RUHR
UNIVERSITÄT
BOCHUM

Fakultät XV
Mathematik

Modulhandbuch

Anlage zum
Reakkreditierungsantrag der Ruhr-Universität Bochum
für das 1-Fach-Modell B.Sc./M.Sc.
Paket III (III/4)

Modul 1 Bachelor		Analysis I, II		
		Veranstaltungstyp: Vorlesungen mit Übungen		
Anzahl der CP: 18	**Student workload:** 540 (180h Präsenzzeit +360 Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 8 SWS Vorlesung 4 SWS Übungen	**Modus:** Pflichtmodul	**Turnus:** Jährlich, Beginn im WS

Veranstaltungen in dem Modul: Analysis I mit Übungen, Analysis II mit Übungen

Inhalte: Mengen und Zahlen, reelle Funktionen, Grenzwerte, Folgen, Reihen, stetige und differenzierbare Funktionen, komplexe Zahlen, Potenzreihen, topologische Grundbegriffe in metrischen Räumen, Differentialrechnung für Funktionen im $\mathbf{R}^n$**,** Sätze über die Umkehrfunktion sowie über implizite Funktionen

Lernziele: Kenntnis der grundlegenden Begriffsbildungen und Techniken der Analysis; sicherer Umgang mit dem ε-Kalkül und den Rechentechniken der Differential- und Integralrechnung; Kenntnis verschiedener Lösungsverfahren zur exakten oder näherungsweisen Lösung von algebraischen Gleichungen und einfacher Differentialgleichungen.
Im zweiten Teil des Moduls sollen die Studierenden verstärkt ein Verständnis für abstrakte Sichtweisen der Analysis entwickeln und die wichtigsten Sätze in konkreten Situationen anwenden können.
In den Übungen sollen darüber hinaus Beweistechniken eingeübt werden, um die Studierenden zu befähigen, selbstständig mathematische Sachverhalte darzustellen.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse: keine

Nützliche Vorkenntnisse: Vorkurs Mathematik in den Semesterferien vor Studienbeginn
nützliche Literatur: z.B. *Otto Forster*, Analysis I und II
Harro Heuser, Lehrbuch der Analysis I und II
Stefan Hildebrandt, Analysis I und II.

Besonderheiten:
Dieses Modul bildet zusammen mit dem Modul Lineare Algebra und Geometrie die Grundlage für das Verständnis fast aller weiterführender Veranstaltungen.
Zum Verständnis insbesondere der Analysis II ist es sehr zu empfehlen, parallel zum Modul Analysis I, II an dem Modul Lineare Algebra und Geometrie I, II teilzunehmen.

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Teilklausuren nach jeder der Vorlesungen bzw. Modulabschlussklausur
Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik

Autor/in: Dehling/Flenner

Modul 2 Bachelor		Lineare Algebra und Geometrie I, II		
		Veranstaltungstyp: Vorlesungen mit Übungen		
Anzahl der CP: 18	**Student workload:** 540 (180h Präsenzzeit +360 Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 8 SWS Vorlesung 4 SWS Übungen	**Modus:** Pflichtmodul	**Turnus:** Jährlich, Beginn im WS

Veranstaltungen in dem Modul: Lineare Algebra und Geometrie I mit Übungen
Lineare Algebra und Geometrie II mit Übungen

Inhalte: Ringe und Körper, Anfänge der Gruppentheorie, Restklassen, Vektorräume, Matrizen, Determinanten, Eigenwerte, Vektorräume mit Skalarprodukt, Bilinearfomen, Jordan-Normalform, Moduln über Hauptidealringen, Elementarteilersatz, Tensoralgebra, Graßmann-Algebra von Vektorräumen.

Lernziele: Kennenlernen der abstrakten Grundstrukturen der Algebra, sicherer Umgang mit linearen Abbildungen, Matrizen und Determinanten, Fähigkeit zur Lösung von linearen Gleichungssystemen, Kenntnis spezieller Gruppen wie GL(n) und SL(n), O(n) und SU(n).
In den Übungen sollen darüber hinaus Beweistechniken eingeübt werden, um die Studierenden zu befähigen, selbstständig mathematische Sachverhalte darzustellen.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse: keine

Nützliche Vorkenntnisse: Vorkurs Mathematik in den Semesterferien vor Studienbeginn

nützliche Literatur: z.B. *Gerd Fischer* **,** Lineare Algebra
Peter Gabriel, Matrizen, Geometrie, Lineare Algebra
Uwe Storch-Hartmut Wiebe, Lehrbuch Mathematik Band 2 (Lineare Algebra)

Besonderheiten: Dieses Modul bildet zusammen mit dem Modul Analysis I,II die Grundlage für das Verständnis fast aller weiterführender Veranstaltungen.
Zum Verständnis und zur Motivation der Inhalte dieses Moduls ist es sehr zu empfehlen, parallel am Modul Analysis I, II teilzunehmen.

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Teilklausuren nach jeder der Vorlesungen bzw. Modulabschlussklausur.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik

Autor/in: Dehling/Flenner

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 3 Bachelor</td><td colspan="3">Einführung in die Programmierung</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übung</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 6</td><td>Student workload:
180 (90h Präsenzzeit +180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
2 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Pflichtmodul</td><td>Turnus:
jährlich im SS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Einführung in die Programmierung mit Übungen

Inhalte: Überblick zur Algorithmik und zur algorithmischen Modellierung, Programmobjekte, Programmanweisungen, elementare Datenstrukturen

Lernziele: Kenntnisse algorithmischer Vorgehensweisen und wichtiger Programmiertechniken (Rekursion, Backtracking, Divide-and-Conquer-Strategien, Nebenläufigkeit), Anwendung dieser Verfahren in der Programmiersprache JAVA</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

erforderlich: keine

nützliche Vorkenntnisse: elementare Kenntnisse im Umgang mit Computern

nützliche Literatur: Skript (weitere Literaturempfehlungen in der Vorlesung)

Besonderheiten: Die Übungen finden jeweils im Rechnerlabor statt</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Modulabschlussklausur.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Optionalbereich im B.A.-Studiengang Mathematik sowie Wahlbereich in anderen (naturwissenschaftlichen) Studiengängen</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor: Korthauer</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 4 Bachelor</td><td colspan="3">Proseminar Mathematik</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Proseminar</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 4</td><td>Student workload:
120 (40h Präsenzzeit + 80h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
2 SWS</td><td>Modus:
Pflichtmodul</td><td>Turnus:
Jährlich</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Proseminar Mathematik

Inhalt des Moduls: Dieses Modul ist thematisch nicht eindeutig festgelegt. Um die Ziele des Moduls zu erreichen, können einerseits Themen behandelt werden, die den Vorlesungsstoff aus dem Modul Analysis I, II oder dem Modul Lineare Algebra I, II ergänzen und abrunden. Andererseits können einführende Themen aus weiterführenden Gebieten wie etwa gewöhnliche Differentialgleichungen, Funktionentheorie, Differentialgeometrie, Topologie, etc. vergeben werden.

Lernziele: In diesem Modul sollen die in den Grundvorlesungen erlernten Theorien und Techniken angewandt und weiter vertieft werden. Zudem sollen die Studierenden lernen, mathematische Sachverhalte anhand eines Textes selbständig zu erarbeiten und in einem größeren Zusammenhang fachgerecht in Form eines Vortrags darzustellen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Vorkenntnisse: hängen vom gewählten Gebiet ab.

nützliche Literatur: hängt vom gewählten Gebiet ab.

Besonderheiten:</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Vortrag

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Röhrle</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 5 Bachelor</td><td colspan="3">Praktische Mathematik: Informatik Praktikum</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Praktikum</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 10</td><td>Student workload:
300h (60h Präsenz + 240h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Praktikum</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
jährlich im WS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Informatik Praktikum

Inhalt des Moduls: Einführung in die systematische Entwicklung von Software-Systemen; Spezifikation, Entwurf und Implementierung eines konkreten Software-Systems in Gruppenarbeit;

Lernziele: Kennenlernen von Teamarbeit und Projektarbeit; sicherer Umgang mit komplexen Software-Werkzeugen;</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

erforderlich: Einführung in die Programmierung

nützliche Vorkenntnisse: Programmierkenntnisse

nützliche Literatur: wird im Praktikum bereitgestellt

Besonderheiten: Begrenzte Teilnehmerzahlen, da das Praktikum im Computerraum stattfindet.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : aktive Mitarbeit und gemeinsamer Projekterfolg

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich in anderen (naturwissen-schaftlichen) Studiengängen</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autoren: Bertsch /Korthauer</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 5 Bachelor</td><td colspan="3">Praktische Mathematik: Betriebspraktikum</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Praktikum</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 10</td><td>Student workload:
300h (60h Präsenz + 240h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
8 Wochen Vollzeit</td><td>Modus:
Pflichtmodul</td><td>Turnus:
jederzeit</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Betriebspraktikum

Inhalt des Moduls: Auf Anwendungen der Mathematik bezogene berufspraktische Ausbildung in Industriebetrieben, Dienstleistungsunternehmen und Behörden. Das Praktikum kann in den folgenden Tätigkeitsfeldern abgeleistet werden: Statistisch orientierte Tätigkeiten, Versicherungs- und Finanzmathematik, Numerische Verfahren, Softwareentwicklung, Datensicherheit, Hard- und Softwaretests, Betreuung von Rechneranlagen / Netzwerken, Mathematische Modellierung, Mathematische Anwendungen im kaufmännischen oder im technischen Bereich, Prozesskontrolle und Qualitätssicherung.

Lernziele: Anwendung mathematischer Methoden auf Fragestellungen in der Industrie; soziale Kompetenzen; Fähigkeit zur Arbeit im Team; Einblick in betriebliche Arbeitsweisen und Sozialstrukturen; Erwerb spezifischer berufspraktischer Kenntnisse</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Besonderheiten: siehe Praktikumsordnung</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : schriftlicher Abschlussbericht

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Optionalbereich des B.A.-Studiengangs Mathematik</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Dehling</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 5 Bachelor</td><td colspan="3">Praktische Mathematik: Statistisches Praktikum</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Seminar und Praktikum</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP:
10</td><td>Student workload:
300h (30h Präsenz + 270h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS im SoSe (V+S) und
3 SWS im WS (V+Ü)</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
Jährlich,
Beginn im SoSe</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul:
Vorlesung mit integriertem Seminar über Angewandte Statistik zur Datenanalyse, Vorlesung über computerbasiertes statistisches Rechnen und stochastische Simulation mit praktischen Übungen

Inhalt des Moduls: Programmierung mit statistischen Programmpaketen, insbesondere Datenmanagement und einfache Prozeduren, Graphikprozeduren (z.B. zur Darstellung von Daten in Block-Diagrammen), Statistische Prozeduren zur Datenauswertung (z.B. Kontingenztafel-Analyse, Tests auf Normalverteilung, Unabhängigkeitstests, Ein- und Zweistichproben-t-Tests und nichtparametrische Verfahren).

Lernziele: Kenntnisse im Umgang mit mindestens einem statistischen Programmpaket. Fähigkeit zur Auswertung von Daten mit Hilfe von Standardverfahren der Statistik, sichere Anwendung von statistischen Tests; Fähigkeit, neu entwickelte statistische Verfahren in der Praxis umzusetzen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Erforderlich: Einf. in die Wahrscheinlichkeitstheorie und mathematische Statistik
Empfohlene Vorkenntnisse: Statistik I

nützliche Literatur: z.B. Dufner, Jensen, Schuhmacher: Statistik mit SAS ,
Falk, Becker, Marohn: Angewandte Statistik mit SAS ,
Venables, Ripley: Modern applied statistics with S-PLUS ,
Weinberg, Abramowitz: Data analysis for the behavioral sciences using SPSS

Besonderheiten: Begrenzte Teilnehmerzahlen, da das Praktikum im Computerraum stattfindet. Die Veranstaltung vermittelt grundlegende Kenntnisse für die praktische Anwendung der in den Vorlesungen Statistik I und II vermittelten Theorie. Dies ist insbesondere für Studierende wichtig, die sich im Verlauf des Studiums im Bereich der Stochastik spezialisieren wollen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Vortrag.

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Optionalbereich im 2-Fach B.A. Mathematik</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Dette</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 6 Bachelor</td><td colspan="3">Analysis III</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Pflichtmodul</td><td>Turnus:
Jährlich im WS</td></tr>
</table>

Veranstaltungen in dem Modul: Analysis III mit Übungen

Inhalt des Moduls: Lebesguesche Integrationstheorie in mehreren Veränderlichen, messbare Mengen und Funktionen, Lebesgue-Integral, Konvergenzsätze, Satz von Fubini, Transformationsformel, Anwendungen z.B. auf die Gamma-Funktion, Kurven im R^n, Länge und Kurvenintegrale, (eingebettete) Mannigfaltigkeiten, Differentialformen und Integration auf Mannigfaltigkeiten, Sätze von Stokes und Gauß, Anwendungen

Lernziele: Erweiterung und Vertiefung der Kenntnisse der Analysis, sicherer Umgang mit mehrdimensionaler Integration, Erlangen einer höheren Abstraktionsfähigkeit, Verständnis der analytischen Beschreibung höherdimensionaler geometrischer Objekte

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Vorkenntnisse: --

nützliche Literatur: z.B. *Otto Forster*, Analysis III
Stefan Hildebrandt: Analysis III

Besonderheiten: Zum Verständnis weiterführender Vorlesungen in der Analysis wie auch der Stochastik und Numerik ist der Besuch dieser Veranstaltung dringend zu empfehlen.

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik

Autor/in: Dehling/Flenner

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 7a Bachelor
Modul 9b Bachelor</td><td colspan="3">Algebra 1</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
Jährlich im WS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Algebra 1 mit Übungen

Inhalt des Moduls: endliche Gruppen und Sylowsätze, euklidische Ringe und Hauptidealringe, chinesischer Restesatz, prime Restklassengruppe, Polynomringe, Primfaktorzerlegung in Ringen, endliche Körper, algebraische Körpererweiterungen, Anfangsgründe der Galoistheorie, Konstruktionen mit Zirkel und Lineal, Auflösbarkeit von Gleichungen

Lernziele: Erwerb der Grundkenntnisse für alle weiterführenden Veranstaltungen in der Algebra; vertieftes Verständnis algebraischer Strukturen wie Gruppen, Ringe, Moduln, Körper, Verständnis für das Zusammenwirken algebraischer Begriffsbildungen, Kennenlernen des Bezug der Algebra zu anderen Disziplinen</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Vorkenntnisse: --

nützliche Literatur: z.B. Ernst Kunz, Algebra
Michael Artin, Algebra
Hans-Jörg Reiffen, Günter Scheja, Udo Vetter, Algebra

Besonderheiten : Wegen der Behandlung klassischer Probleme der Geometrie ist die Veranstaltung in besonderem Maße für angehende Lehrer/innen zu empfehlen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Dehling/Flenner</td></tr>
</table>

Modul 7b Bachelor **Modul 9b Bachelor**			**Zahlentheorie**	
			Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen	
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** Jährlich im SS

Veranstaltungen in dem Modul: Zahlentheorie und Übungen

Inhalt des Moduls: Kongruenzen, Primfaktorzerlegung, Quadratische Zahlbereiche, euklidische Ringe und Hauptidealringe, Prime Restklassengruppe, Quadratisches Reziprozitätsgesetz, Kettenbrüche, Pellsche Gleichung, algebraische und transzendente Zahlen, klassische Probleme der elementaren Zahlentheorie wie Summen von Quadraten und spezielle diophantische Gleichungen

Lernziele: Kenntnis berühmter Fragestellungen aus der Zahlentheorie; sicheres Beherrschen von Methoden und Beweistechniken aus dem Bereich der Algebraischen Zahlentheorie.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II
Nützliche Vorkenntnisse:
nützliche Literatur:
P. Bundschuh: Einführung in die Zahlentheorie
Gerhard Frey: Elementare Zahlentheorie
Besonderheiten: Wegen der Vielzahl der vorkommenden klassischen Probleme ist die Vorlesung in besonderem Maße für angehende Lehrer/innen zu empfehlen.

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik

Autor/in: Flenner

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 8a Bachelor</td><td colspan="3">Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
Jährlich im WS</td></tr>
</table>

Veranstaltungen in dem Modul: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik mit Übungen

Inhalt des Moduls: Axiome der Wahrscheinlichkeitstheorie, Laplace Räume, Urnenmodelle, Unabhängigkeit, bedingte Wahrscheinlichkeiten, Formel von Bayes, Zufallsvariable, wichtige diskrete Verteilungen, Erwartungswert und Varianz, Tschebyscheff-Ungleichung, gemeinsame, marginale und bedingte Verteilungen, Kovarianz, erzeugende Funktionen, dichteverteilte Zufallsvariable, wichtige stetige Verteilungen, Verteilungsfunktionen, Gesetz der großen Zahlen, Poisson-Grenzwertsatz, zentraler Grenzwertsatz, Grundbegriffe der Schätz- und Testtheorie, erwartungstreue Schätzer, Maximum-Likelihood Schätzer, lineare Regression, Fehler erster und zweiter Art, Neyman-Pearson Lemma

Lernziele: Kenntnis der mathematischen Beschreibung von Zufallsphänomenen; Fähigkeit zur Interpretation von Wahrscheinlichkeitsaussagen; sicherer Umgang mit den fundamentalen Grenzwertsätzen für unabhängige Zufallsvariablen; Verständnis statistischer Testverfahren

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I

Nützliche Vorkenntnisse: Analysis III

nützliche Literatur: z.B. *Herold Dehling*, *Beate Haupt*: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik
Ulrich Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie u. Statistik
Hans-Otto Georgii: Stochastik, Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie u. Statistik

Besonderheiten:

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung).

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik

Autor/in: Dehling

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 8b Bachelor</td><td colspan="3">Einführung in die Numerik</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
Jährlich im SS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Einführung in die Numerik
Inhalt des Moduls: Interpolation, numerische Integration, Lösen nichtlinearer Gleichungssysteme, direkte und iterative Verfahren zum Lösen linearer Gleichungssysteme, numerische Verfahren zur Berechnung von Eigenwerten und Eigenvektoren

Lernziele:
Verständnis zentraler Problemstellungen der Numerischen Mathematik; Fähigkeit zur Beurteilung die Kondition eines Problems und der Stabilität eines Verfahrens; Erfahrungen mit der Analyse numerischer Algorithmen zur Lösung Linearer Gleichungssysteme</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Vorkenntnisse: Analysis III; Kenntnisse einer höheren Programmiersprache (wie Pascal, C, C++ oder Java), wie sie z.B. in der Vorlesung Einführung in die Programmierung vermittelt werden

nützliche Literatur: z.B. Skriptum;
P. Deuflhard, A. Hohmann: Numerische Mathematik;
W. Gautschi: Numerical Analysis;
G. Haemmerlin, K.-H. Hoffmann: Numerische Mathematik;
J. Stoer, R. Bulirsch: Numerische Mathematik I, II

Besonderheiten: Die Veranstaltung ist die Basis für alle weiterführenden Veranstaltungen in der numerischen Mathematik.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie durch mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, Wahlbereich in anderen naturwissenschaftlichen Studiengängen</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Verfürth</td></tr>
</table>

Modul 8c Bachelor		**Einführung in die Informatik**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** Jährlich im SS

Veranstaltungen in dem Modul: Einführung in die Informatik

Inhalt des Moduls: Aufbau von Schaltungen aus digital-logischen Gattern, Umformung Boolescher Gleichungen, Disjunktive Normalform, Verfahren von Quine und McCluskey, Speicherbausteine (Flipflops), Multiplexer, Registerstruktur von Prozessoren und deren Funktion ,Programmable Logic Arrays, Mikroprogrammierung (Konzepte und Beispiele), Maschinenorientierte Programme, Binäre Zahlendarstellung mit Festkomma und Gleitkomma, verschiedene Ansätze für Addierwerke, Lokalisierung von Hardware-Fehlern, Realisierung von Zustands-Diagrammen, Konzepte und Sprachmerkmale für parallele Prozesse (Petri-Netze, Semaphore, Monitore), Begriff der Regelgrammatik, Ableitung und Formalen Sprache, Chomsky-Normalform, Berechenbarkeit und Entscheidbarkeit.

Lernziele: Grundkenntnisse der Informatik unter besonderer Berücksichtigung der internen Struktur und Funktion von Rechnern; sicherer Umgang mit den begrifflichen Grundlagen der Betriebssysteme und der Theoretischen Informatik.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Nützliche Vorkenntnisse:
Nützlich, aber ausdrücklich nicht vorausgesetzt sind Grundkenntnisse in einer Programmiersprache.
nützliche Literatur: z.B. *A.S. Tanenbaum, J. Goodman*: Computerachitektur. Pearson Studium (2001). Das englische Original mit dem Titel `Structured Computer Organization´, Prentice Hall (1999) soll ebenfalls empfohlen werden. Weiterhin können diverse andere einführende Bücher zur Informatik mit Schwerpunkt auf Rechnerstruktur hilfreich sein.

Besonderheiten: Diese Veranstaltung ist KEINE Einführung in die Programmierung.

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie durch Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung).

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, B.Sc. Physik, Optionalbereich

Autor/in: Bertsch/Simon

Modul 8d Bachelor Modul 9c Bachelor Modul MA 1 - 3 Master		**Kryptographie**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** Jährlich im WS

Veranstaltungen in dem Modul: Kryptographie mit Übungen

Inhalt des Moduls: Sichere Verschlüsselung gegenüber Angriffen mit gewählten Klar- und Chiffretexten, Pseudozufallsfunktionen und –permutationen, Message Authentication Codes, kollisionsresistente Hashfunktionen, Blockchiffren, Konstruktion von Zufallszahlengeneratoren, Schlüsselaustausch, Trapdoor Einwegpermutationen, Verschlüsselung: RSA, ElGamal, Goldwasser-Micali, Rabin, Paillier, Hash & Sign Paradigma, Einwegsignaturen, Signaturen aus kollisionsresistenten Hashfunktionen, Random-Oracle Modell

Lernziele:
Kennenlernen moderner Methoden der symmetrischen und asymmetrischen Kryptographie; Verständnis der mathematischen Hintergründe dieser Methoden; Kenntnis von Sicherheitsbeweisen unter wohldefinierten Komplexitätsannahmen.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Vorkenntnisse: Algebra, Zahlentheorie

nützliche Literatur: z.B *Katz, Lindell*: Introduction to Modern Cryptography, Chapman & Hall/CRC Press, 2007

Besonderheiten:

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie durch Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich in anderen naturwissenschaftlichen Studiengängen

Autor/in: May

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 9a, 9b Bachelor
Modul 10 Bachelor</td><td colspan="3">Kurven und Flächen</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
Jährlich im SS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Kurven und Flächen als Modul 9a, 9b oder MA 1-3 mit Übungen, als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Länge und Krümmung von Kurven; Ebene Kurventheorie; Tangentendrehzahl, Hopfscher Umlaufsatz, Kurventheorie im $\mathbf{R}^n$, Frenetsches n-Bein, Frenet-Gleichungen, Hauptsatz der Kurventheorie, Hyperflächen im $\mathbf{R}^n$, Tangentialraum und Normalraum, Krümmung von Flächen (Gaußkrümmung, mittlere Krümmung, Normalkrümmung, Hauptkrümmung), Gaußabbildung, Weingartenabbildung, Theorema egregium, Geodätische, Satz von Clairaut für Rotationsflächen, kovariante Ableitung, Christoffelsymbole, hyperbolische Ebene, lokaler und globaler Satz von Gauß-Bonnet, Eulercharakteristik.

Lernziele: Anwendung der Inhalte und Methoden aus Analysis I & II und Lineare Algebra und Geometrie I & II; anschauliche Vorstellung geometrischer Sachverhalte; vertieftes Verständnis des Krümmungsbegriffs und der Geometrie gekrümmter Räume, Kennenlernen globaler Eigenschaften von Flächen, insbesondere auch anhand von Beispielen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II
Nützliche Vorkenntnisse: Analysis III
nützliche Literatur: zum Beispiel:
M. do Carmo: Differential Geometry of Curves and Surfaces, Prentice-Hall.
C. Bär: Elementare Differentialgeometrie, Walter de Gruyter.
W. Kühnel: Differentialgeometrie, Vieweg-Teubner.
W.Klingenberg: Eine Vorlesung über Differentialgeometrie, Springer.
Besonderheiten:</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer naturwissenschaftlicher Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Knieper</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 9a Bachelor
Modul 10 Bachelor
Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Funktionentheorie</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
Jährlich im SS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Funktionentheorie als Modul 9a oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Komplexe Zahlen, Begriff der holomorphen Funktion, Cauchy-Riemannsche Differentialgleichungen, Potenzreihenentwicklung, Integration längs Wegen, Stammfunktionen holomorpher Funktionen, Cauchysche Integralformel und Integralsatz, Maximumsprinzip und Gebietstreue, isolierte Singularitäten und Laurententwicklung, Umlaufszahl und Residuensatz, Anwendungen auf die Berechnung von Integralen, unendliche Produkte holomorpher Funktionen, Reihen meromorpher Funktionen, konforme Abbildungen.

Lernziele: Kenntnis der grundlegenden Eigenschaften holomorpher Funktionen; sicheres Beherrschen der Verfahren zur Berechnung von komplexen Wegintegralen, Verständnis der grundlegenden Beweismethoden der Funktionentheorie</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Vorkenntnisse:

nützliche Literatur: z.B.
E. Freitag, R. Busam: Funktionentheorie
Klaus Jänich: Funktionentheorie
R. Remmert: Funktionentheorie
Besonderheiten: Dies ist eine erste Einführung in das Gebiet der Funktionentheorie, die die Basis für Vorlesungen wie Riemannsche Flächen oder komplexe Geometrie legt.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer naturwissenschaftlicher Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Dehling/Flenner</td></tr>
</table>

Modul 9a Bachelor **Modul 10 Bachelor** **Modul MA 1 - 3 Master**		**Gewöhnliche Differentialgleichungen**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** Jährlich im WS

Veranstaltungen in dem Modul: Gewöhnliche Differentialgleichungen als Modul 9a oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Einführung in die Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen: Existenz und Eindeutigkeit von Lösungen, Abhängigkeit der Lösung von Parametern und Anfangswerten, Theorie linearer Differentialgleichungen (insbesondere mit konstanten und periodischen Koeffizienten), lokale Theorie nichtlinearer Differentialgleichungen, Stabilität von Lösungen, spezielle Typen gewöhnlicher Differentialgleichungen.

Lernziele: Am Beispiel der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen soll die mathematische Behandlung anwendungsbezogener Fragestellungen vermittelt werden. Zudem werden die in den Grundvorlesungen erlernten Konzepte vertieft und weiter entwickelt. In den Übungen sollen darüber hinaus einschlägige Beweistechniken, sowie die Lösung komplexer Aufgaben eingeübt werden.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Vorkenntnisse:

nützliche Literatur: z.B.
W. Walter: Gewöhnliche Differentialgleichungen
Harro Heuser, Gewöhnliche Differentialgleichungen
B. Aulbach: Gewöhnliche Differentialgleichungen
Hans-Wilhelm Knobloch /Franz Kappel: Gewöhnliche Differentialgleichungen
Besonderheiten:

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie durch Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer naturwissenschaftlicher Fächer

Autor/in: Abresch

Modul 9a **Modul 10 Bachelor** **Modul MA 1 - 3 Master**		**Funktionalanalysis**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesungen mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** Je 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** jährlich

Veranstaltungen in dem Modul: Funktionalanalysis als Modul 9a oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Normierte Räume, Dualräume, L^P-Räume, Satz von Hahn-Banach, reflexive Räume, schwache Konvergenz, Bairescher Kategoriensatz, Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit, Satz von der offenen Abbildung, Satz vom abgeschlossenen Graphen, Hilbertraumtheorie, Fouriertransformation, Sobolevräume, Spektraltheorie kompakter Operatoren.

Lernziele: Erweiterung der in den Grundvorlesungen erworbenen Kenntnisse auf unendlich-dimensionale normierte Räume; Kennenlernen der wichtigsten Funktionenräume und ihrer Eigenschaften.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

nützliche Literatur:
Dirk Werner: Funktionalanalysis,
Friedrich Hirzebruch/Winfried Scharlau: Einführung in die Funktionalanalysis

Besonderheiten: Für das Verständnis weiterführender Vorlesungen in der Analysis ist der Besuch dieser Veranstaltung nützlich.

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer naturwissenschaftlicher Fächer

Autor/in: Dehling/Flenner

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 9 a Bachelor
Modul 10 Bachelor
Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Wahrscheinlichkeitstheorie I</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
jährlich im WS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Wahrscheinlichkeitstheorie I, als Modul 9a oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Maßräume und Maße, Maßerweiterungen nach Caratheodory, messbare Abbildungen, Integrale, Konvergenzsätze für Integrale, Konvergenzbegriffe für Funktionenfolgen, Produkträume, Satz von Fubini, Zufallsvariablen, Erwartungswert, Unabhängigkeit, Null-Eins Gesetze, Gesetz der großen Zahlen, Satz von Radon-Nikodym, bedingte Erwartung, schwache Konvergenz, Zentraler Grenzwertsatz.
Lernziele: Kenntnisse weiterführender Prinzipien der Wahrscheinlichkeitstheorie und ihrer Anwendungen, Wissen um die Fragestellungen, die zur Maßtheorie hinführen; systematisches Verständnis der Maßtheorie; Fähigkeit zur Anwendung der maßtheoretischen Ergebnisse in der Wahrscheinlichkeitstheorie</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Anfängervorlesungen sowie Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik

nützliche Literatur:
Heinz Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie, De Gruyter Verlag.
Patrick Billingsley: Probability and Measure, Wiley New York.

Besonderheiten: Dieses Modul bildet eine mögliche Grundlage für weitere Veranstaltungen im Bereich Stochastik.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer naturwissenschaftlicher Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor: Dehling</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 9b Bachelor
Modul 10 Bachelor
Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Topologie</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
Jährlich im SS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Topologie als Modul 9b oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Grundbegriffe der Topologie, Teilräume, Quotientenräume, Zusammenhang, Kompaktheit (Tychonoffscher Produktsatz), Trennungseigenschaften (Satz von Urysohn-Tietze), elementare Homotopietheorie, Fundamentalgruppe (Satz von Seifert-van Kampen), elementare Überlagerungstheorie.

Lernziele: Kenntnis der wichtigsten Fragestellungen der mengentheoretischen Topologie; sicherer Umgang mit topologischen Grundbegriffen und deren Anwendung; Verständnis von ersten Begriffen der algebraischen Topologie</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Literatur: z.B. z. B. Klaus Jänich: Topologie
Williams Massey: A basic course in algebraic topology

Besonderheiten: Diese Veranstaltung gibt eine Einführung in die Probleme und Lösungsmethoden der Topologie, einem Zweig moderner Geometrie. Sie ist geeignet für angehende Lehrer/innen, kann aber auch als Basis für weiterführende Veranstaltungen in Algebraischer Topologie dienen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie durch Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung).

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer naturwissenschaftlicher Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Laures</td></tr>
</table>

Modul 9b Bachelor Modul 10 Bachelor Modul MA 1 - 3 Master		**Kommutative Algebra**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** ca. alle 2 Jahre

Veranstaltungen in dem Modul: Kommutative Algebra als Modul 9b mit Übungen, oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls:
In der Vorlesung soll eine erste Einführung in die kommutative Algebra mit einem Ausblick auf die algebraische Geometrie gegeben werden. Inhalte der Vorlesung sind. Lokalisierung, Primärzerlegung, ganze Ringerwerweiterungen, noethersche und artinsche Ringe, Dimensionstheorie und Multiplizitäten, affine Varietäten und Hilbertscher Nullstellensatz, reguläre Sequenzen.

Lernziele: Verständnis der grundlegenden Kernkonzepte der kommutativen Algebra, Fähigkeit zur Anwendung der Theorie in benachbarten Gebieten wie der algebraischen Geometrie, der komplexen Analysis oder der Zahlentheorie

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse: Teilnahme an der Vorlesung Algebra

Nützliche Literatur: z.B. *Atiyah-Macdonald*: Introduction to commutative algebra; *D. Eisenbud*: Introduction to commutative algebra with a view towards algebraic geometry.

Besonderheiten:

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)
Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer naturwissenschaftlicher Fächer

Autor: Flenner

Modul 9b Bachelor **Modul 10 Bachelor**		**Diskrete Mathematik**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesungen mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung, 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** Jährlich im WS

Veranstaltungen in dem Modul: Diskrete Mathematik I als Modul 9b mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Kombinatorik, Abzählproblem; Graphtheorie: Graphexploration und weitere ausgesuchte Graphprobleme; Grundkenntnisse in elementarer Zahlentheorie, Ausblick auf kryptographische Anwendungen; Designtechniken für effiziente Algorithmen, Aufstellen und Lösen von Rekursionsgleichungen; Wahrscheinlichkeitstheorie mit Schwergewicht auf diskreten Wahrscheinlichkeitsräumen.

Lernziele: Sicherer Umgang mit abstrakten, diskreten Strukturen; Fähigkeit, konkrete Problemstellungen mit solchen Strukturen zu modellieren; Verständnis für grundlegende algorithmische Techniken und die Analyse von Algorithmen; Kenntnis der grundlegenden Konzepte in Kombinatorik, Graphtheorie, elementarer Zahlentheorie und elementarer Wahrscheinlichkeitstheorie; Fähigkeit, logische Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Konzepten zu erkennen.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:

Nützliche Vorkenntnisse: Grundvorlesungen Analysis, Grundvorlesungen Lineare Algebra und Geometrie, Einführung in die Programmierung

Nützliche Literatur:
Angelika Steger: Diskrete Strukturen, Band 1, Springer 2001
Thomas Schickinger und Angelika Steger: Diskrete Strukturen, Band 2, Springer 2001

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Bachelor Angewandte Informatik, Sicherheit in der Informationstechnik, 2-Fach B.A. Mathematik

Autor: Simon

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 9b
Modul 10 Bachelor
Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Theoretische Informatik</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesungen mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9 bzw. 21</td><td>Student workload: 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS: 4 SWS Vorlesung, 2 SWS Übungen</td><td>Modus: Pflichtmodul</td><td>Turnus: Jährlich im WS</td></tr>
</table>

Veranstaltungen in dem Modul: Theoretische Informatik als Modul 9b oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Die Vorlesung liefert eine Einführung in die Theorie der Grammatiken (mit Schwerpunkt auf kontextfreien Grammatiken) und Automaten (mit Schwerpunkt auf endlichen Automaten, Kellerautomaten und Turing-Maschinen). Sie gibt ferner einen Einblick in die Berechenbarkeits- und NP-Vollständigkeitstheorie, wo es um die Frage geht, welche Rechenprobleme (in einem theoretischen oder praktischen Sinn) gelöst werden können.

Lernziele: Einsichten zum Verhältnis zwischen Automaten und Grammatiken und zum Verhältnis von Determinismus und Nicht-Determinismus, Einüben von Beweistechniken wie wechselseitige Simulation oder (polynomiell) berechenbare Reduktionen, tieferes Verständnis von Komplexität, Kenntnisse der verschiedenen Ebenen der Chomsky-Hierarchie, Wissen über mögliche Unentscheidbarkeit von Problemen.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Nützliche Vorkenntnisse: Einführung in die Informatik, Einführung in die Programmierung, Diskrete Mathematik

Nützliche Literatur:
Uwe Schöning, Theoretische Informatik – kurzgefasst, Spektrum, 2001
John E. Hopcroft, Rajeev Motwani und Jeffrey D. Ullmann, Einführung in die Automatentheorie, formale Sprachen und Komplexitätstheorie, Addison Wesley, 2002
Besonderheiten:

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Bachelor Angewandte Informatik

Autor: Simon

Modul 9c Bachelor **Modul 10 Bachelor** **Modul MA 1 - 3 Master**		**Approximationstheorie**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** unregelmäßig

Veranstaltungen in dem Modul: Approximationstheorie als Modul 9c oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt: Aproximationsprobleme, Lösung linearer Approximationsprobleme im Hilbert-Raum. Im Zentrum der Lehrveranstaltung steht die Cebysev-Approximation durch Polynome, d.h. die Approximation stetiger Funktionen durch Polynome gemessen in der Maximumsnorm. Zunächst werden Existenz- und Eindeutigkeitssätze hergeleitet und die zentralen Konzepte eines Haarsystems und einer Alternante eingeführt. Zusammenhang mit der Polynom-Interpolation. Dieser führt auf den Remez-Algorithmus, der die praktische Berechnung der besten Approximation erlaubt. Anschließend wird die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der Differenzierbarkeit der zu approximierenden Funktion und der Güte der besten Approximation behandelt. Zentrale Aspekte sind hier der Stetigkeitsmodul und die Jackson- und Bernstein-Sätze. Zum Abschluss wird an Hand der sogenannten Haar-Wavelets ein Einblick in neuere Ergebnisse der nichtlinearen Approximationstheorie gegeben. Diese Ergebnisse sind von fundamentaler Bedeutung z.B. bei der Bildverarbeitung, der Datenkompression und der Lösung partieller Differentialgleichungen.

Lernziele: Die Studierenden sollen einige wichtige Approximationsprobleme und Algorithmen zu ihrer Lösung kennen lernen und anwenden können. Ebenso sollen sie die Güte einer Approximation beurteilen und einen Zusammenhang mit der Glattheit (Differenzierbarkeit) der zu approximierenden Funktion herstellen können.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderliche Vorkenntnisse: Vorlesungen Analysis I und II, Lineare Algebra I und II, Einführung in die Numerische Mathematik

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer Fächer

Autor: Verfürth

Modul 9 c **Modul 10 Bachelor** **Modul MA 1 - 3 Master**		**Statistik**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesungen mit Übungen		
Anzahl der CP: 9 bzw. 21	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** Je 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** Jährlich, im SS

Veranstaltungen in dem Modul: Statistik als Modul 9c oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Statistik : Einführung in die Grundbegriffe der schließenden Statistik: klassische Prinzipien der Entscheidungstheorie, Schätzen, Reduktion durch Suffizienz und Vollständigkeit, Konfidenzbereiche und statistische Test. Inbesondere: gleichmäßig beste Schätzer, Cramer-Rao-Ungleichung, Exponentialfamilien, Neyman-Pearson-Lemma und optimale Tests, Maximum-Likelihood-Schätzer, Likelihood-Quotienten-Tests, Kontingenztafeln, lineare Regression und Varianzanalyse.

Lernziele: Kennenlernen der Grundprinzipien der mathematischen Statistik; Kenntnisse der grundlegenden Begriffsbildungen und Reduktionsprinzipien der mathematischen Statistik; Anwendung dieser Kenntnisse. In den Übungen sollen darüber hinaus statistische Verfahren selbstständig erarbeitet und angewendet werden.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Mathematische Statistik

Nützliche Literatur:
Rohatgi, V. K., Ehsanes S. An introduction to probability and statistics. N.Y., Wiley, 2001.
Bickel, P. J., Doksum, K.A. : Mathematical statistics : basic ideas and selected topics. San Francisco, Holden-Day, 1977.
Pruscha, H.. Angewandte Methoden der mathematischen Statistik : lineare, loglineare, logistische Modelle. Stuttgart, Teubner, 1996..
Pruscha, H. Vorlesungen über mathematische Statistik. Stuttgart, Teubner, 2000.

Besonderheiten: Zum Verständnis insbesondere der Anwendungen der entwickelten Verfahren ist es sehr zu empfehlen, im Anschluss an dem Modul Statistisches Praktikum teilzunehmen.

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und/oder Tests sowie Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: 2-Fach B.A. Mathematik, M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer Fächer

Autor: Dette

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 9 c
Modul 10 Bachelor
Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Stochastische Prozesse I</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
unregelmäßig</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Stochastische Prozesse I als Modul 9c oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit
Inhalt des Moduls: Markov´sche Ketten, Rekurrenz, Periodizität, invariante Verteilung, positive Rekurrenz, Blackwell´scher Erneuerungssatz, Anwendungsbeispiele; Markovsche Ketten in stetiger Zeit, Chapman-Kolmogorov Gleichungen, Markov´sche Halbgruppe, infinitesimaler Erzeuger, Geburts- und Todesprozesse, Kolmogorov´sche Vorwärts- und Rückwärtsgleichungen; Erneuerungsprozesse.

Lernziele: vertieftes Verständnis von wichtigen Techniken der Stochastik; Kenntnisse der klassischen Anwendungen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Anfängervorlesungen sowie Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik

nützliche Literatur:
Karlin, Taylor: A First Course in Stochastic Processes, Academic Press
Karlin, Taylor: A Second Course in Stochastic Processes, Academic Press
Grimmett, Stirzaker: Probability and Random Processes Oxford University Press</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündlichen Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Studiengänge</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor: Dehling</td></tr>
</table>

Modul 9a, 9b Modul 10 Bachelor Modul MA 1 - 3 Master		**Differentialgeometrie I**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 21	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** Jährlich im WS

Veranstaltungen in dem Modul: Differentialgeometrie als Modul 9a,b oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: Differenzierbare Mannigfaltigkeiten, Tangentialbündel und Vektorfelder, Riemannsche Metrik, kovariante Ableitung, Levi-Civita-Zusammenhang, Riemannsche Mannigfaltigkeiten und Gruppenoperationen, Geodätische, Exponentialabbildung, Satz von Hopf-Rinow, Krümmungstensor, Geodätische und Variationsformeln, die Sätze von Bonnet-Myers und Synge, Jacobifeder, konjugierte Punkte

Lernziele: Ein wichtiges Lernziel besteht darin, die Studierenden mit den geometrischen und analytischen Methoden zur Unterstützung differenzierbarer Mannigfaltigkeiten vertraut zu machen. Zunächst sollen fundamentale Begriffe erlernt und anhand vielfältiger Beispiele studiert werden. Im weiteren Teil der Veranstaltung sollen die Studierenden an globale Fragestellungen herangeführt werden. Außerdem sollen sie anhand von wichtigen Sätzen den Einfluss der Krümmung auf die globale Gestalt der Mannigfaltigkeiten kennen und verstehen lernen.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Erforderlich: Analysis I, II, III und Lineare Algebra und Geometrie I, II,

Nützliche Vorkenntnisse: Als Einführung zu dieser Vorlesungsreihe ist die einsemestrige Vorlesung über Kurven und Flächen zu empfehlen. Für die globalen Fragestellungen sind Grundkonzepte aus der algebraischen Topologie (Fundamentalgruppe, Überlagerung) hilfreich, die allerdings auch in dieser Vorlesung kurz zusammengestellt werden. Elementare Grundkenntnisse aus der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen sind ebenfalls nützlich.

Nützliche Literatur:
Gallot, Hulin, Lafontaine: Riemmannian Geometry
Do Carmo: Riemannian Geometry
Gromoll; Klingenberg, Meyer: Riemannsche Geometrie im Grossen
Sakai: Riemannian Geometry

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und mündlichen Prüfungen oder Klausuren (siehe Prüfungsordnung).
Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: M.Ed. Mathematik sowie Wahlbereich anderer Studiengänge

Autor/in: Knieper

Modul 9b Bachelor Modul 10 Bachelor Modul MA 1 - 3 Master		**Differentialtopologie**		
		Veranstaltungstyp: **Vorlesung mit Seminar**		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** 4 SWS Vorlesung 2 SWS Seminar	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** unregelmäßig

Veranstaltungen in dem Modul: Differentialtopologie als Modul 9b oder MA 1-3 mit Seminar, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls: In der Differentialtopologie werden Mannigfaltigkeiten von einem globalen Standpunkt untersucht. Typische Fragen, die Mannigfaltigkeiten als Ganzes betreffen, sind: Kann eine Mannigfaltigkeit in eine andere eingebettet werden? Sind zwei Mannigfaltigkeiten homöomorph oder sogar diffeomorph zueinander? Welche topologischen Invarianten gibt es? In dem Modul werden solche Fragen verfolgt und Werkzeuge zur Beantwortung erarbeitet. Mögliche Themen sind: Transversalität, Abbildungsgrad, Vektorfelder, Morse Theorie und Kobordismus.

Seminar: Begleitend zur Vorlesung wird ein 2-stündiges Seminar angeboten, in dem Themen aus diesem Gebiet vertiefend behandelt werden. Mögliche Themen sind: K-Theorie, h-Kobordismen, 3-Mannigfaltigkeiten

Lernziele: Verständnis der Grundfragen der Differentialtopologie; sicherer Umgang mit Techniken zur Klassifikation; vertieftes Verständnis der topologischen Konzepte. Vorlesung und Seminar können auf eine Bachelorarbeit hinführen, die eine vertiefte Ausarbeitung des jeweiligen Seminarvortrags darstellen soll.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse: Grundvorlesungen Analysis und Lineare Algebra

Nützliche Vorkenntnisse: Topologie**,** Elementare Kommutative Algebra

Nützliche Literatur: *Bott/Tu:* Differential Forms in Algebraic Topology

Besonderheiten:

Prüfungsmodalitäten : Die Prüfung in Modul 10 erfolgt durch den Seminarvortrag ansonsten durch eine mündliche Prüfung (siehe Prüfungsordnung).

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer

Autor: Laures

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 9c Bachelor
Modul 10 Bachelor
Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Effiziente Algorithmen</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: s.u.</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
Je 4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
jährlich</td></tr>
<tr><td colspan="5">
Veranstaltungen in dem Modul: Effiziente Algorithmen als Modul 9c oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls:
Die Vorlesung über Effiziente Algorithmen vertieft die Kenntnisse, die in der Vorlesung über Datenstrukturen erworben wurden. Das Thema der Graphalgorithmen wird vertieft durch die Berechnung zweifacher Zusammenhangskomponenten (als weitere Anwendung von DFS) und durch den Nachweis einer engen Verwandtschaft zwischen drei Berechnungsproblemen: Kürzeste Pfade, Transitiver Abschluss und Matrizenmultiplikation. Das Thema der Datenstrukturen zu grundlegenden Mengenoperationen wird vertieft durch eine verbesserte Zeitanalyse zur UNION-FIND Datenstruktur und durch die Diskussion neuer Datenstrukturen (wie zum Beispiel Mergeable Heap und Concatenable Queue). Danach werden Kürzeste Pfade Probleme auch für den allgemeinen Fall ganzzahliger Kantenkosten behandelt. Ein gewichtiger Abschnitt der Vorlesung beschäftigt sich anschließend mit Flussproblemen in Transportnetzwerken und sogenannten Zuordnungs- oder Matchingproblemen. Schließlich wird kurz auf das String-Matching Problem und auf die effiziente Implementierung von Operationen auf Matrizen eingegangen.

Lernziele: Aufbau von Kenntnissen eines Vorrats an grundlegenden Datenstrukturen und effizienten Algorithmen sicherer Umgang mit Analysetechniken, insbesondere Korrektheitsbeweisen und Laufzeitanalyse.
</td></tr>
<tr><td colspan="5">
Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Kenntnisse aus den Eingangsmodulen Analysis I,II und Lineare Algebra und Analytische Geometrie I,II sowie Hauptvorlesung über Datenstrukturen

Nützliche Literatur:
Zu Anfang der Vorlesung wird ein Skriptum zum Kauf angeboten werden. Hinweise für weiterführende Literatur ergeben sich im Laufe der Veranstaltung.

Besonderheiten: Die Lehrveranstaltung kann sowohl in das Gebiet der angewandten als auch in das Gebiet der theoretischen Informatik eingeordnet werden.
</td></tr>
<tr><td colspan="5">
Prüfungsmodalitäten: Studienbegleitend durch Übungen und mündlichen Prüfungen oder Klausuren (siehe Prüfungsordnung).
Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer, Angewandte Informatik
</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor: Simon</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 10 Bachelor
Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Algebraische Topologie</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Seminar</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Seminar</td><td>Modus:
Wahlpflicht -modul</td><td>Turnus:
unregelmäßig</td></tr>
</table>

Veranstaltungen in dem Modul: Algebraische Topologie als Modul MA 1-3 mit Seminar, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt der Vorlesung: In dem das Modul werden die grundlegenden Werkzeuge der Algebraischen Topologie vorgestellt und auf topologische Probleme angewendet. Studierende sollen mit dem Konzept der Homotopie vertraut gemacht werden und in die Techniken der Homologietheorien eingeführt werden. Mögliche Themen sind: Die Mayer-Vietoris Eigenschaft, universelle Koeffizienten, Künnethformeln, Produktstrukturen und Poincare-Dualität und auch elementare Homotopietheorie wie die Homotopiesequenz einer Faserung und Hurewicz Sätze.

Seminar: Begleitend mit der Vorlesung wird ein 2-stündiges Seminar angeboten, in dem Themen aus diesem Gebiet vertiefend behandelt werden. Mögliche Themen sind: Rationale Homotopietheorie, Knotentheorie, K-Theorie, Steenrodoperationen, Spektralsequenzen, Bordismen und Formale Gruppen

Lernziele: Kenntnis der grundlegenden Konzepte der algebraischen Topologie; Verständnis des Zusammenhangs zwischen geometrischen und algebraischen Objekten; Fähigkeit, die erlernten Techniken in konkreten Situationen anzuwenden;
Vorlesung und Seminar sollen auf eine Bachelorarbeit hinführen, die eine vertiefte Ausarbeitung des jeweiligen Seminarvortrags darstellen soll.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse: Grundvorlesungen Analysis und Lineare Algebra, Vorlesung über Topologie

Nützliche Vorkenntnisse: Elementare Kommutative Algebra

nützliche Literatur: *Allen Hatcher*: Algebraic Topology,
Glen Bredon: Topology and Geometry und viele weitere

Besonderheiten:

Prüfungsmodalitäten: Studienbegleitend durch Übungen und mündliche Prüfung (siehe Prüfungsordnung)
Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Studiengänge

Autor: Laures

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 10 Bachelor
Modul 1-3 Master</td><td colspan="3">Komplexitätstheorie</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: s.u.</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
Je 4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
unregelmäßig</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Komplexitätstheorie als Modul MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt des Moduls:
Komplexitätsklassen P und NP, NP-vollständige Probleme, Theorie der NP-Vollständigkeit, polynomielle Hierarchie von Stockmeyer, probabilistische Komplexitätsklassen, interaktive Beweissysteme, Zero Knowledge, Probabilistically Checkable Proofs, Beziehungen zur Kryptographie und zur Analyse harter Optimierungsprobleme

Lernziele: Verständnis der grundlegenden Probleme der Komplexitätstheorie; Wissen um die klassischen Anwendungen dieser Theorie.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse: Komplexitätstheorie ist ein Gebiet der Theoretischen Informatik. Es werden keine besonderen Vorkenntnisse erwartet.

Nützliche Literatur:
Garey and Johnson, Computers and Intractabiltiy (A Guide to the Theorie of NP-Completeness), Freeman and Company, 1979, ISBN 0-7167-1045-5.
Die Behandlung der weiteren Themen orientiert sich an den Lecture Notes von Oded Godreich: http:// www. wisdom.weizmann.ac.il/~oded/cc.html</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten: Studienbegleitend durch Übungen und mündlichen Prüfungen oder Klausuren (siehe Prüfungsordnung).
Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor: Simon</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul 9c Bachelor
Modul 10 Bachelor
Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Numerische Behandlung von Differentialgleichungen I</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
jährlich im WS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Numerische Behandlung von Differentialgleichungen I als Modul 9c oder MA 1-3 mit Übungen, oder als Modul 10 mit Seminar und Bachelorarbeit

Inhalt: Numerische Verfahren zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen, Existenz-, Eindeutigkeits- und Regularitätssätze für gewöhnliche Anfangswertprobleme, Einschrittverfahren (Eulerverfahren, Trapezregel und Runge-Kutta Verfahren), lokale und globale Verfahrensfehler, Ordnung, Stabilität und praktische Durchführung dieser Verfahren, lineare Mehrschrittverfahren, Fehlerordnungen, Stabilitätsverhalten und praktische Durchführung der Verfahren, Randwertprobleme: Schießverfahren, Mehrzielmethode und Variationsmethoden für Sturm-Liouville Probleme, einfache Differenzenverfahren zur Lösung partieller Differentialgleichungen, Haupttypen partieller Differentialgleichungen und ihre wesentlichen Eigenschaften, Lösung von charakteristischen Modellproblemen (Poisson-Gleichung, Wärmeleitungsgleichung, Wellengleichung) durch Differenzenverfahren, Fehlerabschätzungen, effiziente numerische Lösung der auftretenden großen, dünn besetzten linearen Gleichungssysteme.

Lernziele: Verständnis der Grundlagen der numerischen Behandlung von Differentialgleichungen; Fähigkeit, bei konkreten Aufgabenstellungen relevante Eigenschaften zu erkennen und geeignete Algorithmen der numerischen Mathematik auszuwählen; praktische Erfahrung unter anderem durch die Arbeit mit einem Demonstrationsapplet, das auf der Homepage des Lehrstuhls zur Verfügung steht.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Erforderliche Vorkenntnisse: Vorlesungen Analysis I und II, Lineare Algebra I und II, Einführung in die Numerische Mathematik
Empfohlene Vorkenntnisse: Kenntnisse einer höheren Programmiersprache (z.B. Pascal, C, C++, Java) wie sie in dem Kurs Einführung in die Programmierung vermittelt werden.
nützliche Literatur: z.B. P. Deuflhard, F. Bornemann : Numerische Mathematik II
auf der Homepage des Lehrstuhls steht ein Skript zu dieser Vorlesung im pdf-Format zur Verfügung</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen nach der Vorlesung (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: M.Ed. Mathematik, Wahlbereich anderer Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Verfürth</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Wahrscheinlichkeitstheorie II</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung, 2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
2 Jahre</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Wahscheinlichkeitstheorie mit Übungen

Inhalte des Moduls:
Behandelt werden stochastische Prozesse, Martingale, mehrdimensionaler Zentraler Grenzwertsatz und Anwendungen, Invarianzprinzip von Donsker, Verzweigungsprozesse, Ergodentheorie.

Lernziele: vertiefte Kenntnisse im Gebiet der Wahrscheinlichkeitstheorie und ihrer Anwendungen.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Wahrscheinlichkeitstheorie I

Erforderlich:
Literatur: wird in der Vorlesung bekanntgegeben</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen nach der Vorlesung (siehe Prüfungsordnung)</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor: Dehling</td></tr>
</table>

Modul MA 1 – 3 Master		**Differentialgeometrie II**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** Je 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** jährlich im WS

Veranstaltungen in dem Modul: Differentialgeometrie II mit Übungen

Inhalt des Moduls:
Der Satz von Hadamard-Cartan, Klassifikation von Raumformen, Geometrie von Untermannigfaltigkeiten, Schnittort, Vergleichssätze, Sphärensatz, Hadamard-Mannigfaltigkeiten, Fundamentalgruppen von Mannigfaltigkeiten negativer Krümmung, Geodätische Flüsse

Lernziele: In dieser Veranstaltung sollen die Studierenden an globale Fragestellungen der Differentialgeometrie herangeführt werden. Außerdem sollen sie anhand von wichtigen Sätzen den Einfluss der Krümmung auf die globale Gestalt der Mannigfaltigkeiten kennen und verstehen lernen.

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II ,
Differentialgeometrie I.

Nützliche Vorkenntnisse: Als Einführung zu dieser Vorlesungsreihe ist die einsemestrige Vorlesung über Kurven und Flächen zu empfehlen. Für die globalen Fragestellungen sind Grundkonzepte aus der algebraischen Topologie (Fundamentalgruppe, Überlagerung) hilfreich, die allerdings auch in dieser Vorlesungsreihe kurz zusammengestellt werden. Elementare Grundkenntnisse aus der Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen sind ebenfalls nützlich.

Nützlich Literatur: z. B. *Gallot, Hulin, Lafontaine*: Riemmannian Geometry
Do Carmo: Riemannian Geometry
Gromoll; Klingenberg, Meyer: Riemannsche Geometrie im Grossen
Sakai: Riemannian Geometry

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen nach der Vorlesung (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer

Autor: Knieper

<table>
<tr><td colspan="2">Modul MA 1-3 Master</td><td colspan="3">Kryptanalyse</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
jährlich</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Kryptanalyse mit Übungen

Inhalt des Moduls: Brute Force und Geburtstagsangriffe, Time-Memory Tradeoffs, Seitenkanalangriffe, Gittertheorie und der LLL-Algorithmus, Gitterbasierte Angriffe auf RSA, Hidden Number Problem und Angriffe auf DSA, Faktorisieren mit Faktorbasen, Diskreter Logarithmus, Index-Calculus, Pollards p-1 Methode, Faktorisieren mit Elliptischen Kurven, Pohlig-Hellman Algorithmus, Lösen von polynomiellen Gleichungssystemen mit Gröbnerbasen, Hilbert Basissatz und Buchberger Algorithmus

Lernziele: Kennenlernen moderner Methoden der Kryptanalyse; Verständnis der zugrundeliegenden mathematischen Theorien; Überblick über Angriffsmöglichkeiten; sicherer Umgang mit Anwendung der Methoden</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra

Nützliche Vorkenntnisse: Einführung in die Algebra, Einführung in die Zahlentheorie.

nützliche Literatur: wird in der Vorlesung bekannt gegeben

Besonderheiten:</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen nach der Vorlesung (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich andere Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor: May</td></tr>
</table>

Modul MA 1 – 3 Master	Partielle Differentialgleichungen			
	Veranstaltungstyp: Vorlesungen mit Übungen			
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** Je 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht -modul	**Turnus:** Alle 1 – 2 Jahre

Veranstaltungen in dem Modul: Partielle Differentialgleichungen mit Übungen

Inhalt des Moduls: Poisson Gleichung: Harmonische Funktionen, Mittelwerteigenschaft, Maximumprinzip, Harnack-Ungleichung, Greensche Funktion, Perronsche Methode, Randwertaufgaben
Wärmeleitungsgleichung: Fundamentallösung, Maximumprinzip, Anfangsrandwertprobleme
Wellengleichung: Die Methode von d'Alembert, Mittelwertmethode, Energieerhaltung, Anfangswertprobleme
Einführende Beispiele in die Theorie nichtlinearer Gleichungen
Lernziele: Kenntnis zentralen Fragestellungen und klassischer Beispiele aus der Theorie partieller Differentialgleichungen; sicherer Umgang mit mathematischen Konzepten und analytischen Lösungsmethoden; Kenntnis über Eigenschaften der Lösungen verschiedener Differentialgleichung; Fähigkeit zur exakten mathematischen Formulierung von Problemen über partielle Differentialgleichungen;

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II, III und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Nützliche Vorkenntnisse: Gewöhnliche Differentialgleichungen, Funktionalanalysis

nützliche Literatur:
Lawrence Evans: Partial Differential Equations
Jürgen Jost: Partielle Differentialgleichungen

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen nach der Vorlesung (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer

Autor: Abresch

Modul MA 1 - 3 Master		Homologische Algebra		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** Je 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** unregelmäßig

Veranstaltungen in dem Modul: Homologische Algebra mit Übungen

Inhalt des Moduls:
Komplexe und Kohomologie – Standardkomplexe – Sprache der Kategorien – Zyklische Homologie – Abgeleitete Funktoren – triangulierte Kategorien –
Projektive und injektive Moduln – Summen und Produkte von Moduln – Kettenkomplexe –Duale Moduln – freie Auflösungen – Kategorien und Funktoren – natürliche Transformationen – adjungierte Funktoren – abelsche Kategorien – Ext–Funktor-Tensorprodukt von Moduln – Tor–Funktor – abgeleitete Funktoren – lange exakte Kohomologiesequenze – höhere Ext-und Tormodulen – Künnethformel – Spektralsequenzen – Koszhlkomplexe – Kohomologie von Gruppen und Lie-Algebra

Lernziele: Kenntnis der zentralen Grundbegriffe und Grundkonstruktionen der homologischen Algebra; sicherer Umgang mit Techniken zur Bestimmung der Homologien sowie der Kohomologien

Literatur*:* *Gelfan* , *Manin*: Homotopical Algebra, Encycl. of Math. Sciences, Vol. 38
Hilton, Stammbach: A Course in Homological Algebra, Springer 1971
Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II und Lineare Algebra und Geometrie I, II und Algebra

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen nach der Vorlesung (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer

Autor: Röhrle/Flenner

Modul MA 1-3 Master		**Algebraische Gruppen**		
		Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen		
Anzahl der CP: 9	**Student workload:** 270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)	**Anzahl der SWS:** Je 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen	**Modus:** Wahlpflicht-modul	**Turnus:** 2 - 3 Jahre

Veranstaltungen in dem Modul: Algebraische Gruppen mit Übungen

Inhalt des Moduls:
Affine und projektive Varitäten - Zariski–Topologie – Fahnenmannigfaltigkeiten – lokale Ringe – Morphismen – Dimensionen – endliche Morphismen – Tangentialräume – Klassische lineare Gruppen – Lie-Algebra einer Gruppe – Untergruppen und Lie-Unteralgebren - adjungierte Darstellung – Homogene Räume – halbeinfache Gruppen – Jordan–Chevalley– Zerlegung – auflösbare und nilpotente Gruppen – Borel-Untergruppen - Wurzelsysteme – Bruhat–Zerlegung - Klassifikation halbeinfacher Gruppen – Dynkin-Diagramme – Hopfalgebren

Lernziele: Kenntnis grundlegender Verfahren der algebraischen Geometrie; Verständnis für das Wechselspiel zwischen geometrischen und algebraischen Vorgehensweisen (etwa zwischen Gruppen und Lie-Algebren)

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse

Erforderlich: Analysis I, II, III und Lineare Algebra und Geometrie I, II

Literatur: *Humphreys; J:* Linear Algebraic Groups
Chevalley, C.: Theory of Lie Groups

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer

Autor: Röhrle

<table>
<tr><td colspan="2">Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Finite Volumen Verfahren für hyperbolische Erhaltungsgleichungen</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
4 SWS Vorlesung
2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflichtmodul</td><td>Turnus:
alle 2 Jahre</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Finite Volumen Verfahren für hyperbolische Erhaltungsgleichungen mit Übungen

Inhalt: Hyperbolische Erhaltungsgleichungen, Anwendungen, Unstetigkeiten (Stöße), Entropiebedingung, Lösung von Riemann-Problemen, Flussberechnung, Finite-Volumen-Verfahren. Dies erfordert spezielle Techniken sowohl bei der analytischen als auch bei der numerischen Behandlung.

Lernziele: sicherer Umgang mit zentralen Konzepten und Techniken zur analytischen und numerischen Behandlung; Verständnis der spezifischen Schwierigkeiten bei der Lösung hyperbolischer Differentialgleichungen; Fähigkeit zur praktischen Implementierung der erlernten Verfahren</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse:
Erforderliche Vorkenntnisse: Numerische Behandlung von Differentialgleichungen 1

Empfohlene Vorkenntnisse: Programmierkenntnisse (z.B. mit Matlab)

nützliche Literatur: z.B. R.J.LeVeque, Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems, Cambridge University Press, 2002.
D.Kröner, Numerical schemes for conservation laws. Wiley-Teubner 1997</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Helzel</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul MA 1 – 3 Master</td><td colspan="3">Transformationsgruppen</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload:
270h (90h Präsenz + 180h Selbststudium)</td><td>Anzahl der SWS:
Je 4 SWS Vorlesung 2 SWS Übungen</td><td>Modus:
Wahlpflicht-modul</td><td>Turnus:
unregelmäßig</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Transformationsgruppen mit Übungen

Inhalt des Moduls:
Liegruppen und ihre Untergruppen, Homogene und fasthomogene Räume, äquivariante Abbildungen und Faserungen, symmetrische Räume, eigentliche Wirkungen, Quotienten.

Lernziele: Die Studierenden sollen mit den Transformationsgruppen in der Geometrie (insbes. Mannigfaltigkeiten), sowie den damit zusammenhängenden Methoden und Konstruktionen vertraut gemacht werden.</td></tr>
<tr><td colspan="5">Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Erforderlich: Analysis I, II, III und Lineare Algebra und Geometrie I, II ,

Nützliche Vorkenntnisse: Vorkenntnisse in Differentialgeometrie und/oder Algebraische Gruppen könnten nützlich sein.

Nützlich Literatur: z. B. Onishchik-Vinberg: Lie groups.

Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Winkelmann/Heinzner</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Modul MA 1 - 3 Master</td><td colspan="3">Komplexe Geometrie</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3">Veranstaltungstyp: Vorlesung mit Übungen</td></tr>
<tr><td>Anzahl der CP: 9</td><td>Student workload: 270</td><td>Anzahl der SWS: 4 SWS Vorlesung, 2 SWS Übungen</td><td>Modus: Wahlpflicht</td><td>Turnus: 2-3 Jahre</td></tr>
<tr><td colspan="5">Veranstaltungen in dem Modul: Komplexe Geometrie mit Übungen

Inhalt des Moduls:
Komplexe Mannigfaltigkeiten, Kohärente Garben, plurisubharmonische Funktionen, Steinsche Räume, Theorie kompakter Mannigfaltigkeiten, holomorphe Abbildungen, Divisoren.

Lernziele: Vertiefung der Kenntnisse im Gebiet der komplexen Geometrie und deren Anwendungen; sicherer Umgang mit Techniken der komplexen Geometrie

Teilnahmevoraussetzungen und Vorkenntnisse
Analysis I-III, Funktionentheorie

Erforderlich:

Literatur: z.B. Grauert-Remmert: Steinsche Räume</td></tr>
<tr><td colspan="5">Prüfungsmodalitäten : Studienbegleitend durch Übungen und Klausuren oder mündliche Prüfungen (siehe Prüfungsordnung)

Verwendbarkeit in anderen Studiengängen: Wahlbereich anderer Fächer</td></tr>
<tr><td colspan="5">Autor/in: Winkelmann</td></tr>
</table>