIN-A4-Seiten)

Nach Abschluss eines Arbeitsgebietes ist der von der bzw. dem Praktikanten erstellte, mit Angabe des Datums unterschriebene Bericht der oder dem zuständigen Auszubildenden im Betrieb unaufgefordert vorzulegen und vom Betrieb durch Unterschrift und Firmenstempel zu bestätigen.

Berichte und Zeugnisse werden anerkannt in den Sprachen Deutsch und Englisch. Bei Berichten und Zeugnissen in anderen Sprachen kann eine Übersetzung ins Deutsche verlangt werden.

#### *§6 Anerkennung der Praktikums*

Beim Ausscheiden aus dem Unternehmen stellt dieses eine Arbeitsbescheinigung aus, aus der hervorgeht, wie lange die Praktikantin bzw. der Praktikant die in den Berichten aufgeführten Arbeiten ausgeführt hat.

Die vollständigen Praktikumsunterlagen (Berichte und Arbeitsbescheinigung) sollen spätestens sechs Monate nach Ende der praktischen Tätigkeit und vor der Anmeldung zur Bachelor-Arbeit bei der oder dem Praktikumsbeauftragten abgegeben werden.

Eine abgeschlossene Lehre als Versicherungskaufmann/-frau, Bankkaufmann/-frau, FachinformatikerIn, Mathematisch-Technische/r AssistentIn, IT-System- oder Informatik-Kaufmann/-frau, wird als Praktikum prinzipiell anerkannt.

Über die Anerkennung von Praktika in ausländischen Unternehmen entscheidet die oder der Praktikumsbeauftragte. Gleiches gilt für die Anerkennung von Praktika bei Bundeswehr und Dienststellen des zivilen Ersatzdienstes. In begründeten Einzelfällen können Teile einer Ausbildung an Kollegschen auf das Praktikum angerechnet werden.

Da die heutigen Einsatzgebiete für MathematikerInnen äußerst vielschichtig sind, gilt für die Anerkennung des Praktikums der Grundsatz, dass alle als mathematiknah einzustufenden Tätigkeiten anerkennungsfähig sind. Die Entscheidung über die Anerkennung trifft auch hierbei die oder der Praktikumsbeauftragte.

Gegen die Entscheidung der oder des Praktikumsbeauftragten bei der Anerkennung kann die oder der betroffene Studierende den Prüfungsausschuss anrufen, der die abschließende Entscheidung trifft.

In Ausnahmefällen kann der Prüfungsausschuss nach Rücksprache mit der oder dem Praktikumsbeauftragten anderweitig im gleichen Umfang erbrachte Leistungen ersatzweise anerkennen.

#### *§7 Besondere Hinweise*

Die rechtliche Form des Ausbildungsverhältnisses zwischen dem Unternehmen und der Praktikantin bzw. dem Praktikanten ist für die Anerkennung des Praktikums unerheblich.

Üblich ist der Abschluss eines Ausbildungsvertrages, in dem z. B. die Zahlung einer Vergütung (Unterhalts- oder Ausbildungsbeihilfe) vereinbart wird. Über die Versicherungspflicht in der gesetzlichen Sozialversicherung geben die Sozialversicherungsträger (AOK, Ersatzkassen, BfA, LVA) Auskunft.