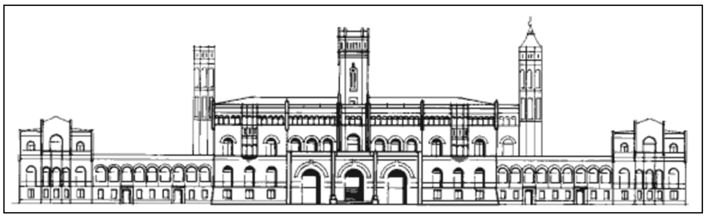
Bachelorstudiengang Mathematik
Masterstudiengang Mathematik

Modulkatalog

Stand 12.02.2020

Fakultät für Mathematik und Physik
der Leibniz Universität Hannover



Kontakt

Studiendekanat der Fakultät für Mathematik und Physik
Appelstr. 11 A
30167 Hannover
Tel.: 0511/ 762-4466
studiensekretariat@maphy.uni-hannover.de

Studiendekan

Prof. Dr. Christoph Walker
Welfengarten 1
30167 Hannover
studienprodekan@maphy.uni-hannover.de

Studiengangskoordination

Dipl. Ing. Axel Köhler
Dr. Katrin Radatz
Appelstr. 11 A
30167 Hannover
Tel.: 0511/ 762-5450
sgk@maphy.uni-hannover.de

Vorbemerkung

Der Modulkatalog Mathematik besteht aus zwei Teilen, den Modulbeschreibungen und dem Anhang mit den Vorlesungsbeschreibungen. Da in den Wahlmodulen verschiedene Vorlesungen gewählt werden können, werden diese im Anhang ausführlicher beschrieben. So sind in solchen Fällen die Angaben zu den Inhalten und der Häufigkeit des Angebots bei den Vorlesungen und nicht bei den Modulen zu finden.

Bitte beachten Sie, dass es sich hier um eine Zusammenstellung der Vorlesungen der Mathematik handelt, die regelmäßig angeboten werden. Insbesondere können weitere Vorlesungen im Vorlesungsverzeichnis den Wahlpflichtmodulen und den Wahlmodulen zugeordnet werden.

Der Modulkatalog sollte auch als Ergänzung zur Prüfungsordnung verstanden werden. Die aktuelle Version unserer Prüfungsordnung finden Sie unter

https://www.maphy.uni-hannover.de/de/studium/studierende/mathematik/

Inhaltsverzeichnis

Studienverlaufsplan

	1. Semester	2. Semester	3. Semester	4. Semester	5. Semester	6. Semester	LP
Grundlagen	Analysis I 10 LP, SL, PL	Analysis II 10 LP, SL, PL	(Analysis III 10 LP, SL, PL)	Stochastik I 10 LP, SL, PL	Analysis III 10 LP, SL, PL		
	Lineare Algebra I 10 LP, SL, PL	Lineare Algebra II 10 LP, SL, PL	Algebra I 10 LP, SL, PL				
		Algorith-misches Program-mieren 4 LP, PL	Numerische Mathematik I 10 LP, SL, PL				84
Schlüssel-kompetenzen	Seminar 5 LP, SL						5
Proseminar			Proseminar 5 LP, PL				5
Wahl-bereich				Vorlesungen im Umfang von 40 LP, 4xSL, 4xPL			40
Informatik	Grundlagen der theoretischen Informatik 5 LP, SL, PL (auch 3. Sem.)				Datenstrukturen und Algorithmen 5 LP, SL, PL (auch 3. Sem.)		10
Anwen-dungsfach	Anwendungsfächer sind: Betriebswirtschaftslehre, Geodäsie und Geoinformatik, Informatik, Philosophie, Physik und Volkswirtschaftslehre. Andere Fächer sind auf Antrag möglich. 18 LP						18
Seminar					Seminar 5 LP, PL		5
Bachelor arbeit						Bachelor-arbeit 13 LP	13
LP/ Prüfungs-leistungen	30/4	24/3	Je nach individueller Planung unterschiedlich				**180**

Module im Bachelor Mathematik

Pflichtmodule Bachelor

Analysis I			0201
Regelmäßigkeit	Wintersemester, jährlich		
Modulverantwortung	Elmar Schrohe, Institut für Analysis		
Art der Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Analysis I“ (4 SWS) Übung zu „Analysis I“ (2 SWS)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übung Prüfungsleistung: Klausur		
Notenzusammensetzung	Note der Klausur		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Kompetenz im Umgang mit mathematischer Sprache. Grundlegendes Verständnis für korrekte Lösung mathematischer Aufgaben mit Hilfe von eindimensionalen Konvergenzbetrachtungen, Differential- und Integralrechnung. Aufgrund der Übung sind die Studierenden vertraut mit mathematisch exakten Formulierungen und Schlussweisen in einfachen Kontexten und fähig, diese vorzutragen. Teamfähigkeit durch Bearbeitung von Aufgaben in Gruppen und deren Besprechung in der Übung.

Inhalte:
- Zahlbereiche, systematische Einführung reeller und komplexer Zahlen;
- Folgen und Reihen;
- Konvergenz und Stetigkeit;
- Differentialrechnung für Funktionen in einer Variablen;
- Integralrechnung für Funktionen in einer Variablen.
- Funktionenfolgen, Potenzreihen

Grundlegende Literatur:
- 🕮 H. Amann & J. Escher: *Analysis I*, Birkhäuser Verlag, 2002
- 🕮 O. Forster: *Analysis 1*, Vieweg+Teubner 2008
- 🕮 K. Königsberger: *Analysis 1*, Springer Verlag 2004

Empfohlene Vorkenntnisse:
Schulkenntnisse in Mathematik (gymnasiale Oberstufe)

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik
- Fächerübergreifender Bachelorstudiengang

Analysis II				0202
Regelmäßigkeit	Sommersemester, jährlich			
Modulverantwortung	Elmar Schrohe, Institut für Analysis			
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Analysis II“ (4 SWS) Übung zu „Analysis II“ (2 SWS)			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übung Prüfungsleistung: Klausur			
Notenzusammensetzung	Note der Klausur			
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90		**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Grundlegendes Verständnis für die korrekte Lösung mathematisch-naturwissenschaftlicher Aufgaben mit Hilfe mehrdimensionaler Konvergenzbetrachtungen, Differential- und Integralrechnung. Sichere Beherrschung der entsprechenden Methoden und der mathematischen Beweistechniken. Teamfähigkeit durch Bearbeitung von Aufgaben in Gruppen und deren Besprechung in der Übung.

Inhalte:

- Topologische Grundbegriffe wie metrische und normierte Räume, Konvergenz, Stetigkeit, Vollständigkeit, Kompaktheit;
- Differentiation von Funktionen in mehreren Variablen, totale und partielle Differenzierbarkeit, Satz über Umkehrfunktionen und implizite Funktionen, lokale Extrema mit und ohne Nebenbedingungen; Vektorfelder und Potentiale; Kurvenintegrale
- Mögliche Ergänzung: gewöhnliche Differentialgleichungen, Existenz, Eindeutigkeit, elementare Lösungsmethoden.

Grundlegende Literatur:

- 🕮 H. Amann & J. Escher: *Analysis II*, Birkhäuser Verlag, 1999
- 🕮 O. Forster: *Analysis 2*, Vieweg+Teubner, 2006
- 🕮 J. Jost: *Postmodern Analysis*, Springer Verlag 2005
- 🕮 K. Königsberger: *Analysis 2*, Springer Verlag 2004

Empfohlene Vorkenntnisse:

- „Lineare Algebra I"
- "Analysis I"

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Bachelorstudiengang Mathematik
- Fächerübergreifender Bachelorstudiengang

Fortgeschrittene analytische Methoden			0203
Regelmäßigkeit	Wintersemester, jährlich		
Modulverantwortung	Elmar Schrohe, Institut für Analysis		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Analysis III“ (4 SWS) Übung zu „Analysis III“ (2 SWS)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übung Prüfungsleistung: Klausur oder mündliche Prüfung		
Notenzusammensetzung	Note der Klausur oder der mündlichen Prüfung		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Vertieftes Verständnis für analytische Methoden, insbesondere in der Maß- und Integrationstheorie sowie der Vektoranalysis. Fähigkeit zur selbständigen Erarbeitung schwierigerer mathematischer Argumentationen zu Themen der Vorlesung und deren Präsentation in den Übungsgruppen.

Inhalte:

- Elemente der Lebesgueschen Maßtheorie
- mehrdimensionales Lebesguesches Integral mit wesentlichen Sätzen (monotone und dominierte Konvergenz, Satz von Fubini, Transformationssatz)
- Vektoranalysis;Integralsätze
- Mannigfaltigkeiten

Grundlegende Literatur:

- H. Amann & J. Escher: *Analysis III*
- W. M. Boothby: *An introduction to differentiable manifolds and Riemannian geometry*, Academic Press
- O. Forster: *Analysis 3*, Vieweg+Teubner, 2008
- J. Jost: *Postmodern Analysis*, Springer Verlag 2005

Empfohlene Vorkenntnisse:

- „Analysis I + II“

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Bachelorstudiengang Mathematik

Algebraische Methoden I					0101
Regelmäßigkeit	Wintersemester, jährlich				
Modulverantwortung	Klaus Hulek, Institut für Algebraische Geometrie				
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Lineare Algebra I“ (4 SWS) Übung zu „Lineare Algebra I“ (2 SWS)				
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Die Studienleistung ist im Rahmen der Übung zu „Lineare Algebra I“ zu erbringen. Prüfungsleistung: Klausur zu „Lineare Algebra I“				
Notenzusammensetzung	Note der Klausur				
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210	

Kompetenzziele:

Grundlegendes Verständnis für mathematische Denkweisen und ihre Anwendung auf verschiedene Probleme. Sicherer Umgang mit linearen Gleichungssystemen und den zugehörigen Lösungsmethoden und fundierte Kenntnisse der zugrundeliegenden algebraischen Strukturen. Ausdrucksfähigkeit in der Darstellung mathematischer Argumentationen und Kenntnis der dazu geeigneten Methoden.

Inhalte:
Lineare Algebra I:
- Grundlegende Eigenschaften von Vektorräumen (Basis und Dimension);
- lineare Abbildungen und Matrizen;
- Determinanten;
- lineare Gleichungssysteme mit Lösungsverfahren (Gauß-Algorithmus);
- Eigenwerte und Eigenvektoren;
- Diagonalisierung.

Grundlegende Literatur:
- G. Fischer: *Lineare Algebra*, Springer 2013

Empfohlene Vorkenntnisse:
- Schulkenntnisse in Mathematik (gymnasiale Oberstufe)

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik

Schlüsselkompetenzen: Einführendes Computerpraktikum	
Regelmäßigkeit	Wintersemester, jährlich
Modulverantwortung	Matthias Schütt, Institut für Algebraische Geometrie
Lehrveranstaltungen (SWS)	**Einführendes Computerpraktikum** (3 SWS)
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung nach Wahl des Dozenten
Notenzusammensetzung	

Leistungspunkte (ECTS):	5	**Präsenzstudium (h):**	60	**Selbststudium (h):**	90

Kompetenzziele:

Grundlegender Umgang mit vernetzten (Linux-/Unix-)Computersystemen; Befähigung zum sinnvollen und gezielten Einsatz von Computeralgebrasystemen als Hilfsmittel bei der Lösung von Problemstellungen aus der Analysis und der Linearen Algebra; insbesondere Auswahl der geeigneten Werkzeuge, Erkennen und Vermeiden von Fehlerquellen, Kennenlernen der Grenzen solcher Systeme, Einsatz von Visualisierung sowie Programmieren kleinerer eigener Prozeduren; Grundlagen der Darstellung von mathematischen Sachverhalten im Textsatzsystem LaTeX.

Inhalte:

- sicherer Umgang als Nutzer mit (Unix-)Rechnern im Multiuserbetrieb
- Grundlegende Funktionsweise und Verwendung eines Computeralgebrasystems inklusive erster Programmiererfahrungen
- Erstellen einfacher mathematischer Texte mit Formeln unter LaTeX
- exemplarische Anwendungen aus der Linearen Algebra (z.B. lineare Gleichungssysteme), aus der Analysis (z.B. Nullstellen, Funktionsgraphen) sowie im Zusammenhang mit Schulmathematik (etwa größter gemeinsamer Teiler);
  Ausblicke in Form kleiner Projekte: z.B. Lösungsmengen polynomialer Gleichungen in 1,2 und 3 Veränderlichen in Visualisierung, chinesischer Restsatz.

Grundlegende Literatur:

- T. Theobald, S. Iliman: *Einführung in die Computerorientierte Mathematik*, Springer Spektrum 2015

Empfohlene Vorkenntnisse:

- Lineare Algebra, Analysis auf Abiturniveau
- Erfahrungen im Umgang mit einem Computer im Umfang der Schulkenntnisse

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Bachelorstudiengang Mathematik

Algebraische Methoden II					0102
Regelmäßigkeit		Sommersemester, jährlich			
Modulverantwortung		Klaus Hulek, Institut für Algebraische Geometrie			
Lehrveranstaltungen (SWS)		Vorlesung „Lineare Algebra II" (4 SWS) Übung zu „Lineare Algebra II" (2 SWS)			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP		Die Studienleistung ist im Rahmen der Übung zu erbringen. Prüfungsleistung: Klausur			
Notenzusammensetzung		Note der Klausur			
Leistungspunkte (ECTS):	10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210

Kompetenzziele:

Erweiterte mathematische Methodenkompetenz in Bezug auf lineare Strukturen und vertieftes Verständnis für algebraische Methoden und ihre Bezüge zu geometrischen Fragestellungen. Ausdrucksfähigkeit in der Darstellung mathematischer Argumentationen. Kompetenz bei der Anwendung mathematischer Theorien.

Inhalte:
- euklidische und unitäre Vektorräume;
- Orthonormalisierungsverfahren;
- orthogonale und unitäre Endomorphismen;
- Quadriken;
- Jordansche Normalform;
- multilineare Algebra.

Grundlegende Literatur:

📖 G. Fischer: *Lineare Algebra*, Springer 2013

Empfohlene Vorkenntnisse:
- „Algebraische Methoden I"

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik

Fortgeschrittene algebraische Methoden			0103
Regelmäßigkeit	Wintersemester, jährlich		
Modulverantwortung	Christine Bessenrodt, Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Algebra I“ (4 SWS) Übung zu „Algebra I“ (2 SWS)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Die Studienleistung ist im Rahmen der Übung zu erbringen. Prüfungsleistung: Klausur oder mündliche Prüfung		
Notenzusammensetzung	Note der Klausur oder der mündlichen Prüfung		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Vertiefung des Verständnisses für algebraische Strukturen; Einsicht in Querbezüge in der Mathematik durch Anwendungen algebraischer Methoden im Bereich der elementaren Zahlentheorie und bei der Lösung klassischer geometrischer Konstruktionsprobleme. Fähigkeit zur selbständigen Erarbeitung schwierigerer mathematischer Argumentationen zu Themen der Vorlesung und deren Präsentation in den Übungsgruppen.

Inhalte:

- Arithmetik der ganzen Zahlen;
- Gruppen (Permutationsgruppen, Symmetriegruppen, Gruppenoperationen);
- Ringe (Ideale, Polynomringe, Teilbarkeit, euklidische Ringe, Primfaktorzerlegung);
- Arithmetik modulo n (Kongruenzen, prime Restklassengruppen);
- Körper (algebraische Körpererweiterungen, Konstruktionen mit Zirkel und Lineal, Kreisteilungskörper, endliche Körper).

Grundlegende Literatur:

- 🕮 G. Fischer: *Lehrbuch der Algebra*, Springer 2013
- 🕮 E. Kunz: *Algebra, Vieweg & Teubner 2013*
- 🕮 J. Wolfart: *Einführung in die Zahlentheorie und Algebra, Vieweg & Teubner 2011*

Empfohlene Vorkenntnisse:

- „Algebraische Methoden I + II“

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Bachelorstudiengang Mathematik

Praktische Verfahren der Mathematik			0301
Regelmäßigkeit	Wintersemester und Sommersemester, jährlich		
Modulverantwortung	Marc Steinbach, Institut für Angewandte Mathematik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Numerische Mathematik I" (4 SWS) Übung zu „Numerische Mathematik I" (2 SWS) Vorlesung „Algorithmisches Programmieren" (2SWS) Übung zu „Algorithmisches Programmieren" (1 SWS)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Die Übung zu „Numerische Mathematik I" Prüfungsleistung: Klausur zu „Numerische Mathematik I" und praktische Programmierprüfung zu „Algorithmisches Programmieren"		
Notenzusammensetzung	Gewichtetes Mittel der Note der Klausur (Gewicht 10) und der praktischen Programmierprüfung (Gewicht 4)		
Leistungspunkte (ECTS): 14	**Präsenzstudium (h):** 210	**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Numerische Mathematik I: Kenntnis numerischer Methoden zur näherungsweisen Lösung einfacher mathematischer Problemstellungen. Einschätzung der Eignung verschiedener Methoden. Erkennen der Anwendbarkeitsgrenzen numerischer Methoden.

Algorithmisches Programmieren: Befähigung zum Einsatz von Programmiersprachen bei der Modellierung und Behandlung von Problemstellungen aus verschiedenen Gebieten der Mathematik und ihrer Anwendungsbereiche.

Inhalte:
Numerische Mathematik I: Interpolation von Funktionen durch Polynome und Splines, Quadraturformeln zur numerischen Integration, direkte Verfahren für lineare Gleichungssysteme: LR- und Cholesky-Zerlegung, iterative Verfahren für lineare Gleichungssysteme: Jacobi-, Gauss-Seidel, Conjugierte Gradienten, Newton-Verfahren für nichtlineare Gleichungssysteme, Kondition mathematischer Problemstellungen und Stabilität numerischer Algorithmen.

Algorithmisches Programmieren:
Implementieren und Testen elementarer numerischer Algorithmen in einer höheren Programmiersprache.

Grundlegende Literatur:
- 🕮 A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: *Numerische Mathematik I und II*, Springer-Verlag.
- 🕮 Ch. Eck, H. Garcke, P. Knabner: *Mathematische Modellbildung*, Springer-Verlag.

Empfohlene Vorkenntnisse:
- „Lineare Algebra I und II" und „Analysis I und II"
- „Algorithmisches Programmieren"

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik

Stochastische Methoden					0401
Regelmäßigkeit	Sommersemester, jährlich				
Modulverantwortung	Stefan Weber, Institut für Mathematische Stochastik				
Lehrveranstaltungen (SWS)	Vorlesung „Mathematische Stochastik I" (4 SWS) Übung zu „Mathematische Stochastik I" (2 SWS)				
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Übung Prüfungsleistung: Klausur				
Notenzusammensetzung	Note der Klausur				
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210	

Kompetenzziele:

Wissen über Grundlagen der Kombinatorik, Wahrscheinlichkeitstheorie und statistischer Methoden. Verständnis der Modelle, Beherrschung elementarer stochastischer Denkweisen und Beweistechniken. Fähigkeit zur mathematischen Beschreibung und Analyse einfacher zufallsabhängiger Problemstellungen und zum Lösen einfacher Aufgaben mit Präsentation in der Übung

Inhalte:
Die Vorlesung Stochastik I bietet eine Einführung in die Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik.

Zu den Themen zählen:

- Grundbegriffe der Kombinatorik
- Axiomensystem der klassischen Wahrscheinlichkeitstheorie
- Bedingte Wahrscheinlichkeiten und Unabhängigkeit
- Zufallsvariablen und ihre Verteilungen
- Erwartungswert und Varianz
- Konvergenzbegriffe der Stochastik
- Grenzwertsätze für Summen von unabhängigen Zufallsvariablen
- Grundlagen der deskriptiven und beurteilenden Statistik

Grundlegende Literatur:

- 🕮 Georgii, H.: *Stochastik*, de Gruyter
- 🕮 Jacod, J. & Protter. P: *Probability Essentials*, Springer
- 🕮 Krengel, U.: *Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik, Vieweg & Teubner, 2005*

Empfohlene Vorkenntnisse:
- "Lineare Algebra I und II"
- "Analysis I und II"

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik
- Fächerübergreifender Bachelorstudiengang (Erstfach)
- Masterstudiengang Lehramt Gymnasium (Zweitfach)

Proseminar			0001
Regelmäßigkeit	Wintersemester und Sommersemester, jährlich		
Modulverantwortung	Studiendekanan/in		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Proseminar (2 SWS)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Seminarleistung mit schriftlicher Ausarbeitung		
Notenzusammensetzung	Note der Seminarleistung		
Leistungspunkte (ECTS): 5	**Präsenzstudium (h):** 30	**Selbststudium (h):** 120	

Kompetenzziele:

Schriftliche Darstellung eines konkreten mathematischen Themas, seines Umfeldes und gegebenenfalls seines historischen Hintergrundes. Mündliche Präsentation der Ergebnisse. Fähigkeit zur Diskussion mit anderen Teilnehmenden. Einsatz geeigneter Medien (Wandtafel, PC, Projektor) bei der Vorbereitung und Präsentation.

Inhalte:
Unterschiedlich, je nach Thematik der Proseminare.

Grundlegende Literatur:
- Unterschiedlich, je nach Thematik der Proseminare.

Empfohlene Vorkenntnisse:
Analytische und algebraische Methoden

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik

Wahlpflichtmodule Bachelor

Grundlagen Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik			0104
Modulverantwortung	Christine Bessenrodt, Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik		
Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung (4+2): **Algebra II** oder **Diskrete Mathematik** (siehe Anhang) Alternative Veranstaltungen können diesem Modul im Vorlesungsverzeichnis zugeordnet sein.		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	
Kompetenzziele: Je nach gewählter Lehrveranstaltung erweiterte Kenntnisse in einem Bereich der Algebra oder Grundlagenkenntnisse der Diskreten Mathematik, Verständnis für relationale und operationale Strukturen sowie deren algebraische Behandlung. Kenntnis grundlegender Funktionen der Kombinatorik, ihrer Methoden und Anwendungen. Sicheres Beherrschen mathematischer Denkweise und Argumentation. Studierende sind in der Lage konkrete Aufgaben unter Anwendung geeigneter Methoden zu lösen.			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:			
Verwendbarkeit: • Bachelorstudiengang Mathematik			

Grundlagen Bachelor Analysis			0204
Modulverantwortung	Wolfram Bauer, Institut für Analysis		
Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung (4+2): **Funktionentheorie** oder **Mannigfaltigkeiten** (siehe Anhang) Alternative Veranstaltungen können diesem Modul im Vorlesungsverzeichnis zugeordnet sein.		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	
Kompetenzziele: Erweiterte Aneignung analytischer Denkweisen je nach gewählter Lehrveranstaltung anhand von Themen der Funktionentheorie und Topologie. Sicheres Beherrschen mathematischer Denkweise und Argumentation. Studierende sind in der Lage konkrete Aufgaben unter Anwendung geeigneter Methoden zu lösen.			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:			
Verwendbarkeit: • Bachelorstudiengang Mathematik			

Grundlagen Bachelor Geometrie			0501
Modulverantwortung	Matthias Schütt, Institut für Algebraische Geometrie		
Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung (4+2): **Algebra II** oder **Mannigfaltigkeiten** (siehe Anhang) Alternative Veranstaltungen können diesem Modul im Vorlesungsverzeichnis zugeordnet sein.		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Verständnis für geometrische Konstruktionen, räumliche Strukturen und das Zusammenspiel von algebraischen, geometrischen, analytischen und topologischen Methoden.
Sicheres Beherrschen mathematischer Denkweise und Argumentation. Studierende sind in der Lage konkrete Aufgaben unter Anwendung geeigneter Methoden zu lösen.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik

Grundlagen Bachelor Numerik			0302
Modulverantwortung	Sven Beuchler, Institut für Angewandte Mathematik		
Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung (4+2): **Numerische Mathematik II** (siehe Anhang) Alternative Veranstaltungen können diesem Modul im Vorlesungsverzeichnis zugeordnet sein.		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Kenntnisse numerischer Methoden zur näherungsweisen Lösung anspruchsvollerer mathematischer Problemstellungen. Einschätzung der Eignung verschiedener Methoden je nach Gegebenheit und der Grenzen der Anwendbarkeit numerischer Methoden. Sicheres Beherrschen mathematischer Denkweise und Argumentation. Studierende sind in der Lage konkrete Aufgaben unter Anwendung geeigneter Methoden zu lösen.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik

Grundlagen Bachelor Stochastik				0402
Modulverantwortung	Stefan Weber, Institut für Mathematische Stochastik			
Lehrveranstaltungen	Vorlesung mit Übung (4+2): **Stochastik II** (siehe Anhang) Alternative Veranstaltungen können diesem Modul im Vorlesungsverzeichnis zugeordnet sein.			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur			
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90		**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Erweiterte Grundkenntnisse der Stochastik und ihrer Anwendungen; Sicheres Beherrschen mathematischer Denkweise und Argumentation. Studierende sind in der Lage konkrete Aufgaben unter Anwendung geeigneter Methoden zu lösen.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Bachelorstudiengang Mathematik

Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik				0105
Modulverantwortung	Ulrich Derenthal, Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik			
Lehrveranstaltungen	Vorlesungen nach Anhang, die diesem Modul zugeordnet sind. Im Vorlesungsverzeichnis können diesem Modul weitere Vorlesungen zugeordnet werden.			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung			
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90		**Selbststudium (h):** 210	

Kompetenzziele:

Vertieftes Verständnis für algebraische Denkweisen und Methoden, gute inhaltliche Kenntnisse in Teilbereichen der Algebra oder Zahlentheorie**.** Vertiefte Kenntnisse der Theorie relationaler und operationaler Strukturen und ihrer Anwendungen, z. B. im Bereich der Codierung, der angewandten Algebra oder der algebraischen Kombinatorik.
Die Studierenden haben die logische Struktur des Gebietes nachvollzogen, sind in der Lage die wichtigsten Aussagen herzuleiten und kennen die prominenten Beispiele. Studierende sind in der Lage, Probleme auf dem Gebiet zu analysieren, geeignete Lösungsmethoden zu identifizieren und anzuwenden. Sie sind fähig, das Vorgehen zu begründen und verständlich zu erklären.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Bachelorstudiengang Mathematik

Spezialisierung Bachelor Analysis					0205
Modulverantwortung		Wolfram Bauer, Institut für Analysis			
Lehrveranstaltungen		Vorlesungen nach Anhang, die diesem Modul zugeordnet sind. Im Vorlesungsverzeichnis können diesem Modul weitere Vorlesungen zugeordnet werden.			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP		Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung			
Leistungspunkte (ECTS):	10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210
Kompetenzziele: Vertieftes Verständnis für allgemeine analytische, topologische und funktionentheoretische Methoden, Kenntnis qualitativer Methoden zur Untersuchung und Lösung gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen. Die Studierenden haben die logische Struktur des Gebietes nachvollzogen, sind in der Lage die wichtigsten Aussagen herzuleiten und kennen die prominenten Beispiele. Studierende sind in der Lage Probleme auf dem Gebiet zu analysieren, geeignete Lösungsmethoden zu identifizieren und anzuwenden. Sie sind fähig, das Vorgehen zu begründen und verständlich zu erklären.					
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:					
Verwendbarkeit: • Bachelorstudiengang Mathematik					

Spezialisierung Bachelor Geometrie					0502
Modulverantwortung		Knut Smoczyk, Institut für Differentialgeometrie			
Lehrveranstaltungen		Vorlesungen nach Anhang, die diesem Modul zugeordnet sind. Im Vorlesungsverzeichnis können diesem Modul weitere Vorlesungen zugeordnet werden.			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP		Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung			
Leistungspunkte (ECTS):	10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210
Kompetenzziele: Vertiefte Kenntnisse der Zusammenhänge zwischen algebraischen, geometrischen, analytischen und topologischen Strukturen, Verbindung von räumlicher Anschauung mit axiomatischen Begriffsbildungen. Die Studierenden haben die logische Struktur des Gebietes nachvollzogen, sind in der Lage die wichtigsten Aussagen herzuleiten und kennen die prominenten Beispiele. Studierende sind in der Lage Probleme auf dem Gebiet zu analysieren, geeignete Lösungsmethoden zu identifizieren und anzuwenden. Sie sind fähig, das Vorgehen zu begründen und verständlich zu erklären.					
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:					
Verwendbarkeit: • Bachelorstudiengang Mathematik					

Spezialisierung Bachelor Numerik					0303
Modulverantwortung		Sven Beuchler, Institut für Angewandte Mathematik			
Lehrveranstaltungen		Vorlesungen nach Anhang, die diesem Modul zugeordnet sind. Im Vorlesungsverzeichnis können diesem Modul weitere Vorlesungen zugeordnet werden.			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP		Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung			
Leistungspunkte (ECTS):	10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210

Kompetenzziele:

Vertiefte Kenntnisse numerischer Methoden zur approximativen Lösung konkreter mathematischer Problemstellungen. Die Studierenden haben die logische Struktur des Gebietes nachvollzogen, sind in der Lage die wichtigsten Aussagen herzuleiten und kennen die prominenten Beispiele. Studierende sind in der Lage Probleme auf dem Gebiet zu analysieren, geeignete Lösungsmethoden zu identifizieren und anzuwenden. Sie sind fähig, das Vorgehen zu begründen und verständlich zu erklären.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Bachelorstudiengang Mathematik

Spezialisierung Bachelor Stochastik					0403
Modulverantwortung		Stefan Weber, Institut für Mathematische Stochastik			
Lehrveranstaltungen		Vorlesungen nach Anhang, die diesem Modul zugeordnet sind. Im Vorlesungsverzeichnis können diesem Modul weitere Vorlesungen zugeordnet werden.			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP		Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung			
Leistungspunkte (ECTS):	10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210

Kompetenzziele:

Vertiefte Kenntnisse der Stochastik und ihrer Anwendungen. Die Studierenden haben die logische Struktur des Gebietes nachvollzogen, sind in der Lage die wichtigsten Aussagen herzuleiten und kennen die prominenten Beispiele. Studierende sind in der Lage Probleme auf dem Gebiet zu analysieren, geeignete Lösungsmethoden zu identifizieren und anzuwenden. Sie sind fähig, das Vorgehen zu begründen und verständlich zu erklären.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Bachelorstudiengang Mathematik

Seminar			0950
Regelmäßigkeit	Wintersemester oder Sommersemester		
Modulverantwortung	Institute der Mathematik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	Seminar (2 SWS)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Präsentation mit schriftlicher Ausarbeitung		
Notenzusammensetzung	Note der Seminarleistung		
Leistungspunkte (ECTS): 5	**Präsenzstudium (h)** 30	**Selbststudium (h):** 120	

Kompetenzziele:

Fähigkeit zur Einarbeitung in ein mathematisches Thema unter Anleitung. Wissenserwerb aus z.T. englischsprachigen Büchern und Fachzeitschriften. Fähigkeit zum wissenschaftlichen Schreiben. Präsentationstechniken und Medieneinsatz. Fähigkeit zur Diskussion eines mathematischen Themas.

Das Erreichen der Kompetenzziele erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.

Inhalte:
Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten und das wissenschaftliche Schreiben

- eingegrenztes wissenschaftliches Thema zu Mathematik nach Absprache mit der Betreuerin/dem Betreuer,
- Benutzung von Fachliteratur/Datenbanken;
- mathematisches Aufschreiben;
- Präsentationstechniken und Medieneinsatz;

Mit dem Seminar wird der Einstieg in eine Bachelorarbeit vorbereitet.

Grundlegende Literatur: Unterschiedlich, je nach Thematik der Seminare.

Empfohlene Vorkenntnisse: Unterschiedlich, je nach Thematik der Seminare.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik

Bachelorarbeit	0901
Regelmäßigkeit	Beginn ganzjährig möglich
Modulverantwortung	Studiendekanan/in
Lehrveranstaltungen (SWS)	Projekt „Bachelorarbeit“ (13 LP)
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Prüfungsleistung: Bachelorarbeit
Notenzusammensetzung	Note der Bachelorarbeit
Leistungspunkte (ECTS): 13	**Präsenzstudium (h) & Selbststudium (h):** 390

Kompetenzziele:

Fähigkeit zur selbständigen Einarbeitung in ein Forschungsthema. Wissenserwerb aus z.T. englischsprachigen Büchern und Fachzeitschriften. Fähigkeit zur realistischen Planung, Zeiteinteilung und zum Durchführen eines wissenschaftlichen Projekts nach wissenschaftlichen Methoden unter Anleitung. Fähigkeit zum wissenschaftlichen Schreiben. Fähigkeit zur Diskussion der eigenen Arbeit und zur Selbstreflexion.

Inhalte:
Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten, selbstständige Projektarbeit unter Anleitung, wissenschaftliches Schreiben

- eingegrenztes wissenschaftliches Thema zu Mathematik nach Absprache mit der Betreuerin/dem Betreuer,
- Benutzung von Fachliteratur/Datenbanken;
- mathematisches Aufschreiben;
- Präsentationstechniken und Medieneinsatz;
- Planung der Bachelorarbeit.

Grundlegende Literatur:

Empfohlene Vorkenntnisse:
Vertiefung zu einem mathematischen Thema im Rahmen eines Seminars

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: mindestens 120 LP

Verwendbarkeit:
- Bachelorstudiengang Mathematik

Prüfungsverfahren:
Das Thema der Bachelorarbeit wird von der oder dem Prüfenden nach Rücksprache mit dem Prüfling festgelegt. Die Ausgabe ist aktenkundig zu machen und dem Prüfling sowie dem Studiendekanat schriftlich mitzuteilen. Mit der Ausgabe des Themas wird die oder der Prüfende bestellt. Während der Anfertigung der Arbeit wird der Prüfling von der oder dem Prüfenden betreut.

Module im Master Mathematik

Reine Mathematik 1				0004
Modulverantwortung	Matthias Schütt, Institut für Algebraische Geometrie			
Lehrveranstaltungen (SWS)	eine Vorlesung aus der Reinen Mathematik mit Übung (4V + 2Ü)			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur			
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung oder der Klausur			
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90		**Selbststudium (h):** 210	
Kompetenzziele: Die Studierenden verbreitern ihr mathematisches Wissen. Sie gewinnen Einblicke in ein ausgewähltes Gebiet der reinen Mathematik. Sie erwerben die Fähigkeit, Probleme auf diesem Teilgebiet kompetent zu bearbeiten.				
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:				
Verwendbarkeit: • Masterstudiengang Mathematik				

Reine Mathematik 2				0005
Modulverantwortung	Matthias Schütt, Institut für Algebraische Geometrie			
Lehrveranstaltungen (SWS)	eine Vorlesung aus der Reinen Mathematik mit Übung (4V + 2Ü)			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur			
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung oder der Klausur			
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90		**Selbststudium (h):** 210	
Kompetenzziele: Die Studierenden verbreitern ihr mathematisches Wissen. Sie gewinnen Einblicke in ein ausgewähltes Gebiet der reinen Mathematik. Sie erwerben die Fähigkeit, Probleme auf diesem Teilgebiet kompetent zu bearbeiten.				
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:				
Verwendbarkeit: • Masterstudiengang Mathematik				

Angewandte Mathematik 1			0056
Modulverantwortung	Christoph Walker, Institut für Angewandte Mathematik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	eine Vorlesung aus der Angewandten Mathematik mit Übung (4V + 2Ü)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur		
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung oder der Klausur		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	
Kompetenzziele: Die Studierenden verbreitern ihr mathematisches Wissen. Sie gewinnen Einblicke in ein ausgewähltes Gebiet der angewandten Mathematik. Sie erwerben die Fähigkeit, Probleme auf diesem Teilgebiet kompetent zu bearbeiten.			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:			
Verwendbarkeit: • Masterstudiengang Mathematik			

Angewandte Mathematik 2			0057
Modulverantwortung	Christoph Walker, Institut für Angewandte Mathematik		
Lehrveranstaltungen (SWS)	eine Vorlesung aus der Angewandten Mathematik mit Übung (4V + 2Ü)		
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur		
Notenzusammensetzung	Note der mündlichen Prüfung oder der Klausur		
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 90	**Selbststudium (h):** 210	
Kompetenzziele: Die Studierenden verbreitern ihr mathematisches Wissen. Sie gewinnen Einblicke in ein ausgewähltes Gebiet der angewandten Mathematik. Sie erwerben die Fähigkeit, Probleme auf diesem Teilgebiet kompetent zu bearbeiten.			
ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:			
Verwendbarkeit: • Masterstudiengang Mathematik			

Wahlmodul 1					0058
Modulverantwortung		Studiendekan/in			
Lehrveranstaltungen (SWS)		eine Vorlesung mit Übung (4V + 2Ü)			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP		Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur			
Notenzusammensetzung		Note der mündlichen Prüfung oder der Klausur			
Leistungspunkte (ECTS):	10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210

Kompetenzziele:

Die Studierenden verbreitern ihr mathematisches Wissen. Sie gewinnen Einblicke in ein ausgewähltes Gebiet der Mathematik. Sie erwerben die Fähigkeit, Probleme auf diesem Teilgebiet kompetent zu bearbeiten.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Masterstudiengang Mathematik

Wahlmodul 2					0059
Modulverantwortung		Studiendekan/in			
Lehrveranstaltungen (SWS)		eine Vorlesung mit Übung (4V + 2Ü)			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP		Studienleistung: nach Wahl der Dozentin oder des Dozenten Prüfungsleistung: mündliche Prüfung oder Klausur			
Notenzusammensetzung		Note der mündlichen Prüfung oder der Klausur			
Leistungspunkte (ECTS):	10	**Präsenzstudium (h):**	90	**Selbststudium (h):**	210

Kompetenzziele:

Die Studierenden verbreitern ihr mathematisches Wissen. Sie gewinnen Einblicke in ein ausgewähltes Gebiet der Mathematik. Sie erwerben die Fähigkeit, Probleme auf diesem Teilgebiet kompetent zu bearbeiten.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Masterstudiengang Mathematik

Seminar				0060
Semesterlage	jedes Semester			
Modulverantwortung	Studiendekan/in			
Lehrveranstaltungen (SWS)	Seminar (2 SWS)			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Prüfungsleistung: Seminarleistung			
Notenzusammensetzung	Note der Seminarleistung			
Leistungspunkte (ECTS): 5	**Präsenzstudium (h):** 30		**Selbststudium (h):** 30	

Kompetenzziele:

Die Studierenden besitzen die Fähigkeit, sich selbständig in ein Wissensgebiet einzuarbeiten. Dies umfasst insbesondere die selbständige Recherche der Fachliteratur zu einem vorgegebenen Thema und die Wissensgewinnung aus den Fachbüchern und -artikeln. Die Studierenden können inhaltliche Zusammenhänge erkennen. Sie erwerben Kenntnisse der englischen Fachsprache, um entsprechende Fachliteratur studieren zu können. Die Studierenden sind in der Lage, ein komplexes Thema der modernen Mathematik geeignet zu strukturieren und verständlich vorzutragen. Sie sind zu einem wissenschaftlichen Diskurs und zur Selbstreflexion fähig.

Das Erreichen der Kompetenzziele erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.

Inhalte:
Richten sich nach der Veranstaltung. Aktuelle Themen verschiedener mathematischer Gebiete.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:

- Masterstudiengang Mathematik

Schlüsselkompetenzen				0061
Semesterlage	jedes Semester			
Modulverantwortung	Studiendekan/in			
Lehrveranstaltungen (SWS)	Veranstaltung zu Schlüsselkompetenzen oder Seminar (2 SWS)			
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Nach Wahl des Anbieters Prüfungsleistung: Seminarleistung bei Wahl des Seminar			
Notenzusammensetzung	Note der Seminarleistung oder unbenotet			
Leistungspunkte (ECTS): 10	**Präsenzstudium (h):** 60		**Selbststudium (h):** 240	

Kompetenzziele:

Bei Wahl einer Veranstaltung zu Schlüsselkompetenzen werden entsprechend Kompetenzen erworben, andernfalls entsprechen die Kompetenzen den unter dem Modul Seminar beschriebenen.

Das Erreichen der Kompetenzziele erfordert eine kontinuierliche Teilnahme.

Inhalte:
Richten sich nach der gewählten Veranstaltung.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung:

Verwendbarkeit:
- Masterstudiengang Mathematik

Masterarbeit		0902
Semesterlage	Beginn ganzjährig möglich	
Modulverantwortung	Studiendekanan/in	
Lehrveranstaltungen (SWS)	Projekt „Masterarbeit“	
Leistungsnachweis zum Erwerb der LP	Studienleistung: Referat Prüfungsleistung: Masterarbeit	
Notenzusammensetzung	Note der Masterarbeit (Durchschnittsnote der zwei Gutachten)	
Leistungspunkte (ECTS): 30	**Arbeitsaufwand(h):** 900	

Kompetenzziele:

Die Studierenden können sich selbstständig in ein Forschungsprojekt einarbeiten. Sie sind in der Lage, unter Anleitung wissenschaftliche Projekte zu strukturieren, vorzubereiten und durchzuführen. Sie verschaffen sich einen Überblick über die aktuelle Literatur und analysieren und lösen komplexe Probleme. Die Studierenden können kritische Diskussionen über eigene und fremde Forschungsergebnisse führen und konstruktiv mit Fragen und Kritik umgehen. Sie besitzen die Kompetenz, mathematische Sachverhalte selbstständig darzustellen.

Inhalte:
Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten, selbstständige Projektarbeit unter Anleitung, wissenschaftliches Schreiben.

- aktuelles wissenschaftliches Problem zu Mathematik nach Absprache mit der Betreuerin/dem Betreuer;
- mathematisches Aufschreiben;
- aktuelle Fachliteratur/Datenbanken.

ggf. Eingangsvoraussetzungen und ggf. Teilnehmerzahlbegrenzung: mindestens 75 LP, Abschluss des Moduls Schlüsselkompetenzen

Verwendbarkeit:

- Masterstudiengang Mathematik

Prüfungsverfahren:
Das Thema der Masterarbeit wird von der oder dem Erstprüfenden nach Rücksprache mit dem Prüfling festgelegt. Die Ausgabe ist aktenkundig zu machen und dem Prüfling sowie dem Studiendekanat schriftlich mitzuteilen. Mit der Ausgabe des Themas werden die oder der Erstprüfende und die oder der Zweitprüfende bestellt. Während der Anfertigung der Arbeit wird der Prüfling von der oder dem Erstprüfenden betreut.

Anhang:

Hier werden die Vorlesungen beschrieben, die in den Wahlpflichtmodulen im Bachelorstudium und in den Mastermodulen belegt werden können.

Die Vorlesungen im **Anhang A** können in den Grundlagenmodulen Bachelor belegt werden und teilweise in Spezialisierungsmodulen Bachelor. Die Vorlesungen im **Anhang B** können in den Mastermodulen und teilweise in Spezialisierungsmodulen Bachelor belegt werden.

Die Buchstaben **R** und **A** in der rechten oberen Ecke der Vorlesungsbeschreibung legen die Zuordnung der Vorlesung zur Reinen oder Angewandten Mathematik fest.

Ein ******* bei der Semesterwochenstundenzahl und den Leistungspunkten bedeutet, dass die Veranstaltung je nach Gesamtangebot des jeweiligen Semesters als Vorlesung mit 4+2 SWS/ 10 LP oder mit 2+1 SWS/ 5 LP oder ggf. als Seminar angeboten wird. Genaue Angaben finden Sie im Vorlesungsverzeichnis.

Die benutzten Abkürzungen bedeuten:
IAG „Institut für Algebraische Geometrie“;
IAZD „Institut für Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik“,
IDG „Institut für Differentialgeometrie“
IfAM „Institut für Angewandte Mathematik“;
IfMS „Institut für Mathematische Stochastik“.

A. Vorlesungen für Grundlagenmodule Bachelor

Algebra II				R
Art der Vorlesung Bachelor	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD und IAG	
Regelmäßigkeit: jährlich, Sommersemester				
Inhalt: • Körpertheorie (Struktur endlich erzeugter Körpererweiterungen, Galoistheorie, Auflösbarkeit von Gleichungen) • Moduln und Algebren (Noethersche Ringe, Hilbertscher Basissatz, ganze Ringerweiterungen, Moduln über Hauptidealringen, Satz von Artin-Wedderburn, Tensorprodukte) **Grundlegende Literatur:** 🕮 J.C. Jantzen, J. Schwermer: *Algebra*, Springer 2006 **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I				
Modulzugehörigkeit: • Grundlagen Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik • Grundlagen Bachelor Geometrie • Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik • Spezialisierung Bachelor Geometrie				

Diskrete Mathematik				R
Art der Vorlesung Bachelor	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD	
Regelmäßigkeit: jährlich, Sommersemester				
Inhalt: Themenbereiche der Vorlesung sind insbesondere: • Enumerationsmethoden und Kombinatorik • Erzeugende Funktionen • Graphentheorie • Fehlerkorrigierende Codes • Zählen unter Symmetrien **Grundlegende Literatur:** 🕮 M. Aigner: *Diskrete Mathematik* 🕮 F. Harary: *Graphentheorie* **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I				
Modulzugehörigkeit: • Grundlagen Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik				

Mannigfaltigkeiten			R
Art der Vorlesung Bachelor	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IDG
Regelmäßigkeit: jährlich, Sommersemester			
Inhalt: • Topologische und differenzierbare Mannigfaltigkeiten • Tangential- und Kotangentialräume und - bündel • Differentialformen und Vektorfelder • Lie-Ableitungen, Lie-Gruppen und -Algebren • Integration auf Mannigfaltigkeiten, der Satz von Stokes • Vektorbündel und Tensorfelder • Zusammenhänge auf Vektorbündeln, Paralleltransport, kovariante Ableitung und Holonomie **Grundlegende Literatur:** 📖 Boothby, William M., *An introduction to differentiable manifolds and Riemannian geometry,* Academic Press, Inc., Orlando, FL, 1986 📖 Milnor: *Topology from the Differentiable Viewpoint*, Princeton University Press 📖 Lee, John M., Introduction to smooth manifolds, Graduate Texts in Mathematics 218, Springer-Verlag, New York 📖 Warner, Frank W., Foundations of differentiable manifolds and Lie groups, Graduate Texts in Mathematics 94, Springer-Verlag New York-Berlin **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis III			
Modulzugehörigkeit: • Grundlagen Bachelor Analysis • Grundlagen Bachelor Geometrie • Spezialisierung Bachelor Analysis • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik			

Funktionentheorie				R
Art der Vorlesung Bachelor	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Institut für Analysis	
Regelmäßigkeit: jährlich, Sommersemester				
Inhalt: • holomorphe und meromorphe Funktionen • Cauchyscher Integralsatz • lokale Abbildungseigenschaften holomorpher Funktionen • Residuensatz • Riemannscher Abbildungssatz **Grundlegende Literatur:** 📖 L. Ahlfors: *Complex Analysis*, McGraw-Hill, New York, 1978. 📖 J. Conway: *Functions of one Complex Variable*, Springer-Verlag, New York 1995. 📖 W. Rudin: *Real and Complex Analysis*, McGraw-Hill, New York, 1987. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III				
Modulzugehörigkeit: • Grundlagen Bachelor Analysis • Spezialisierung Bachelor Analysis				

Numerische Mathematik II				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: jährlich, Sommersemester				
Inhalt: Numerische Verfahren für Eigenwertaufgaben: inverse Iteration, QR- und Lanczos-Verfahren, Anfangswertaufgaben für gewöhnliche Differentialgleichungen: Runge-Kutta-Verfahren, Schrittweitensteuerung, steife Differentialgleichungen **Grundlegende Literatur:** 📖 A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri: *Numerische Mathematik I und II*, Springer-Verlag. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I				
Modulzugehörigkeit: • Grundlagen Bachelor Numerik • Spezialisierung Bachelor Numerik				

<table>
<tr><th colspan="4">Mathematische Stochastik II</th><th>A</th></tr>
<tr><td>Art der Vorlesung
Bachelor</td><td>SWS
4+2</td><td>Leistungspunkte:
10</td><td colspan="2">Verantwortung
IfMS</td></tr>
<tr><td colspan="5">Regelmäßigkeit: jährlich, Wintersemester</td></tr>
<tr><td colspan="5">Inhalt:
• Maßtheoretische Grundlagen
• Klassische Grenzwertsätze
• Martingale
• Schätz- und Testtheorie

Grundlegende Literatur:
📖 P. Billingsley: Probability and Measure, Wiley, New York, 1995.
📖 L. Rüschendorf: Mathematische Statistik, Springer, Berlin, 2014.

Empfohlene Vorkenntnisse: Mathematische Stochastik I</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modulzugehörigkeit:
• Grundlagen Bachelor Stochastik
• Spezialisierung Bachelor Stochastik</td></tr>
</table>

B. Vorlesungen für Module im Master

B.1 Algebra, Zahlentheorie und Diskrete Mathematik:

Algebraische Kombinatorik				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				

Inhalt:
In der algebraischen Kombinatorik werden einerseits Methoden aus der Algebra, insbesondere der Gruppentheorie, für kombinatorische Fragestellungen eingesetzt, und andererseits werden kombinatorische Zugänge für die Algebra fruchtbar gemacht. Themenfelder aus diesem Wechselwirkungsbereich sind insbesondere

- Algebraische Graphentheorie (Wege in Graphen)
- Gruppenoperationen auf Posets
- Young-Tableaux und Partitionen
- Pólya-Theorie (gewichtete Enumeration unter Gruppenoperationen)
- symmetrische Gruppen

Grundlegende Literatur:

- 🕮 W. Fulton: *Young Tableaux,* Cambridge University Press 1997
- 🕮 R. Stanley: *Enumerative Combinatorics II,* Cambridge University Press 1997
- 🕮 R. Stanley: *Algebraic Combinatorics,* Springer Verlag 2013

Empfohlene Vorkenntnisse: Algebra I, Grundlagen aus der Kombinatorik

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik;
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Algebraische Zahlentheorie I				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD	
Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Wintersemester				

Inhalt:
Einführung in die algebraische Zahlentheorie, ausführliche Behandlung der folgenden Themen:

- Arithmetik algebraischer Zahlkörper
- Zeta- und L-Reihen

Grundlegende Literatur:

- 🕮 Neukirch: *Algebraische Zahlentheorie*, Springer Verlag 2006

Empfohlene Vorkenntnisse: Algebra II

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Algebraische Zahlentheorie II				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD	
Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Sommersemester				

Inhalt:
Vertiefung der Algebraischen Zahlentheorie durch die Behandlung eines oder mehrere der folgenden Themenbereiche:

- p-adische Zahlkörper
- Klassenkörpertheorie
- algorithmische Probleme

Grundlegende Literatur:

- 🕮 Neukirch: *Algebraische Zahlentheorie*, Springer Verlag 2006
- 🕮 Cohen: *Topics in Computational Algebraic Number Theory*, Springer Verlag 2000

Empfohlene Vorkenntnisse: Algebraische Zahlentheorie I

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Algebren und ihre Darstellungen				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				

Inhalt:
Eine beispielorientierte Einführung in die Darstellungstheorie endlich-dimensionaler Algebren und Darstellungen von Köchern. Zentrale Themenbereiche sind:

- Darstellungstheorie endlich-dimensionaler Algebren: Unzerlegbare Moduln und Satz von Krull-Remak-Schmidt, Darstellungstyp, projektive und injektive Moduln, Einführung in die Sprache der Kategorien und Funktoren, Ext-Funktoren
- Darstellungen von Köchern: erbliche Algebren, quadratische Form eines Köchers, Spiegelungsfunktoren, Satz von Gabriel über Darstellungstyp von Köchern und den Zusammenhang mit Dynkin-Diagrammen und Lie-Theorie

Grundlegende Literatur:

- 🕮 K. Erdmann, T. Holm: *Algebras and Representation Theory*, Springer Undergraduate Mathematics Series. Springer, 2018
- 🕮 Assem, D. Simson, A. Skowronski: *Elements of the Representation theory of Associative Algebras 1: Techniques of Representation Theory*, London Mathematical Society Student Texts 65, Cambridge University Press, 2006.

Empfohlene Vorkenntnisse: (Einführung in die) Darstellungstheorie

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

<table>
<tr><th colspan="4">Analytische Zahlentheorie I</th><th>R</th></tr>
<tr><td>Art der Vorlesung
Bachelor und Master</td><td>SWS
2+2</td><td>Leistungspunkte:
5</td><td colspan="2">Verantwortung
IAZD</td></tr>
<tr><td colspan="5">Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Wintersemester</td></tr>
<tr><td colspan="5">Inhalt:
Einführung in die analytische Zahlentheorie, insbesondere
Arithmetische Funktionen, Dirichletreihen, Perronsche Formel, analytische Eigenschaften der Zeta-Funktion, Primzahlsatz, Einführung in Siebmethoden

Grundlegende Literatur:
📖 J. Brüdern, Einführung in die analytische Zahlentheorie, Springer-Verlag, 1995.
📖 H. Davenport, Multiplicative Number Theory, Springer-Verlag, 2000.
📖 H.L. Montgomery and R.C. Vaughan, Multiplicative Number Theory, I. Classical Theory, Cambridge University Press, 2007.

Empfohlene Vorkenntnisse: Funktionentheorie</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modulzugehörigkeit:
• Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
• Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik
Jeweils kombinierbar mit Vorlesungen der Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik (insbesondere: Analytische Zahlentheorie II) oder Analysis oder anderen Vorlesungen in Absprache mit der/m Prüfenden.</td></tr>
</table>

Analytische Zahlentheorie II	R

Art der Vorlesung	SWS	Leistungspunkte:	Verantwortung
Bachelor und Master	2+2	5	IAZD

Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Sommersemester

Inhalt:
Vertiefung der analytischen Zahlentheorie.
Mögliche Themen umfassen den Satz von Bombieri-Vinogradov, Taubersche Sätze, Normalordnungen and Werteverteilung von additiven und multiplikativen Funktionen, Anwendungen der Selberg-Delange- und der Sattelpunktmethode.

Grundlegende Literatur:

- J. Brüdern, Einführung in die analytische Zahlentheorie, Springer-Verlag, 1995.
- H. Davenport, Multiplicative Number Theory, Springer-Verlag, 2000.
- H.L. Montgomery and R.C. Vaughan, Multiplicative Number Theory, I. Classical Theory, Cambridge University Press, 2007.
- G. Tenenbaum, Introduction to analytic and probabilistic number theory, Cambridge University Press, 1995.

Empfohlene Vorkenntnisse: Funktionentheorie, Analytische Zahlentheorie I

Bemerkung:
Jeweils kombinierbar mit Vorlesungen der Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik (insbesondere: Analytische Zahlentheorie I) oder Analysis oder anderen Vorlesungen in Absprache mit der/m Prüfenden

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Arithmetische Geometrie I — R

Art der Vorlesung	SWS	Leistungspunkte:	Verantwortung
Bachelor und Master	4+2	10	IAZD

Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Wintersemester

Inhalt:
Einführende Vorlesung in die arithmetische Geometrie, anhand eines der folgenden Themen:

- Kurven über endlichen Körpern
- Elliptische Kurven

Grundlegende Literatur:

- Lorenzini: *An Invitation to Arithmetic Geometry*
- Silverman: *The Arithmetic of Elliptic Curves*

Empfohlene Vorkenntnisse: Algebra II

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Arithmetische Geometrie II — R

Art der Vorlesung	SWS	Leistungspunkte:	Verantwortung

Master	4+2	10	IAZD

Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Sommersemester

Inhalt:
Vertiefende Vorlesung über einen der folgenden Themenbereiche:
- Modulformen und Modularität
- diophantische Geometrie
- arithmetische Fundamentalgruppen

Grundlegende Literatur:
- 🕮 Diamond, Shurman: *A first course in modular forms*
- 🕮 Hindry, Silverman: *Diophantine Geometry*

Empfohlene Vorkenntnisse: Arithmetische Geometrie I oder Algebraische Geometrie

Modulzugehörigkeit:
- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Darstellungstheorie — R

Art der Vorlesung	SWS	Leistungspunkte:	Verantwortung
Bachelor und Master	4+2	10	IAZD

Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Wintersemester

Inhalt:
Eine Einführung in die Theorie der Darstellungen halbeinfacher (assoziativer) Algebren, mit Schwerpunkt auf Gruppenalgebren und Charakteren. Zentrale Themenbereiche sind:
- Moduln und Darstellungen von Gruppen und Algebren (einfache und halbeinfache Moduln, Kompositionsreihen, unzerlegbare Moduln, halbeinfache Algebren, Jacobson-Radikal, Artin-Wedderburn-Zerlegung, Satz von Maschke)
- Grundlagen der Charaktertheorie endlicher Gruppen (irreduzible Charaktere, inneres Produkt für Charaktere, Orthogonalitätsrelationen, Berechnung von Charaktertafeln, Tensorprodukte und Produkte von Charakteren)

Grundlegende Literatur:
- 🕮 G. James, M. Liebeck: *Representations and Characters of Groups*, Cambridge University Press, 2001 (2nd Edition).
- 🕮 J. Jantzen, J. Schwermer: *Algebra*

Empfohlene Vorkenntnisse: Algebra I, Algebra II

Modulzugehörigkeit:
- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Darstellungstheorie symmetrischer Gruppen — R

Art der Vorlesung	SWS	Leistungspunkte:	Verantwortung
Bachelor und Master	4+2	10	IAZD

Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Wintersemester
Inhalt: Es werden Themen der gewöhnlichen und modularen Darstellungstheorie symmetrischer Gruppen und die zugehörige Kombinatorik behandelt, insbesondere: • Klassifikation und Eigenschaften der irreduziblen Charaktere der S_n • symmetrische Funktionen • Permutationsmoduln und Specht-Moduln • Darstellungen in positiver Charakteristik: einfache Moduln und die Zerlegung von Specht-Moduln **Grundlegende Literatur:** 🕮 G. James, A. Kerber: *The Representation Theory of the Symmetric Group* 🕮 B. Sagan: *The Symmetric Group* 🕮 R. Stanley: *Enumerative Combinatorics II* **Empfohlene Vorkenntnisse:** Darstellungstheorie ist erforderlich, Gruppen und ihre Darstellungen ist wünschenswert
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Enumerative Kombinatorik				**R**
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • erzeugende Funktionen für gewichtete kombinatorische Objekte • bijektive Kombinatorik • konstruktive Kombinatorik **Grundlegende Literatur:** 🕮 R. Stanley: *Enumerative Combinatorics I, II* 🕮 D. Stanton, D. White: *Constructive Combinatorics* **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Gruppen und ihre Darstellungen				**R**
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD	
Regelmäßigkeit: alle zwei Jahre, Sommersemester				

Inhalt: Struktur endlicher Gruppen und ihrer gewöhnlichen und modularen Darstellungen;
Themenbereiche sind insbesondere:

- Weiterführung der (komplexen) Charaktertheorie: induzierte Charaktere, Frobenius-Reziprozität, Satz von Mackey, Charaktergrade und Charakterwerte
- Struktur von Gruppen: Sylow-Sätze, auflösbare Gruppen, Burnsidescherp^aq^b-Satz
- Modulare Darstellungstheorie: Unzerlegbare Darstellungen, projektive und einfache Moduln, Induzierte Darstellungen, Zerlegungszahlen, Blöcke von Darstellungen

Grundlegende Literatur:

- G. James, M. Liebeck: *Representations and Characters of Groups*
- H. Nagao, Y. Tsushima: *Representations of finite groups*

Empfohlene Vorkenntnisse: Algebra II, Darstellungstheorie

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Homologische Algebra				R
Art der Vorlesung Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				

Inhalt:
Exakte Sequenzen; Homomorphismengruppen; Tensorprodukte von Moduln über Ringen; projektive, injektive und flache Moduln; Kategorien und Funktoren; (Ko-)Kettenkomplexe, Homologie und Kohomologie von Komplexen; projektive und injektive Auflösungen; derivierte Funktoren; Ext-Funktoren, Tor-Funktoren und Anwendungen

Grundlegende Literatur:

- Rotman: *An Introduction to Homological Algebra* (Second Edition)
- Weibel: *An introduction to homological algebra*

Empfohlene Vorkenntnisse: Algebra II

Modulzugehörigkeit:

- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

Topologie				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAZD/IAG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				

Inhalt:

- Topologische Räume, stetige Abbildungen
- Zusammenhang, Trennungsaxiome
- Kompaktheit
- Konstruktionen (insbes. Produkte, Quotienten)
- Homotopie von Abbildungen
- Fundamentalgruppen
- Überlagerungen

Grundlegende Literatur:

📖 K. Jänich: *Topologie*
📖 G. Laures, M. Szymik: *Grundkurs Topologie*
📖 B.v. Querenburg: *Mengentheoretische Topologie*
📖 R. Stöcker, H. Zieschang: *Algebraische Topologie*

Empfohlene Vorkenntnisse: Analysis I und II

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik
- Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik

B.2 Algebraische Geometrie

<table>
<tr><th colspan="4">Algebraische Flächen</th><th>R</th></tr>
<tr><td>Art der Vorlesung
Master</td><td>SWS
***</td><td>Leistungspunkte:
***</td><td colspan="2">Verantwortung
IAG</td></tr>
<tr><td colspan="5">Regelmäßigkeit: alle zwei bis drei Jahre, Sommersemester</td></tr>
<tr><td colspan="5">Inhalt:
birationale Abbildungen zwischen Flächen
Schnitttheorie
Kodaira Klassifikation
Grundlegende Literatur:
📖 Beauville: Complex algebraic surfaces, CUP, 1983.

Empfohlene Vorkenntnisse: Algebraische Geometrie, hilfreich: Algebra II</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modulzugehörigkeit:
Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="4">Algebraische Geometrie I</th><th>R</th></tr>
<tr><td>Art der Vorlesung
Bachelor, Master</td><td>SWS
4+2</td><td>Leistungspunkte:
10</td><td colspan="2">Verantwortung
IAG</td></tr>
<tr><td colspan="5">Regelmäßigkeit: jährlich, Wintersemester</td></tr>
<tr><td colspan="5">Inhalt:
affine und projektive Varietäten
Morphismen und birationale Abbildungen
Dimension, Grad, Glattheit, Singularitäten
Garben und Schemata
Empfohlene Vorkenntnisse: Algebra I; hilfreich: Algebra II, Funktionentheorie</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modulzugehörigkeit:
Spezialisierung Bachelor Geometrie
Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik</td></tr>
</table>

Algebraische Geometrie II				R
Art der Vorlesung Bachelor, Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAG	
Regelmäßigkeit: jährlich, Sommersemester				
Inhalt: Es werden Kernbegriffe der modernen algebraischen Geometrie (Schemata, Garbenkohomologie, Divisoren) eingeführt. Anwendungen zur Klassifizierung algebraischer Kurven und Flächen werden vorgestellt.				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Algebraische Topologie				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Homologietheorie, singuläre Homologie, Zellenkomplex • Kohomologietheorie • Poincaré Dualität **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I, hilfreich: Algebra II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Algorithmische Kommutative Algebra				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • polynomiale Gleichungssysteme • Gröbner Basen, Syzygien, freie Auflösungen • Dimension, ganzer Abschluß, Primärzerlegung **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I; hilfreich: Algebra II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Codierungstheorie				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2 (2+1)	**Leistungspunkte:** 10 (5)	**Verantwortung** IAG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • lineare Codes • spezielle gute Codes • Decodierung • zyklische Codes **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Ebene Algebraische Kurven				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master, auch Lehramt	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IAG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Schnittverhalten ebener algebraischer Kurven, Satz von Bezout • Tangenten, Wendepunkte, Glattheit und Singularitäten • polare Kurve, Hesse-Kurve, duale Kurve, Plückerformeln **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Gitter und Codes				R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • ganzzahlige Gitter • lineare Codes • Gewichtszähler und Thetafunktionen **Grundlegende Literatur:** 📖 W. Ebeling: *Lattices and Codes*, 3. Auflage, Springer, 2013. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra I, Funktionentheorie				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Spezialisierung Bachelor Algebra, Zahlentheorie, Diskrete Mathematik • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Modulräume				R
Art der Vorlesung Master	**SWS** ***	**Leistungspunkte:** ***	**Verantwortung** IAG	
Regelmäßigkeit: alle zwei bis drei Jahre, unregelmäßig				
Inhalt: • Modulprobleme, feine und grobe Modulräume • Konstruktion von Modulräumen, geometrische Invariantentheorie • Beispiele von Modulräumen, insbesondere Modulraum algebraischer Kurven **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra II, Algebraische Geometrie				
Modulzugehörigkeit: • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Singularitäten				R
Art der Vorlesung Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IAG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • holomorphe Funktionen mehrerer Veränderlicher • analytische Mengenkeime • Entfaltungen und Deformationen • Klassifikation von Singularitäten **Grundlegende Literatur:** 🕮 W. Ebeling: *Funktionentheorie, Differentialtopologie und Singularitäten*, Vieweg, 2001. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Algebra II				
Modulzugehörigkeit: • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

B.3 Analysis

Funktionalanalysis			R/A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Bauer, Escher, Schrohe, Walker
Regelmäßigkeit: jährlich			
Inhalt: • Satz von Baire • Satz von Hahn-Banach, Konvexität • Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit • Satz von der offenen Abbildung, Graphensatz • lineare Operatoren im Hilbertraum • kompakte Operatoren • unbeschränkte Operatoren **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Lineare Algebra I			
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik			

Indextheorie			R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** Schrohe
Regelmäßigkeit: unregelmäßig			
Inhalt: • Fredholmoperatoren auf Banachräumen • Spektraltheorie kompakter Operatoren und die Fredholm-Alternative • die Komponenten der Fredholm-Operatoren auf Hilberträumen • Toeplitz-Operatoren und deren Index • Indexberechnung mittels der Operatorspur • Pseudodifferentialoperatoren • Fedosovs Indexformel **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Lineare Algebra I, Funktionalanalysis			
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik			

Pseudodifferentialoperatoren				R/A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** Bauer, Escher, Schrohe, Walker	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Fouriertransformation, • temperierte Distributionen, • Sobolevräume, • Oszillatorintegrale, • Symbolklassen, • Stetigkeitseigenschaften und Kalkül, • Elliptizität und Parametrixkonstruktion, • Operatoren auf Mannigfaltigkeiten, • Wellenfrontmenge **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Lineare Algebra I, Funktionalanalysis				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

B.4 Angewandte Analysis

Halbgruppen und Evolutionsgleichungen				R/A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Escher, Walker	
Regelmäßigkeit: alle ein bis zwei Jahre				
Inhalt: • abgeschlossene Operatoren in Banachräumen • stark stetige und analytische Halbgruppen • Generatoren • Charakterisierungssätze • semilineare Cauchy Probleme **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Lineare Algebra I und II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Interpolationstheorie und Anwendungen				R/A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Escher, Walker	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • reelle und komplexe Interpolation • Struktursätze (Reiteration, Dualität) • Interpolation von Lebesgue- und Sobolevräumen • gebrochene Potenzen • Interpolationstheorie elliptischer Randwertprobleme • Anwendungen auf Halbgruppentheorie **Empfohlene Vorkenntnisse:** Halbgruppen und Evolutionsgleichungen oder Funktionalanalysis				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Nichtlineare Funktionalanalysis				**R/A**
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Escher, Walker	
Regelmäßigkeit: alle ein bis zwei Jahre				
Inhalt: • implizites Funktionentheorem in Banachräumen • Abbildungsgrad • Verzweigungstheorie • monotone Operatoren **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Lineare Algebra I und II, Funktionalanalysis				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Partielle Differentialgleichungen				**R/A**
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Bauer, Escher, Schrohe, Walker	
Regelmäßigkeit: jährlich				
Inhalt: • Charakteristikenmethode • Distributionen • Laplace-Gleichung, Maximumsprinzipien • Sobolevräume • Variationsmethoden, • Fouriertransformation • Wellengleichung • Wärmeleitungsgleichung **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Lineare Algebra I und II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Nichtlineare partielle Differentialgleichungen			R/A
Art der Vorlesung Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Escher, Walker
Regelmäßigkeit: unregelmäßig			
Inhalt: • nichtlineare elliptische und parabolische Gleichungen • Fixpunktmethoden • Variationsmethoden • Kompaktheitsmethoden **Empfohlene Vorkenntnisse:** Partielle Differentialgleichungen I			
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik			

Qualitative Theorie gewöhnlicher Differentialgleichungen			R/A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Escher, Walker
Regelmäßigkeit: jährlich			
Inhalt: • Theorie dynamischer Systeme, • Invarianz, • Limesmengen, • Stabilität, Linearisierungen, • periodische Lösungen **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis I-III, Lineare Algebra I und II			
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Analysis • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik			

B.5 Numerische Mathematik und Optimierung

Einführung in die Adaptive Finite-Elemente-Methode				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: alle zwei bis drei Jahre				
Inhalt: • Adaptive Gitterverfeinerung für FEM • A posteriori Fehleranalysis • Fehlerschätzer: (u.a. residuale) • Konvergenz **Grundlegende Literatur:** 🕮 Ainsworth/Oden: *A posteriori error estimation in finite element analysis.* Wiley 2000. 🕮 Nochetto/Siebert/Veeser: *Theory of adaptive finite element methods: an introduction.* In: Multiscale, nonlinear and adaptive approximation, 409–542, Springer, 2009. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und Numerik Partieller Differentialgleichungen				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

hp-Finite Element Methoden				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: alle zwei bis drei Jahre				
Inhalt: • Wahl der Basisfunktionen/ Orthogonale Polynome • Assemblierung: Sum factorization • Löser • Konvergenz: Beweis der exponentiellen Konvergenz **Grundlegende Literatur:** 🕮 Schwab: *p- and hp-finite element methods.* Clarendon 1998. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und Numerik Partieller Differentialgleichungen				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Lineare Optimierung				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** Steinbach	
Regelmäßigkeit: regelmäßig alle zwei bis drei Jahre				
Inhalt: • Simplexmethode • Polyedertheorie • Alternativsätze • Dualität **Grundlegende Literatur:** 🕮 V. Chvátal: *Linear Programming* **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I, Algorithmisches Programmieren				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Multigrid und Gebietszerlegung				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: alle zwei bis drei Jahre				
Inhalt: • vorkonditionierte Iterationsverfahren (Richardson, Jacobi) • Multigrid (für Finite-Differenzen-Verfahren, Finite Elemente) • Multilevel-Methoden (Additiv- und Multiplikativ-Schwarz-Verfahren) • Gebietszerlegungsmethoden (alternierendes Schwarz-Verfahren) **Grundlegende Literatur:** 🕮 Toselli/Widlund: *Domain decomposition methods—algorithms and theory.* Springer, 2005. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Nichtlineare Optimierung I				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Steinbach	
Regelmäßigkeit: regelmäßig alle zwei bis drei Jahre				
Inhalt: • Gradientenverfahren, Newton-Verfahren, Line Search, Trust Region • Theorie der beschränkten Optimierung: KKT-Bedingungen, ... • Quadratische Optimierung: KKT-Faktorisierungen, Active-Set-Methode • Maratos-Effekt, Merit-Funktionen, SQP-Methode **Grundlegende Literatur:** 🕮 J. Nocedal, S. Wright: *Numerical Optimization*, 2. Aufl. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und II, Algorithmisches Programmieren				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Nichtlineare Optimierung II				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte** 10	**Verantwortung** Steinbach	
Regelmäßigkeit: regelmäßig alle zwei bis drei Jahre				
Inhalt: • nichtlineare CG-Verfahren • Techniken für hochdimensionale Modelle • innere-Punkte-Methoden • weitere Themen **Grundlegende Literatur:** 🕮 J. Nocedal, S. Wright: *Numerical Optimization*, 2. Aufl. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Nichtlineare Optimierung I				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

<table>
<tr><th colspan="4">Numerik für Kontaktprobleme</th><th>A</th></tr>
<tr><td>Art der Vorlesung
Bachelor und Master</td><td>SWS
2+1</td><td>Leistungspunkte:
5</td><td colspan="2">Verantwortung
IfAM</td></tr>
<tr><td colspan="5">Regelmäßigkeit: unregelmäßig</td></tr>
<tr><td colspan="5">Inhalt:
• Existenz und Eindeutigkeit für elliptische Kontaktprobleme
• Variationsungleichungen, gemischte Formulierungen
• Penalty Verfahren
• iterative Löser: Uzawa, Semi-Smooth Newton-Verfahren
• Mehrfeldprobleme, Koppelung mit Wärmeleitungsgleichung

Grundlegende Literatur:
📖 Standardliteratur, Vorlesungsskript

Empfohlene Vorkenntnisse: Numerische Mathematik I und Numerik Partieller Differentialgleichungen</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modulzugehörigkeit:
• Spezialisierung Bachelor Numerik
• Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th colspan="4">Numerik Partieller Differentialgleichungen</th><th>A</th></tr>
<tr><td>Art der Vorlesung
Bachelor und Master</td><td>SWS
4+2</td><td>Leistungspunkte:
10</td><td colspan="2">Verantwortung
IfAM</td></tr>
<tr><td colspan="5">Regelmäßigkeit: jährlich</td></tr>
<tr><td colspan="5">Inhalt:
• Galerkin-Verfahren für elliptische Randwertprobleme
• Finite-Element-Räume
• a-posteriori-Fehlerschätzer
• Verfahren für parabolische und hyperbolische Differentialgleichungen

Grundlegende Literatur:
📖 P. Knabner, L. Angermann: Numerik partieller Differentialgleichungen

Empfohlene Vorkenntnisse: Numerische Mathematik I</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modulzugehörigkeit:
• Spezialisierung Bachelor Numerik
• Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik (M.Sc.)</td></tr>
</table>

Numerische Methoden der Kontinuumsmechanik				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: alle ein bis zwei Jahre				
Inhalt: • Modellierung: Elastizität und Strömungsmechanik • Diskretisierung: gemischte Finite Elemente • Fehlerschätzungen für Stokes **Grundlegende Literatur:** 🕮 Brezzi/Fortin: *Mixed and hybrid finite element methods.* Springer 1991 **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und Numerik Partieller Differentialgleichungen				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik (M.Sc.)				

Numerische Methoden für gekoppelte und nichtlineare Probleme				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: alle drei bis vier Jahre				
Inhalt: • Klassifizierungen in nichtlineare und gekoppelte Probleme • Regularisierungen, Zeitdiskretisierung, Ortsdiskretisierung • nichtlineare und lineare Löser • Adaptivität und inexakte Löser **Grundlegende Literatur:** 🕮 Wick: *Numerical methods for nonlinear and coupled PDEs*, Vorlesungsskriptum, available online https://www.ifam.uni-hannover.de/2120.html. 🕮 Glowinski: *Numerical methods for nonlinear variational problems.* Springer 1984. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und Numerik Partieller Differentialgleichungen				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik (M.Sc.)				

Numerische Methoden für gewöhnliche Differentialgleichungen				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Einschrittmethoden • Numerische Stabilität • Differentiell-algebraische Gleichungen • Galerkin-Verfahren • Schießverfahren • Variationsmethoden **Grundlegende Literatur:** 🕮 Rannacher: *Einführung in die Numerische Mathematik*, Heidelberg University Publishing, 2017. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik (M.Sc.)				

Optimierung mit partiellen Differentialgleichungen				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Linear quadratische Optimalsteuerung: • Existenz und Eindeutigkeit eines Minimums • adjungierter Zustand • Diskretisierung und Optimierung: FEM **Grundlegende Literatur:** 🕮 Troeltzsch: *Optimal control of partial differential equations.* AMS, 2010. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und Numerik Partieller Differentialgleichungen				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik (M.Sc.)				

Scientific Computing				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Numerische Algorithmen und deren Parallelisierung **Grundlegende Literatur:** 🕮 Bastian: *Lecture notes on parallel solution of large sparse linear system*, Vorlesungsskriptum, IWR Heidelberg, April 2018. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und Numerik Partieller Differentialgleichungen				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik (M.Sc.)				

Unstetige Galerkinverfahren				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfAM	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Grundkonzepte • DG für stationäre Advektion (Flüsse/Upwinding) • DG für Nichtstationäre PDE's 1. Ordnung • DG für elliptische Aufgaben (SIP) **Grundlegende Literatur:** 🕮 Ern/di Pietro: *Mathematical aspects of discontinuous Galerkin methods.* Springer 2012. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Numerische Mathematik I und Numerik Partieller Differentialgleichungen				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Numerik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik (M.Sc.)				

B.6 Differentialgeometrie

Eichfeldtheorie				R
Art der Vorlesung Master	**SWS** 2+2	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IDG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: Zusammenhänge auf Hauptfaserbündeln und deren Krümmung, Eichtransformationen, Yang-Mills-Funktional und Yang-Mills-Gleichung, selbstduale und invariante Zusammenhänge, nichtminimale Yang-Mills-Zusammenhänge, magnetische Monopole und Wirbel **Empfohlene Vorkenntnisse:** Differentialgeometrie/Globale Analysis				
Modulzugehörigkeit: • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Klassische Differentialgeometrie				R
Art der Vorlesung Bachelor, Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IDG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Kurven: Bogenlänge, Krümmung und Torsion, Hauptsatz, Windungszahl, Umlaufzahl, Hopfscher Umlaufsatz, isoperimetrische Ungleichung, Vierscheitelsatz, Frenet-Kurven, Satz von Fenchel • Flächen: reguläre Flächen, Parameterwechsel, Tangentialraum, Differential, erste Fundamentalform, Orientierbarkeit, Gauß-Abbildung, Weingarten-Abbildung, zweite • Fundamentalform, Hauptkrümmungen, mittlere Krümmung, Gauß-Krümmung • Innere und äußere Geometrie: Isometrien, Vektorfelder und kovariante Ableitung, Christoffel-Symbole, Koszul-Formel, Krümmungstensor, Gauß-Gleichungen, TheoremaEgregium, Geodätische, Exponentialabbildung, geodätische Polarkoordinaten, Gauß-Lemma, sphärische und hyperbolische Geometrie **Empfohlene Vorkenntnisse:**				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Riemannsche Geometrie				R
Art der Vorlesung Bachelor, Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IDG	
Regelmäßigkeit: alle ein bis drei Jahre, Wintersemester				
Inhalt: Riemannsche Metriken, Geodäten, Exponentialabbildung, Injektivitätsradius, Krümmung eines Zusammenhangs, erste und zweite Variation der Energie einer Kurve, Existenz geschlossener Geodäten, Satz von Synge, konjugierte Punkte, Jacobi-Felder, Vergleichssätze von Rauch, symmetrische und lokal symmetrische Räume **Empfohlene Vorkenntnisse:** Differentialgeometrie/Globale Analysis,				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Geometrie • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

Differentialtopologie				R
Art der Vorlesung Master	**SWS** 2+2	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung:** IDG	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • differenzierbare Mannigfaltigkeiten und Abbildungen • Tangentialbündel, Vektorfelder • dynamische Systeme • Morsetheorie **Empfohlene Vorkenntnisse:** Analysis III				
Modulzugehörigkeit: • Wahlmodul Bereich Reine Mathematik im Master Mathematik				

B.7 Mathematische Stochastik

Asymptotische Statistik				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IfMS	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • benachbarte Verteilungen • lokale asymptotische Normalität • Limesexperimente • asymptotisch optimale Tests • asymptotische Effizienz von Schätz- und Testverfahren **GrundlegendeLiteratur:** 🕮 Van der Vaart: *Asymptotic Statistics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1998. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Mathematische Stochastik II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Stochastik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Financial Mathematics 1				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Weber	
Regelmäßigkeit: jährlich				
Inhalt: • Arbitragetheorie • Präferenzen • Optimalität und Gleichgewicht • Risikomaße **Grundlegende Literatur:** 🕮 H. Föllmer& A. Schied: *Stochastic Finance*, de Gruyter, Berlin/New York, 2004. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Mathematische Stochastik II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Stochastik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Financial Mathematics 2				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Weber	
Regelmäßigkeit: jährlich				
Inhalt: • Einführung in die stochastische Analysis • Finanzmathematische Anwendung in zeitstetigen Finanzmarktmodellen: Bewertung und Absicherung von Finanzderivaten (Aktien-, Zins- und Kreditderivate), Portfoliooptimierung **Grundlegende Literatur:** 🕮 M. Musiela & R. Rutkowski: *Martingale Methods in Financial Modelling*, Springer, 2005. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Mathematische Stochastik II, Financial Mathematics 1, evtl. Stochastische Analysis				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Stochastik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Nichtparametrische Statistik				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IfMS	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Ordnungs- und Rangstatistiken • Verteilungsfreie Konfidenz- und Anteilsbereiche • lokal beste Rangtests • empirische Verteilungen • statistische Anpassungstests • nichtparametrische multivariante Verfahren **GrundlegendeLiteratur:** 🕮 J. Hajek, Z. Sidak, P. K. Sen: *Theory of Rank Tests*, Academic Press, 1999. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Mathematische Stochastik II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Stochastik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Actuarial Mathematics 1			A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Weber

Regelmäßigkeit: jährlich

Inhalt:

- Individuelles und Kollektives Modell
- Ruintheorie
- Prämienkalkulation
- Spätschäden
- Risikoteilung und Rückversicherung
- Verzinsung
- Zahlungsströme und Deckungskapital
- Differenzen- und Differentialgleichungen
- Hattendorfsches Theorem
- Fondgebundene Policen
- Versicherungen mit stochastischem Zins
- Marktkonsistente Bewertungen

Die Vorlesung wird aufgeteilt in Actuarial Mathematics I und Actuarial Mathematics 2.

Grundlegende Literatur:

- T. Mack: *Schadenversicherungsmathematik*, VVW Karlsruhe, 2002.
- K. Schmidt: *Versicherungsmathematik*, Springer, 2006.
- M. Koller: *Stochastische Modelle in der Lebensversicherungsmathematik*, Springer, 2000.
- R. Norberg: *Basic Life Insurance Mathematics*, LSE, 2002.

Empfohlene Vorkenntnisse: Mathematische Stochastik II

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Stochastik
- Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik

Actuarial Mathematics 2			A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Weber

Regelmäßigkeit: jährlich

Inhalt:

- Individuelles und Kollektives Modell
- Ruintheorie
- Prämienkalkulation
- Spätschäden
- Risikoteilung und Rückversicherung
- Verzinsung
- Zahlungsströme und Deckungskapital
- Differenzen- und Differentialgleichungen
- Hattendorfsches Theorem
- Fondgebundene Policen
- Versicherungen mit stochastischem Zins
- Marktkonsistente Bewertungen

Die Vorlesung wird aufgeteilt in Actuarial Mathematics I und Actuarial Mathematics 2.

Grundlegende Literatur:

📖 T. Mack: *Schadenversicherungsmathematik*, VVW Karlsruhe, 2002.
📖 K. Schmidt: *Versicherungsmathematik*, Springer, 2006.
📖 M. Koller: *Stochastische Modelle in der Lebensversicherungsmathematik*, Springer, 2000.
📖 R. Norberg: *Basic Life Insurance Mathematics*, LSE, 2002.

Empfohlene Vorkenntnisse: Mathematische Stochastik II, Actuarial Mathematics I

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Stochastik
- Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik

Spieltheorie				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfMS	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • n-Personenspiel-Normalform • Gleichgewichtspunkte • gemischte Erweiterungen • Zweipersonen-Nullsummenspiele • Minimax-Sätze und Minimax-Strategien • Matrix-Spiele • kooperative Spiele • Shapley-Wert **GrundlegendeLiteratur:** 🕮 F. Forgo, J. Szep, F. Szidarovszky: *Introduction to the Theory of Games: Concepts, Methods, Applications*, Kluwer, Dordrecht, 1999. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Mathematische Stochastik II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Stochastik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Statistische Entscheidungstheorie und Sequentialverfahren				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IfMS	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				
Inhalt: • Entscheidungskerne • Bayes-Verfahren und Minimax-Verfahren für Schätz- und Testprobleme • Minimax-Sätze • optimales Stoppen • sequentielle Bayes-Verfahren • sequentielle Likelihood-Quotiententests • optimale sequentielle Tests **Grundlegende Literatur:** 🕮 Irle: *Sequentialanalyse: Optimale sequentielle Tests*, Teubner, Stuttgart, 1990. 🕮 H. Strasser: *Mathematical Theory of Statistics*, de Gruyter, Berlin, 1985. **Empfohlene Vorkenntnisse:** Mathematische Stochastik II				
Modulzugehörigkeit: • Spezialisierung Bachelor Stochastik • Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik				

Statistische Verfahren			A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Weber

Regelmäßigkeit: unregelmäßig

Inhalt:
- Anpassungstests, Bootstrap, Dicheschätzer, Robuste Verfahren
- Modelle mit Hilfsvariablen: Regression, Varianzanalyse, verallgemeinerte lineare Modelle

GrundlegendeLiteratur:
- 🕮 W. N. Venables und B. D. Ripley: *Modern Applied Statistics with S-Plus*, third edition. Springer, New York,1999.

Empfohlene Vorkenntnisse: Mathematische Stochastik I und II

Modulzugehörigkeit:
- Spezialisierung Bachelor Stochastik
- Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik

Stochastische Analysis			A/R
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** IfMS

Regelmäßigkeit: jährlich

Inhalt:
- stochastische Prozesse in stetiger Zeit: Brownsche Bewegung, (lokale) Martingale, Semimartingale, Markov'sche Prozesse, Levy-Prozesse
- stochastische Integrale
- Darstellungssätze für Martingale
- Satz von Girsanov und Anwendung
- stochastische Differentialgleichungen
- Anwendungen in der Finanzmathematik

GrundlegendeLiteratur:
- 🕮 P. Protter: *Stochastic Integration and Differential Equations*, Springer, 2005
- 🕮 D. Revuz, M. Yor: *Continuous Martingales and Brownian Motion*, Springer, 1999.
- 🕮 L. C. G. Rogers, D. Williams: *Diffusions, Markov Processes and Martingales*, Band 1 und 2, Wiley, New York, 1987, 1994.

Empfohlene Vorkenntnisse: Mathematische Stochastik II

Modulzugehörigkeit:
- Spezialisierung Bachelor Stochastik
- Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik

Stochastic Simulation				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 4+2	**Leistungspunkte:** 10	**Verantwortung** Weber	
Regelmäßigkeit: jährlich				

Inhalt:

- Allgemeine Sampling-Methoden und Grundzüge des Monte Carlo Verfahrens
- Simulation stochastischer Prozesse
- Statistische und rechnerische Effizienzanalysen
- Varianzreduktion
- Stochastische Optimierung
- Fortgeschrittene Themen anhand aktueller wissenschaftlicher Arbeiten

Grundlegende Literatur:

- S. Asmussen und Glynn, W. Peter: *Stochachstic Simulation Algorithms and Analysis*, Springer, New York, 2007.
- H. J. Kushner und G. G. Yin: *Stochastic Approximation Algorithms and Applications*, 2003.

Empfohlene Vorkenntnisse: Mathematische Stochastik I und II

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Stochastik
- Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik

Zeitreihenanalyse				A
Art der Vorlesung Bachelor und Master	**SWS** 2+1	**Leistungspunkte:** 5	**Verantwortung** IfMS	
Regelmäßigkeit: unregelmäßig				

Inhalt:

- stationäre Zeitreihen
- Autokovarianzfunktion und Spektralmaß
- autoregressive Prozesse, Moving-Average-Prozesse
- Spektraldarstellung
- Kolmogorovsche Vorhersagetheorie
- Statistik im Zeitbereich (Schätzer für Erwartungswert- und Autokovarianzfunktion)
- Statistik im Frequenzbereich (Periodogramm, Spektraldichteschätzer)

Grundlegende Literatur:

- J.-P. Kreiß, G. Neuhaus: *Einführung in die Zeitreihenanalyse*, Springer, Berlin, 2006.

Empfohlene Vorkenntnisse: Mathematische Stochastik II

Modulzugehörigkeit:

- Spezialisierung Bachelor Stochastik
- Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik

<table>
<tr><th colspan="4">Quantitative Risk Management</th><th>A</th></tr>
<tr><td>Art der Vorlesung
Bachelor und Master</td><td>SWS
4+2</td><td>Leistungspunkte:
10</td><td colspan="2">Verantwortung
Weber</td></tr>
<tr><td colspan="5">Regelmäßigkeit: jährlich</td></tr>
<tr><td colspan="5">Inhalt:
• Risikomaße und Risikoaggregation
• Extremwerttheorie
• Multivariate Modellierung
• Copulas und Abhängigkeitsstruktur
• Kreditrisikomanagement

Grundlegende Literatur:
📖 A. J. McNeil, R. Fey, and P. Embrechts: Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques, and Tools, Princeton Series in Finance, 2015.

Empfohlene Vorkenntnisse: Mathematische Stochastik I und II, evtl. Financial Mathematics 1</td></tr>
<tr><td colspan="5">Modulzugehörigkeit:
• Spezialisierung Bachelor Stochastik
• Wahlmodul Bereich Angewandte Mathematik im Master Mathematik</td></tr>
</table>