



Fachbereich Mathematik

Modulhandbuch

Mathematik

Bachelor of Science*

Wintersemester 2026

Stand 9. Oktober 2026

*Gültig für die Studien- und Prüfungsordnung von 2026.

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibung des Studiengangs	3
1.1	Qualifikationsziele	3
1.2	Struktur des Studiengangs	4
1.3	Studien- und Prüfungspläne, Mentorinnen und Mentoren	5
2	Studienverlaufsplan	6
2.1	Übersicht nach Modulen	6
2.2	Übersicht nach Studienverlauf	8
2.3	Auswahl möglicher Studienverläufe	10
2.4	Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung	11
3	Modulbeschreibungen	15
	Abschnitt 1: Grundlagen der Mathematik	15
	Abschnitt 2: Aufbauende Pflichtmodule	21
	Abschnitt 3: Erweiterungswissen Mathematik	31
	Abschnitt 4: Freier Wahlbereich	39
	Abschnitt 5: Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen	77
	Abschnitt 6: Bachelorarbeit	100
4	Lehrveranstaltungen für die Pflichtmodule mit Wahlmöglichkeit in Abschnitt 3 und 4	102
4.1	Katalog der Lehrveranstaltungen	102
4.2	Genehmigte Lehrveranstaltungskombinationen — Vernetzung in die Breite	162
4.3	Genehmigte Lehrveranstaltungskombinationen — Vernetzung in die Tiefe	165
4.4	Ausgeschlossene Lehrveranstaltungskombinationen	168
5	Informationen zum Angebot anderer Fachbereiche für den Freien Wahlbereich	170
5.1	Biologie	170
5.2	Biochemie	171
5.3	Chemie	171
5.4	Geographie	172
5.5	Geowissenschaften	173
5.6	Informatik	173
5.7	Kognitionswissenschaft	174
5.8	Philosophie	175
5.9	Physik	176
5.10	Psychologie	177
5.11	Wirtschaftswissenschaft	177

1 Beschreibung des Studiengangs

1.1 Qualifikationsziele

Ausbildungsziel des Bachelorstudiengangs Mathematik ist die Qualifizierung für eine berufliche Tätigkeit in der Wirtschaft (z. B. bei Banken, Versicherungen und Unternehmensberatungen) und in der Industrie (z. B. im Bereich der Simulation bzw. Interpretation von Simulationsergebnissen sowie im Bereich Softwareerstellung). Einsatzbereiche für Absolventinnen und Absolventen des Bachelorstudiengangs Mathematik finden sich demnach vorrangig in der Industrie, bei Banken, bei Versicherungen und in Verwaltungen sowie eingeschränkt bei Forschungsinstituten und in Hochschulen. Die Einsatzgebiete sind sehr vielfältig: Datenverarbeitung, Entwicklung und Anwendung algebraischer, analytischer, geometrischer, numerischer und stochastischer Methoden, Lösung von Optimierungsproblemen sowie Modellierung und Simulation komplexer Sachverhalte. Mit dem Bachelorabschluss können die Absolventinnen und Absolventen ihre Kenntnisse und Fertigkeiten in einem forschungsbezogenen Masterstudiengang im Fach Mathematik (in Tübingen M.Sc. Mathematik oder M.Sc. Mathematical Physics) vertiefen.

Fachliche Kompetenzen

Im Bachelorstudium Mathematik erwerben die Absolventinnen und Absolventen grundlegende und erste vertiefte fachwissenschaftliche Kenntnisse und Kompetenzen. Die Absolventinnen und Absolventen kennen die grundlegenden Fragestellungen in Linearer Algebra, Analysis, Numerik, Algebra und Stochastik, sie haben einen breiten Überblick über die grundlegenden Fragen und Methoden in diesen Bereichen der Mathematik und sind in der Lage, deren Zusammenhänge zu benennen. Sie können Probleme mit einem mathematischen Bezug erkennen und mit geeigneten Methoden lösen. Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, die zentralen Techniken zur Lösung mathematischer Situationen zu transferieren und exemplarisch in ausgewählten Teilgebieten anzuwenden. Sie erwerben erste Modellierungskompetenzen; ausgehend von realen Problemen lernen sie durch Reduktion ein vereinfachtes mathematisches Modell zu entwerfen, Lösungen innerhalb des Modells zu entwickeln und diese durch Rückkoppelung mit der ursprünglichen Fragestellung zu interpretieren. Die Absolventinnen und Absolventen verfügen über Abstraktionsvermögen und die Befähigung zum Erkennen von Analogien und Grundmustern. Sie haben grundlegende mathematische Denkmuster erworben wie die Strukturierung von Problemstellungen, das Erstellen von Argumentationsketten und schließlich das Beweisen von mathematischen Sätzen. Sie sind zu konzeptionellem, analytischem und logischem Denken in der Lage.

Überfachliche Kompetenzen

Absolventinnen und Absolventen der Mathematik sind aufgrund ihrer im Studium erworbenen analytischen Kompetenzen, ihres Abstraktionsvermögens und damit der Fähigkeit zur Lösung komplexer

Probleme in vielen Praxisfeldern (mit durchaus heterogenen Anforderungen) einsetzbar. Das Studium ist deshalb so gestaltet, dass diese für ein erfolgreiches Studium maßgeblichen, grundlegenden Fähigkeiten entwickelt werden. Vor allem in den Tutorien und den Seminaren trainieren die Studierenden ihre soziale Kommunikation (Arbeit in Kleingruppen, gemeinsames Bearbeiten der Übungsblätter und Nacharbeiten des Vorlesungsstoffes), sie erlernen Präsentationserstellung und -techniken und üben logisches und systematisches Argumentieren und Schreiben. Hiermit werden die Fähigkeiten zur Kommunikation, Verantwortungsübernahme und Arbeiten im Team erworben. Die Absolventinnen und Absolventen können Probleme aus anderen Wissenschafts- und Lebensbereichen mit mathematischem Bezug erkennen, einordnen, mathematisch formulieren und lösen. Sie sind in der Lage, relevante Information zu sammeln und zu interpretieren. Diese Vorgehensweisen können sie selbstständig und auch in Teams durchführen. Dabei sind sie in der Lage, ihre Entscheidungen zu erläutern und darüber zu diskutieren. Die Absolventinnen und Absolventen haben ein ausgeprägtes Durchhaltevermögen entwickelt.

Neben dem Erwerb von überfachlichen Kompetenzen in Pflichtmodulen, erweitern die Studierenden ihre Schlüsselqualifikationen durch überfachliche Veranstaltungen zu gesellschaftlichen Themen, durch fachwissenschaftliche Ergänzungsangebote, welche die Anwendung des Fachwissens im Arbeitsalltag vermitteln, durch Kompetenztrainings zur gezielten Schulung von Soft Skills oder durch Fremdsprachentrainings.

1.2 Struktur des Studiengangs

Das erste Studienjahr ist geprägt von den beiden großen Pflichtmodulen Lineare Algebra und Analysis, in denen die fachlichen Grundlagen der Mathematik vom akademischen Standpunkt aus vermittelt werden. Die entsprechenden Vorlesungen werden von Übungen begleitet, in denen die Studierenden intensiv betreut und die grundlegenden mathematischen Denk- und Arbeitsweisen sowie die Fähigkeit zur Präsentation von Lösungen vermittelt werden. Zusätzlich wählen die Studierenden bereits ihre ersten Module aus dem Abschnitt Freier Wahlbereich, die in aller Regel dem Angebot anderer Fachbereiche entstammen. In diesem außermathematischen Bereich sollen grundlegende Kenntnisse in anderen Disziplinen erworben werden, in denen Mathematik eingesetzt wird. Ziel des freien Wahlbereiches ist es, neben einer soliden mathematischen Fundierung den Studierenden je nach Neigung und Befähigung genügend Differenzierungsmöglichkeiten zu geben. Im freien Wahlbereich können Wahlpflichtmodule im Umfang von insgesamt 33 ECTS-Punkten aus dem Fachbereich Mathematik und den anderen Fachbereichen gewählt werden.

Im zweiten Studienjahr vertiefen die Studierenden im Pflichtbereich Mathematik ihre theoretischen Kenntnisse. Dabei bauen sie ihr Wissen in den Bereichen Algebra, Analysis, Numerik und Stochastik aus und belegen ein Proseminar *Vorträge in der Mathematik*. Die Vermittlung der Lehrinhalte in den Pflichtmodulen der Mathematik erfolgt durch Vorlesungen und begleitende Übungen. Zu jeder Vorlesung werden wöchentlich Aufgaben gestellt, die von den Studierenden schriftlich zu bearbeiten sind. In den Übungen präsentieren die Studierenden ihre Lösungen oder erstellen diese unter Begleitung der Übungsleiterinnen und Übungsleiter. Durch dieses in mathematischen Studiengängen übliche System sollen die Studierenden erlernen, systematisch die ihnen gestellten Aufgaben zu bearbeiten und das analytische und strukturelle Denken einzuüben. Des Weiteren sollen sie komplexe mathematische Sachverhalte schriftlich und mündlich darstellen können. Dies erfordert von den Studierenden die Fähigkeit zur Selbstorganisation und viel Eigenstudium, die im Studienverlauf vorgesehen ist

und angerechnet wird. Gleichzeitig sind intensive Betreuung und individuelle Fördermöglichkeiten gegeben.

Aufbauend auf dem Pflichtbereich der Mathematik wählen die Studierenden im dritten Studienjahr in den Modulen des Abschnitts 3 Erweiterungswissen Mathematik Veranstaltungen aus den Studienschwerpunkten Algebra und Geometrie, Analysis und Differentialgeometrie, Mathematische Physik, Numerische Mathematik und Optimierung und Stochastik. Zusätzlich belegen sie weitere Module im freien Wahlbereich sowie ein Seminar *Vorträge zu weiterführenden Themen in der Mathematik* und schließen ihr Studium mit der Bachelorarbeit ab. In der Bachelorarbeit werden die Studierenden unter Anleitung der Betreuerin oder des Betreuers an die selbständige Ausarbeitung eines mathematischen Themas und in begrenztem Umfang an das wissenschaftliche Schreiben herangeführt. Letzteres wird unterstützt durch das Modul *Arbeitstechniken in der Mathematik*, das im Rahmen der überfachlichen berufsfeldorientierten Kompetenzen eingebracht werden kann.

1.3 Studien- und Prüfungspläne, Mentorinnen und Mentoren

Um sicherzustellen, dass die Studierenden ihr Studium von Anfang an sinnvoll gestalten und alle Regeln einhalten, wird jeder und jedem Studierenden mit Aufnahme des Studiengangs eine Mentorin oder ein Mentor zur Seite gestellt. Mit dieser Mentorin oder diesem Mentor trifft sich die oder der Studierende zu Beginn des Studiums, um einen persönlichen Studien- und Prüfungsplan zu erstellen, der alle im Studium geplanten Module enthält. Der Studien- und Prüfungsplan ist der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zur Prüfung vorzulegen. In den Folgesemestern trifft sich die oder der Studierende jeweils mindestens einmal mit seiner Mentorin oder seinem Mentor, um den Studien- und Prüfungsplan anzupassen. Die angepassten Studien- und Prüfungspläne sind wieder zur Genehmigung vorzulegen. Die Aufgabe der Mentorin oder des Mentors übernimmt zunächst eine vom Fachbereich beauftragte Studienfachberaterin oder ein vom Fachbereich beauftragter Studienfachberater. Am Übergang vom zweiten zum dritten Studienjahr wird diese oder dieser durch eine persönliche Mentorin oder einen persönlichen Mentor ersetzt, den die oder der Studierende in Absprache mit der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses wählt.

Ein sinnvolles Zeitfenster für einen Studienanteil an einer ausländischen Hochschule sollte prinzipiell in einem persönlichen Beratungsgespräch mit der Mentorin oder dem Mentor geplant werden. Die Vereinbarung eines Learning Agreements stellt zudem sicher, dass und wie die an der anderen Hochschule erbrachten Leistungen im eigenen Studium eingebracht werden können. Grundsätzlich eignet sich für ein Auslandsstudium jedes Fachsemester, auch wenn sich in aller Regel das dritte Studienjahr hierfür in besonderer Weise anbietet, weil sich die Module dieses Jahres hinsichtlich der einbringbaren Lehrveranstaltungen durch eine besondere Flexibilität auszeichnen. Die Entscheidung wird im Einzelnen von den bereits erbrachten Leistungen der oder des Studierenden und dem Angebot an der gewählten ausländischen Hochschule abhängen. Auch die Erstellung der Bachelorarbeit während des Auslandsaufenthaltes und unter Kobetreuung durch eine dortige Lehrende oder einen dortigen Lehrenden ist möglich.

2 Studienverlaufsplan

2.1 Übersicht nach Modulen

Wir geben hier eine Übersicht über den Studienverlauf in Form einer Tabelle, die die im Studiengang zu belegenden Module aufzeigt.

EFS	Modul-nummer	Modultitel	Art der Veran-staltungen	Art des Moduls	Studien-leistung	Prü-fungs-form	ECTS-Punkte
Abschnitt 1: Grundlagen der Mathematik							
1+2	MAT-10-10	Grundlagen der Mathematik		PM		mP	27
		- Grundlagen der Mathematik 1	V+Ü+T		ÜN		
		- Grundlagen der Mathematik 2	V+Ü+T		ÜN		
		- Mathematik entdecken	P		PN		
1+2	MAT-10-12	Elemente der Linearen Algebra		PM		mP	9
		- Algebraische Strukturen	V+Ü		ÜN		
		- Multilineare Algebra	V+Ü		ÜN		
Abschnitt 2: Aufbauende Pflichtmodule							
3-4	MAT-20-03	Algebra		PMW		mP	9
		- Einführung in Galoistheorie	V+Ü		ÜN		
		- weitere Vorlesung zur Algebra	V+Ü		ÜN		
3-4	MAT-20-04	Aufbauende Pflichtmodule Analysis		PM		mP	18
		- Maß- und Integrationstheorie	V+Ü		ÜN		
		- Einführung in Gewöhnliche Diffe- rentialgleichungen	V+Ü		ÜN		
		- Einführung in Funktionentheorie	V+Ü		ÜN		
		- Integration auf Untermannig- faltigkeiten des $\mathbb{R}^n$	V+Ü		ÜN		
3-4	MAT-20-11	Numerik		PMW		K o. mP	9
		- Einführung in Numerik	V+Ü		ÜN		
		- weitere Vorlesung zur Numerik	V+Ü		ÜN		
3-4	MAT-20-12	Stochastik	V+Ü	PM	ÜN	K o. mP	9
3-4	MAT-20-20	Proseminar Mathematische Vorträge	PS	PMW	s.M.	R	3
Abschnitt 3: Erweiterungswissen Mathematik							
5-6	MAT-30-01	Weiterführende Mathematik 1	V+Ü	PMW	ÜN	K o. mP	9
5-6	MAT-30-02	Weiterführende Mathematik 2	V+Ü	PMW	ÜN	K o. mP	9
6	MAT-30-03	Vernetzung mathematischer Berei- che	V+Ü	PMW	ÜN	K o. mP	9

5-6	MAT-30-10	Seminar Vorträge zu weiterführenden Themen in der Mathematik	S	PMW	s.M.	R	3
Abschnitt 4: Freier Wahlbereich							
1-6		1 Modul aus dem B.Sc. Informatik (nähere Regelung s.u. 3 Modulbeschreibungen)		PMW			9
1-6		Module aus den Studiengängen des Fachbereichs Mathematik oder anderer Fachbereiche (nähere Regelung s.u. 3 Modulbeschreibungen)		WPM			24
Abschnitt 5: Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen							
1-6		Module aus dem Angebot der Universität zum Bereich überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen (nähere Regelung s.u. 3 Modulbeschreibungen)		WPM			15
1-6		Module zum Themenbereich Demokratie und sozialer Rechtsstaat (nähere Regelung s.u. 3 Modulbeschreibungen)		WPM			3
2-4	MAT-00-10	Einführung in wissenschaftliches Programmieren	P+P	PMW	PN	keine	3
Abschnitt 6: Bachelorarbeit							
6	MAT-30-20	Bachelorarbeit	BA	PM		BA+mP	12
Erläuterung der Abkürzungen: Art des Moduls : PM=Pflichtmodul, PMW=Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit, WPM=Wahlpflichtmodul Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Studienleistung : ÜN=Übungsnachweis, PN=Praktikumsnachweis, PÜN=Nachweis zu Programmierübungen Sonstiges : o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, EFS=empfohlenes Fachsemester							

Anmerkung auf Wunsch der studentischen Vertreter in der Studienkommission: Bei Modulen, die sich über mehrere Semester erstrecken, wird dringend empfohlen, die Inhalte der Teilmodule jeweils in der vorlesungsfreien Zeit noch einmal gründlich durcharbeiten und damit die Vorbereitung auf die mündliche Prüfung über einen längeren Zeitraum zu verteilen.

2.2 Übersicht nach Studienverlauf

Wir geben zunächst eine Übersicht über den möglichen Studienverlauf in Form einer Tabelle sowohl für den Einstieg im Wintersemester als auch für den Einstieg im Sommersemester. Der freie Wahlbereich und der Abschnitt zu überfachlichen berufsfeldorientierten Kompetenzen ist dabei nicht näher aufgeschlüsselt. Anschließend geben wir einige konkrete mögliche Studienverläufe mit exemplarischer Belegung der Pflichtmodule mit Wahlmöglichkeit und der Wahlpflichtmodule.

Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Wintersemester – Module							
FS	LP	Kernbereich Mathematik				FW	ÜbK
1	30	Grundlagen der Mathematik (27 LP)		Elemente der Linearen Algebra (9 LP)		Freier Wahlbereich (33 LP)	Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen (21 LP)
2	30						
3	30	Aufbauende Pflichtmodule Analysis (18 LP)	Algebra (9 LP)	Numerik (9 LP)	Proseminar (3 LP)		
4	30			Stochastik (9 LP)			
5	30	Weiterführende Mathematik 1 (9 LP)		Weiterführende Mathematik 2 (9 LP)			
6	30	Vernetzung mathematischer Bereiche (9 LP)	Seminar (3 LP)	Bachelorarbeit (12 LP)			

Erläuterung der Abkürzungen:
FS=Fachsemester, LP=Leistungspunkte (ECTS-Punkte), FW=Freier Wahlbereich, ÜbK=Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen

Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Wintersemester – Teilmodule			
FS	LP	Liste der Teilmodule	
1	30	Grundlagen der Mathematik 1 (13 LP)	Freier Wahlbereich / ÜbK (11,5 LP)
		Mathematik entdecken (1 LP)	Algebraische Strukturen (4,5 LP)
2	30	Grundlagen der Mathematik 2 (13 LP)	Multilineare Algebra (4,5 LP)
		Freier Wahlbereich (0-12,5 LP)	ÜbK (0-12,5 LP)
3	30	Einführung in Numerik (4,5 LP)	Proseminar (3 LP)
		weiteres Numerik-Teilmodul (4,5 LP)	Freier Wahlbereich (0-1,5 LP)
		Praktikum zur Numerik (1,5 LP)	ÜbK (0-1,5 LP)
		weiteres Softwarepraktikum (1,5 LP)	Maß- und Integrationstheorie (4,5 LP)
		weiteres Algebra-Teilmodul (4,5 LP)	Einführung in Gewöhnliche DGL (4,5 LP)
4	30	Einführung in Galoistheorie (4,5 LP)	Einführung in Funktionentheorie (4,5 LP)
		Stochastik (9 LP)	Integration auf Untermfkt. des $\mathbb{R}^n$ (4,5 LP)
		Freier Wahlbereich (0-7,5 LP)	ÜbK (0-7,5 LP)
5	30	Weiterführende Mathematik 1 (9 LP)	Freier Wahlbereich (0-12 LP)
		Weiterführende Mathematik 2 (9 LP)	ÜbK (0-12 LP)
6	30	Vernetzung Mathematischer Bereiche (9 LP)	Freier Wahlbereich / ÜbK (6 LP)
		Seminar (3 LP)	Bachelorarbeit (12 LP)

Erläuterung der Abkürzungen:
 FS=Fachsemester, LP=Leistungspunkte (ECTS-Punkte), FW=Freier Wahlbereich,
 ÜbK=Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen

Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Sommersemester								
FS	LP	Kernbereich Mathematik				FW	ÜbK	
1	30	Grundlagen der Mathematik (27 LP)			Elemente der Linearen Algebra (9 LP)		Freier Wahl- bereich (33 LP)	Überfach- liche berufsfeld- orientierte Kompe- tenzen (21 LP)
2	30							
3	30	Algebra (9 LP)	Stochastik (9 LP)	Proseminar (3 LP)	Aufbauende Pflichtmodule Analysis (18 LP)			
4	30		Numerik (9 LP)					
5	30	Weiterführende Mathematik 1 (9 LP)			Weiterführende Mathematik 2 (9 LP)			
6	30	Vernetzung mathematischer Bereiche (9 LP)		Seminar (3 LP)		Bachelorarbeit (12 LP)		
Erläuterung der Abkürzungen: FS=Fachsemester, LP=Leistungspunkte (ECTS-Punkte), FW=Freier Wahlbereich, ÜbK=Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen								

Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Sommersemester – Teilmodule			
FS	LP	Liste der Teilmodule	
1	30	Grundlagen der Mathematik 1 (13 LP)	Freier Wahlbereich / ÜbK (11,5 LP)
		Mathematik entdecken (1 LP)	Algebraische Strukturen (4,5 LP)
2	30	Grundlagen der Mathematik 2 (13 LP)	Maß- und Integrationstheorie (4,5 LP)
		Freier Wahlbereich (0-12,5 LP)	ÜbK (0-12,5 LP)
3	30	Proseminar (3 LP)	Multilineare Algebra (4,5 LP)
		Stochastik (9 LP)	Integration auf Untermfkt. des $\mathbb{R}^n$ (4,5 LP)
		Einführung in Galoistheorie (4,5 LP)	Einführung in Funktionentheorie (4,5 LP)
4	30	weiteres Algebra-Teilmodul (4,5 LP)	Einführung in Gewöhnliche DGL (4,5 LP)
		Einführung in Numerik (4,5 LP)	Praktikum zur Numerik (1,5 LP)
		weiteres Numerik-Teilmodul (4,5 LP)	weiteres Softwarepraktikum (1,5 LP)
		Freier Wahlbereich (0-9 LP)	ÜbK (0-9 LP)
5	30	Weiterführende Mathematik 1 (9 LP)	Freier Wahlbereich (0-12 LP)
		Weiterführende Mathematik 2 (9 LP)	ÜbK (0-12 LP)
6	30	Vernetzung Mathematischer Bereiche (9 LP)	Freier Wahlbereich / ÜbK (6 LP)
		Seminar (3 LP)	Bachelorarbeit (12 LP)
Erläuterung der Abkürzungen: FS=Fachsemester, LP=Leistungspunkte (ECTS-Punkte), FW=Freier Wahlbereich, ÜbK=Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen			

2.3 Auswahl möglicher Studienverläufe

Exemplarischer Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Wintersemester			
FS	LP	Liste der Teilmodule	
1	30,5	Praktische Informatik 1 (9 LP)	Künstliche Kreative Intelligenz: von Deep Art, DeepFakes bis zu ChatGPT4 (3 LP)
		Grundlagen der Mathematik 1 (13 LP)	Algebraische Strukturen (4,5 LP)
		Mathematik entdecken (1 LP)	Multilineare Algebra (4,5 LP)
2	28,5	Grundlagen der Mathematik 2 (13 LP)	Arbeitstechniken in der Mathematik (2 LP)
		Praktische Informatik 2 (9 LP)	
3	31,5	Einführung in Numerik (4,5 LP)	Proseminar (3 LP)
		Einführung in Lineare Optimierung (4,5 LP)	Verantwortung in der Zivilgesellschaft
		Praktikum zur Numerik (1,5 LP)	Herausforderung Digitalisierung (3 LP)
		Algorithmen der Linearen Algebra (1,5 LP)	Maß- und Integrationstheorie (4,5 LP)
		Elementare Zahlentheorie (4,5 LP)	Einführung in Gewöhnliche DGL (4,5 LP)
4	30,5	Einführung in Galoistheorie (4,5 LP)	Einführung in Funktionentheorie (4,5 LP)
		Stochastik (9 LP)	Integration auf Untermfkt. des $\mathbb{R}^n$ (4,5 LP)
			Fachpraktikum (8 LP)
5	29	Weiterführende Mathematik 1 (9 LP)	Theoretische Informatik 1 (9 LP)
		Weiterführende Mathematik 2 (9 LP)	Mathematik Lehren Lernen (2 LP)
6	30	Vernetzung Mathematischer Bereiche (9 LP)	Wahlbereich 6-1 (6 LP)
		Seminar (3 LP)	Bachelorarbeit (12 LP)

Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Sommersemester – Teilmodule			
FS	LP	Liste der Teilmodule	
1	30,5	Grundlagen der Mathematik 1 (13 LP)	Grundkurs Physik 1 (12 LP)
		Mathematik entdecken (1 LP)	Algebraische Strukturen (4,5 LP)
2	29,5	Grundlagen der Mathematik 2 (13 LP)	Maß- und Integrationstheorie (4,5 LP)
			Grundkurs Physik 2 (12 LP)
3	30	Proseminar (3 LP)	Multilineare Algebra (4,5 LP)
		Stochastik (9 LP)	Integration auf Untermfkt. des $\mathbb{R}^n$ (4,5 LP)
		Einführung in Galoistheorie (4,5 LP)	Einführung in Funktionentheorie (4,5 LP)
4	30	Elementare Zahlentheorie (4,5 LP)	Einführung in Gewöhnliche DGL (4,5 LP)
		Einführung in Numerik (4,5 LP)	Praktikum zur Numerik (1,5 LP)
		Einführung in Lineare Optimierung (4,5 LP)	Stochastik mit R (1,5 LP)
			Praktische Informatik 1 (9 LP)
5	30	Weiterführende Mathematik 1 (9 LP)	Arbeitstechniken der Mathematik (2 LP)
		Weiterführende Mathematik 2 (9 LP)	Professionelle Gesprächsführung (2 LP)
		Fachpraktikum (5 LP)	Wissenschaftliches Schreiben (3 LP)
6	30	Vernetzung Mathematischer Bereiche (9 LP)	Conspiracy Theories in Times of Crisis (3 LP)
		Seminar (3 LP)	Medien und Verantwortung
		Bachelorarbeit (12 LP)	im digitalen Zeitalter (3 LP)

Erläuterung der Abkürzungen: FS=Fachsemester, LP=Leistungspunkte (ECTS-Punkte)

2.4 Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung

Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung bei Studienbeginn im Wintersemester															
		Prüfungsleistung				Lehrform				Semester					
		Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Gewichtung bei der Abschlussnote	Art der Lehrform	Status	SWS	Summe der ECTS-Punkte (LP)	Die Zuordnung der Prüfungen / ECTS-Punkte zu Semestern hat empfehlenden Charakter. Die Zuordnung von ECTS-Punkten zu Veranstaltungen haben informativen Charakter. Die Gutschrift von Leistungspunkten erfolgt erst nach Abschluss des Moduls.					
										1. LP	2. LP	3. LP	4. LP	5. LP	6. LP
Abschnitt 1: Grundlagen der Mathematik									36						
Grundlagen der Mathematik								26	27						
1.	Vorlesung	mP	30-40	b	27	V	o	12		9	9				
2.	Übung					Ü	o	6		4	4				
3.	Repetitorium					T	o	6		0	0				
4.	Praktikum					P	o	2		1					
Elemente der Linearen Algebra								6	9						
1.	Vorlesung	mP	20-30	b	9	V	o	4		3	3				
2.	Übung					Ü	o	2		1,5	1,5				
Abschnitt 2: Aufbauende Pflicht- und Wahlpflichtmodule									48						
Aufbauende Pflichtmodule Analysis								12	18						
1.	Vorlesung	mP	20-30	b	18	V	o	8				6	6		
2.	Übung					Ü	o	4				3	3		
Algebra								6	9						
1.	Vorlesung	mP	20-30	b	9	V	o	4				3	3		
2.	Übung					Ü	o	2				1,5	1,5		
Numerik								6	9						
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4				6			
2.	Übung					Ü	o	2				3			
Stochastik								6	9						
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4					6		
2.	Übung					Ü	o	2					3		
Proseminar Mathematische Vorträge								2	3						
1.	Proseminar	R		b	3	PS	o	2				3			
Abschnitt 3: Erweiterungswissen Mathematik									30						
Weiterführende Mathematik 1								6	9						
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4						6	
2.	Übung					Ü	o	2							3

Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung bei Studienbeginn im Wintersemester															
		Prüfungsleistung				Lehrform				Semester					
		Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Gewichtung bei der Abschlussnote	Art der Lehrform	Status	SWS	Summe der ECTS-Punkte (LP)	Die Zuordnung der Prüfungen / ECTS-Punkte zu Semestern hat empfehlenden Charakter. Die Zuordnung von ECTS-Punkten zu Veranstaltungen haben informativen Charakter. Die Gutschrift von Leistungspunkten erfolgt erst nach Abschluss des Moduls.					
										1. LP	2. LP	3. LP	4. LP	5. LP	6. LP
Weiterführende Mathematik 2								6	9						
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4						6	
2.	Übung					Ü	o	2					3		
Vernetzung mathematischer Bereiche								6	9						
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4							6
2.	Übung					Ü	o	2						3	
Seminar Vorträge zu weiterführenden Themen in der Mathematik								2	3						
1.	Seminar	R		b	3	S	o	2						3	
Abschnitt 4: Freier Wahlbereich									33						
ein Modul aus dem Studiengang B.Sc. Informatik								6	9						
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	-	V	o	4		6					
2.	Übung					Ü	o	2		3					
Weitere Module im Umfang von 24 ECTS aus den Studiengängen des Fachbereichs Mathematik und der anderen Fachbereiche (nähere Regelung s.u. 3 Modulbeschreibungen)															
Abschnitt 5: Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen									21						
Einführung in wissenschaftliches Programmieren								4	3						
1.	Softwarepraktikum	-	-	nb	-	P	o	2				1,5			
2.	Praktikum zur Numerik					P	o	2				1,5			
Module zum Themenbereich Demokratie und sozialer Rechtsstaat									3						
Weitere Module im Umfang von 15 ECTS aus dem Angebot der Universität zum Bereich überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen (nähere Regelung s.u. 3 Modulbeschreibungen)															
Abschnitt 6: Bachelorarbeit									12						
Bachelorarbeit									12						
1.	Bachelorarbeit	BA + mP		b		BA	o								12
Erläuterung der Abkürzungen:															
Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet															
Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit															
Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar															
Status : o=obligatorisch, f=fakultativ															
Sonstiges : o.=oder, SWS=Semesterwochenstunden, LP=Leistungspunkte=ECTS-Punkte															

Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung bei Studienbeginn im Wintersemester																
		Prüfungsleistung				Lehrform				Semester						
		Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Gewichtung bei der Abschlussnote	Art der Lehrform	Status	SWS	Summe der ECTS-Punkte (LP)	Die Zuordnung der Prüfungen / ECTS-Punkte zu Semestern hat empfehlenden Charakter. Die Zuordnung von ECTS-Punkten zu Veranstaltungen haben informativen Charakter. Die Gutschrift von Leistungspunkten erfolgt erst nach Abschluss des Moduls.						
										1. LP	2. LP	3. LP	4. LP	5. LP	6. LP	
Abschnitt 1: Grundlagen der Mathematik									36							
Grundlagen der Mathematik								26	27							
1.	Vorlesung	mP	30-40	b	27	V	o	12		9	9					
2.	Übung					Ü	o	6		4	4					
3.	Repetitorium					T	o	6		0	0					
4.	Praktikum					P	o	2		1						
Elemente der Linearen Algebra								6	9							
1.	Vorlesung	mP	20-30	b	9	V	o	4		3		3				
2.	Übung					Ü	o	2		1,5		1,5				
Abschnitt 2: Aufbauende Pflicht- und Wahlpflichtmodule									48							
Aufbauende Pflichtmodule Analysis								12	18							
1.	Vorlesung	mP	20-30	b	18	V	o	8			3	3	6			
2.	Übung					Ü	o	4			1,5	1,5	3			
Algebra								6	9							
1.	Vorlesung	mP	20-30	b	9	V	o	4				3	3			
2.	Übung					Ü	o	2				1,5	1,5			
Numerik								6	9							
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4					6			
2.	Übung					Ü	o	2					3			
Stochastik								6	9							
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4				6				
2.	Übung					Ü	o	2					3			
Proseminar Mathematische Vorträge								2	3							
1.	Proseminar	R		b	3	PS	o	2				3				
Abschnitt 3: Erweiterungswissen Mathematik									30							
Weiterführende Mathematik 1								6	9							
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4						6		
2.	Übung					Ü	o	2						3		
Weiterführende Mathematik 2								6	9							
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4						6		
2.	Übung					Ü	o	2							3	

Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung bei Studienbeginn im Wintersemester															
		Prüfungsleistung				Lehrform				Semester					
		Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Gewichtung bei der Abschlussnote	Art der Lehrform	Status	SWS	Summe der ECTS-Punkte (LP)	Die Zuordnung der Prüfungen / ECTS-Punkte zu Semestern hat empfehlenden Charakter. Die Zuordnung von ECTS-Punkten zu Veranstaltungen haben informativen Charakter. Die Gutschrift von Leistungspunkten erfolgt erst nach Abschluss des Moduls.					
										1. LP	2. LP	3. LP	4. LP	5. LP	6. LP
Vernetzung mathematischer Bereiche								6	9						
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4							6
2.	Übung					Ü	o	2							
Seminar Vorträge zu weiterführenden Themen in der Mathematik								2	3						
1.	Seminar	R		b	3	S	o	2						3	
Abschnitt 4: Freier Wahlbereich									33						
ein Modul aus dem Studiengang B.Sc. Informatik								6	9						
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	-	V	o	4			6				
2.	Übung					Ü	o	2			3				
Weitere Module im Umfang von 24 ECTS aus den Studiengängen des Fachbereichs Mathematik und der anderen Fachbereiche (nähere Regelung s.u. 3 Modulbeschreibungen)															
Abschnitt 5: Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen									21						
Einführung in wissenschaftliches Programmieren								4	3						
1.	Softwarepraktikum	-	-	nb	-	P	o	2				1,5			
2.	Praktikum zur Numerik					P	o	2				1,5			
Module zum Themenbereich Demokratie und sozialer Rechtsstaat									3						
Weitere Module im Umfang von 15 ECTS aus dem Angebot der Universität zum Bereich überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen (nähere Regelung s.u. 3 Modulbeschreibungen)															
Abschnitt 6: Bachelorarbeit									12						
Bachelorarbeit									12						
1.	Bachelorarbeit	BA + mP		b		BA	o								12
Erläuterung der Abkürzungen:															
Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet															
Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit															
Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar															
Status : o=obligatorisch, f=fakultativ															
Sonstiges : o.=oder, SWS=Semesterwochenstunden, LP=Leistungspunkte=ECTS-Punkte															

3 Modulbeschreibungen

Abschnitt 1: Grundlagen der Mathematik

Modulnummer: MAT-10-10	Modultitel: Grundlagen der Mathematik		Art des Moduls: Pflichtmodul
ECTS-Punkte	27		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 810 h	Kontaktzeit: 300 h	Selbststudium: 510 h
Moduldauer	2 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	1+2		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	1. Semester: Grundlagen der Mathematik 1, Vorlesung 6 SWS + Übung 3 SWS + Rep. 2 SWS 2. Semester: Grundlagen der Mathematik 2, Vorlesung 6 SWS + Übung 3 SWS + Rep. 2 SWS 1. Semester: Mathematik entdecken, Praktikum 2 SWS		
Übergeordnete Ziele	Im Modul Grundlagen der Mathematik lernen die Studierenden die wesentlichen inhaltlichen und methodischen Grundlagen der Linearen Algebra sowie der ein- und der mehrdimensionalen Analysis in ihrem Zusammenhang und mit einem besonderen Augenmerk auf Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Zugang kennen. In der mündlichen Prüfung zeigen die Studierenden, dass sie diese Zusammenhänge erkannt haben und in der Lage sind, die zentralen Ergebnisse der Vorlesungen in diese Zusammenhänge einzuordnen. Die zeitliche Dauer des Moduls trägt neben diesen Zielen auch dem Erwerb einer neuen Sprache, die der Mathematik, und dem Erlernen einer präzisen, streng logischen Arbeitsweise Rechnung. Die Studierenden haben so die nötige Zeit für den großen Schritt von der Schulmathematik hin zur Hochschulmathematik. Mit dem in den mündlichen Prüfungen gezeigten tieferen und vernetzten Verständnis wird die Grundlage für die erfolgreiche Teilnahme an allen weiterführenden Modulen im Studium gelegt.		

Modulinhalt	• Einfache Logik, Mengen und Abbildungen. • Aufbau der reellen und komplexen Zahlen. • Folgen, Konvergenz und Reihen; Konvergenzkriterien; Potenzreihen; Funktionenfolgen; punktweise und gleichmäßige Konvergenz. • Stetige Funktionen im Eindimensionalen und zwischen metrischen Räumen und ihre Eigenschaften. • Differentialrechnung im Ein- und im Mehrdimensionalen (insbesondere Mittelwertsatz, Taylorentwicklung, Satz über implizite Funktionen, Satz von der Umkehrfunktion, Extrema unter Nebenbedingungen). • Riemann-Integral im Eindimensionalen. • Topologische Grundbegriffe in metrischen und normierten Räumen. • Vektorräume und lineare Abbildungen. • Matrizenkalkül und lineare Gleichungssysteme. • Determinanten, Eigenwerte und Diagonalisierbarkeit. • Jordansche Normalform. • Euklidische und unitäre Vektorräume, Spektralsätze. • Grundzüge der analytischen Geometrie. • Die Vorlesung Grundlagen der Mathematik 1 konzentriert sich überwiegend auf Inhalte der eindimensionalen Analysis und erste Begriffe der Linearen Algebra bis hin zu linearen Gleichungssystemen. Die Vorlesung Grundlagen der Mathematik 2 behandelt die weiteren Teile der Linearen Algebra sowie der mehrdimensionalen Analysis. • Das Teilmodul Mathematik entdecken dient der Einführung in das mathematische Arbeiten, die mathematische Modellierung und die Abstraktion.
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen und verstehen die grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden der ein- und der mehrdimensionalen Analysis sowie der Linearen Algebra. Ihr Abstraktionsvermögen wurde gefördert, sie sind im analytischen Denken geschult und ihre mathematische Phantasie wurde angeregt. Anhand eines beweis- und strukturorientierten Zugangs haben sie gelernt, mathematische Beweise der Analysis und der Linearen Algebra nachzuvollziehen und in einfachen Beispielen selbständig mathematische Aussagen zu beweisen bzw. zu widerlegen. Sie haben die wesentlichen Zusammenhänge der Theorie der ein- und der mehrdimensionalen Analysis, ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede sowie die Verbindungen zur Linearen Algebra erkannt und sind in der Lage, die zentralen Aussagen der Vorlesungen in diese Zusammenhänge einzuordnen. Die Studierenden sind prinzipiell in der Lage, aus einer ggf. nicht mathematisch formulierten Fragestellung durch mathematische Modellierung eine mathematische Fragestellung und Ansätze zu deren Lösung herzuleiten sowie diese wieder mit der Ausgangsfrage in Beziehung setzen. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus den Vorlesungen erarbeitet. Zudem wurde dort die Präsentations- und Kommunikationsfähigkeit der Studierenden durch schriftliche Arbeiten und die Präsentation eigener Lösungen geschult. Die Studierenden sind in der Lage, sich durch Selbststudium Wissen anzueignen und gleichzeitig wurde ihre Teamfähigkeit durch Arbeit in kleineren Gruppen gefördert.

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Grundlagen der Mathematik 1	V	o	6	9	ja	mP	30-40	b	100
		Ü	o	3	4					
		T	o	2	0					
	Grundlagen der Mathematik 2	V	o	6	9	ja				
		Ü	o	3	4					
T		o	2	0						
Mathematik entdecken	P	o	2	1	ja					
In jedem der zwei Teilmodule Grundlagen der Mathematik 1 und 2 ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Der Übungsnachweis wird jeweils nach regelmäßiger Teilnahme an den Übungen durch die Teilnahme an einem Test zu den Übungen erworben. Beide Teilleistungen müssen im selben Semester erbracht werden. Im Teilmodul Mathematik entdecken wird ein Praktikumsnachweis als Studienleistung durch die regelmäßige aktive Teilnahme erbracht. Die Prüfungsleistung des Moduls besteht aus einer mündlichen Prüfung über Teilmodule Grundlagen der Mathematik 1 und 2. Für die Teilnahme an der mündlichen Prüfung muss mindestens einer der beiden Übungsnachweise zu den Teilmodulen Grundlagen der Mathematik 1 oder 2 erworben worden sein. Das Modul ist erst abgeschlossen, wenn beide Übungsnachweise sowie der Praktikumsnachweis erworben wurden und die mündliche Prüfung bestanden ist. Bei Modulen, die sich über mehrere Semester erstrecken, wird dringend empfohlen, die Inhalte der Teilmodule jeweils in der vorlesungsfreien Zeit noch einmal gründlich durchzuarbeiten und damit die Vorbereitung auf die mündliche Prüfung über einen längeren Zeitraum zu verteilen.										
Literatur	Exemplarische Literatur : • Anton Deitmar: Analysis. Springer 2016. • Otto Forster: Analysis 1. Springer Spektrum 2013. • Otto Forster: Analysis 2. Vieweg+Teubner 2011. • Theodor Bröcker: Lineare Algebra und analytische Geometrie. Birkhäuser 2013. • Gerd Fischer: Lineare Algebra. Springer Spektrum 2014. • Daniel Grieser: Mathematisches Problemlösen und Beweisen. Springer Spektrum 2017.									
Verwendbarkeit	Die erfolgreiche Teilnahme am Modul Grundlagen der Mathematik ist Voraussetzung für die Teilnahme an allen mathematischen Modulen der Abschnitte 3, 4 und 6.									
Teilnahme-voraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.									
Modul-verantwortliche	Daniele Agostini, Anton Deitmar, Frank Loose, Hannah Markwig, Thomas Markwig, Stefan Teufel									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-10-12	Modultitel: Elemente der Linearen Algebra		Art des Moduls: Pflichtmodul
ECTS-Punkte	9		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Moduldauer	2 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	1+2		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	1. Semester: Algebraische Strukturen, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS 2. Semester: Multilineare Algebra, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Modulinhalt	• Algebraische Strukturen: – Gruppen, Untergruppen, Gruppenhomomorphismen, Normalteiler, Faktorgruppe. – Zyklische Gruppen und die symmetrische Gruppe. – Kommutative Ringe mit Eins, Teilbarkeit. – Euklidische Ringe, Hauptidealringe, faktorielle Ringe. – Der Ring der ganzen Zahlen und der Polynomring. • Multilineare Algebra – Bilinearformen und Multilineare Algebra (Tensorprodukt, Äußeres Produkt). – Zudem wird eine Auswahl aus den folgenden Themengebieten behandelt: * Rationale Normalform und Elementarteiler; * Grundbegriffe zu Moduln (Torsionsmoduln, endlich erzeugte Moduln, abelsche Gruppen); * Moduln über euklidischen Ringen (Hermite-Normalform, Smith-Normalform, Struktursätze); * Endlich erzeugte Moduln über Hauptidealringen; * Analytische Geometrie, Klassifikation der Kegelschnitte.		
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen und verstehen die grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden der Linearen und Multilinearen Algebra. Ihr Abstraktionsvermögen wurde gefördert, sie sind im analytischen Denken geschult und ihre mathematische Phantasie wurde angeregt. Anhand eines beweis- und strukturorientierten Zugangs haben sie gelernt, mathematische Beweise der Linearen Algebra nachzuvollziehen und in einfachen Beispielen selbständig mathematische Aussagen zu beweisen bzw. zu widerlegen. Sie haben die wesentlichen Zusammenhänge der Theorie der Linearen und der Multilinearen Algebra, insbesondere ihre strukturellen Gemeinsamkeiten, erkannt und sind in der Lage, die zentralen Aussagen der Vorlesungen in diese Zusammenhänge einzuordnen. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus den Vorlesungen erarbeitet. Zudem wurde dort die Präsentations- und Kommunikationsfähigkeit der Studierenden durch schriftliche Arbeiten und die Präsentation eigener Lösungen geschult. Die Studierenden sind in der Lage, sich durch Selbststudium Wissen anzueignen und gleichzeitig wurde ihre Teamfähigkeit durch Arbeit in kleineren Gruppen gefördert.		

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Algebraische Strukturen	V	o	2	3	ja	mP	20-30	b	100
		Ü	o	1	1,5					
	Multilineare Algebra	V	o	2	3	ja				
		Ü	o	1	1,5					
In jedem der beiden Teilmodule ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der mündlichen Prüfung muss mindestens einer der beiden Übungsnachweise erworben worden sein. Das Modul ist erst abgeschlossen, wenn die beiden Übungsnachweise erworben wurden und die mündliche Prüfung bestanden ist. Bei Modulen, die sich über mehrere Semester erstrecken, wird dringend empfohlen, die Inhalte der Teilmodule jeweils in der vorlesungsfreien Zeit noch einmal gründlich durcharbeiten und damit die Vorbereitung auf die mündliche Prüfung über einen längeren Zeitraum zu verteilen.										
Literatur	Exemplarische Literatur : • Serge Lang: Algebraische Strukturen. Vandenhoeck & Ruprecht 1979. • Siegfried Bosch: Lineare Algebra. Springer 2008. • Egbert Brieskorn: Lineare Algebra und analytische Geometrie 1. Vieweg 1985. • Theodor Bröcker: Lineare Algebra und analytische Geometrie. Birkhäuser 2013. • Gerd Fischer: Lineare Algebra. Springer Spektrum 2014. • Peter Lax: Linear Algebra. Wiley 2007. • Max Koecher: Lineare Algebra und analytische Geometrie. Springer 2003.									
Verwendbarkeit	Die erfolgreiche Teilnahme am Modul Elemente der Linearen Algebra ist Voraussetzung für die Teilnahme an allen mathematischen Modulen der Abschnitte 3, 4 und 6.									
Teilnahmevoraussetzungen	Für die Teilnahme am Modul gibt es keine Voraussetzungen.									
Modulverantwortliche	Daniele Agostini, Jürgen Hausen, Hannah Markwig, Thomas Markwig									
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										

Abschnitt 2: Aufbauende Pflichtmodule

Modulnummer: MAT-20-03	Modultitel: Algebra		Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit
ECTS-Punkte	9		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Moduldauer	2 Semester		
Häufigkeit des Angebots	• Einführung in Galoistheorie, regelmäßig im Sommersemester • weitere Vorlesung zur Algebra, im Winter- oder Sommersemester		
Fachsemester	3-4		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	• Einführung in Galoistheorie, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS • weitere Vorlesung zur Algebra, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Modulinhalt	• Einführung in Galoistheorie – Körper und Körpererweiterungen. – Hauptsatz der Galoistheorie und Anwendungen, insbesondere: * Konstruktionen mit Zirkel und Lineal. * Auflösbarkeit von Gleichungen. • Eine weitere einführende Vorlesung zur Algebra zu einem der folgenden Themen: – Elementare Zahlentheorie. – Einführung in die Darstellungstheorie. – Endliche Gruppen. – Ausgewählte Themen der Algebra.		
Qualifikationsziele	Die Studierenden vertiefen ihr strukturelles Denken, kennen grundlegende algebraische Konzepte und können diese auf andere mathematische Disziplinen anwenden. Sie verstehen insbesondere am Beispiel der Körpertheorie, wie das Zusammenspiel verschiedener Teilgebiete der Algebra zu neuen Erkenntnissen führt, u.a. auf Antworten zu klassischen Fragestellungen der Antike. Dabei haben sie erfahren, dass das Zusammenwirken verschiedener Gebiete der Mathematik für die Lösung konkreter Probleme essentiell sein kann. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus den Vorlesungen erarbeitet. Zudem wurde dort die Präsentations- und Kommunikationsfähigkeit der Studierenden durch schriftliche Arbeiten und die Präsentation eigener Lösungen geschult. Die Studierenden sind in der Lage, sich durch Selbststudium Wissen anzueignen und gleichzeitig wurde ihre Teamfähigkeit durch Arbeit in kleineren Gruppen gefördert.		

Modulnummer: MAT-20-04	Modultitel: Aufbauende Pflichtmodule Analysis		Art des Moduls: Pflichtmodul
ECTS-Punkte	18		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 540 h	Kontaktzeit: 180 h	Selbststudium: 360 h
Moduldauer	2 Semester		
Häufigkeit des Angebots	• Maß- und Integrationstheorie, regelmäßig im Wintersemester • Einführung in Gewöhnliche Differentialgleichungen, regelmäßig im Wintersemester • Einführung in Funktionentheorie, regelmäßig im Sommersemester • Integration auf Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$, regelmäßig im Sommersemester		
Fachsemester	3-4		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	• Maß- und Integrationstheorie, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS • Einführung in Gewöhnliche Differentialgleichungen, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS • Einführung in Funktionentheorie, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS • Integration auf Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Modulinhalt	• Maß- und Integrationstheorie – Maße, insbesondere das Lebesgue-Maß. – Lebesgue-Integral, L^p-Räume, Satz von Fubini, Konvergenzsätze. – Integration auf Gebieten des $\mathbb{R}^n$, Transformationsformel. • Gewöhnliche Differentialgleichungen, eine Auswahl aus den folgenden Themen: – Existenz- und Eindeigkeitssatz von Picard-Lindelöf. – Lineare gewöhnliche Differentialgleichungen, Lemma von Gronwall. – Stetige und differenzierbare Abhängigkeit von den Anfangswerten. – Grundlagen dynamischer Systeme, Stabilität von Gleichgewichtslagen. – Gewöhnliche Differentialgleichungen im Komplexen. • Funktionentheorie: – Holomorphe Funktionen, Cauchy-Riemannsche Differentialgleichungen. – Stammfunktionen, Cauchysche Integralformel, Cauchyscher Integralsatz. – Kompakte Konvergenz von Funktionenfamilien, Potenzreihen, Identitätssatz. – Satz von Liouville, Umkehrsatz, Satz von der offenen Abbildung, Maximumprinzip. – Laurentreihen. – Residuensatz und Anwendungen. • Integration auf Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$: – Untermannigfaltigkeiten im $\mathbb{R}^n$. – Differentialformen. – Integration auf Untermannigfaltigkeiten, Satz von Gauß, Satz von Stokes.		

Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Begriffe, Konstruktionen, Ergebnisse und Beweismethoden der Integrationstheorie in mehreren reellen Veränderlichen und in allgemeinen Maßräumen sowie auf Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$. Sie sind mit den Grundlagen der Funktionentheorie und der Theorie der Gewöhnlichen Differentialgleichungen vertraut. Sie beherrschen die wesentlichen Rechentechniken und können Wegintegrale sowie einfache Differentialgleichungen explizit lösen. Sie sind zudem in der Lage, Flächeninhalte und Volumina auch von komplexeren Körpern sowie mehrdimensionale Integrale zu berechnen. Die Studierenden kennen wesentliche Anwendungen der Theorie wie z. B. den Fundamentalsatz der Algebra und die Newtonschen Grundgleichungen der Mechanik sowie Anwendungen in der Wahrscheinlichkeitstheorie. Sie haben auch die Fähigkeit erworben, abstrakte Fragestellungen in konkrete Probleme der Integrationstheorie, der Funktionentheorie bzw. der Gewöhnlichen Differentialgleichungen zu transferieren und dort zu lösen. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus den Vorlesungen erarbeitet. Zudem wurde dort die Präsentations- und Kommunikationsfähigkeit der Studierenden durch schriftliche Arbeiten und die Präsentation eigener Lösungen geschult. Die Studierenden sind in der Lage, sich durch Selbststudium Wissen anzueignen und gleichzeitig wurde ihre Teamfähigkeit durch Arbeit in kleineren Gruppen gefördert.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Maß- und Integrationstheorie	V	o	2	3	ja	mP	30-45	b	100
		Ü	o	1	1,5					
	Einführung in Gewöhnliche Differentialgleichungen	V	o	2	3	ja				
		Ü	o	1	1,5					
	Einführung in Funktionentheorie	V	o	2	3	ja				
		Ü	o	1	1,5					
	Integration auf Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$	V	o	2	3	ja				
		Ü	o	1	1,5					
	In jedem der vier Teilmodule ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Die Prüfungsleistung des Moduls besteht aus einer mündlichen Prüfung über alle Teilmodule. Für die Teilnahme an der mündlichen Prüfung müssen mindestens zwei der vier Übungsnachweise erworben worden sein. Das Modul ist erst abgeschlossen, wenn alle vier Übungsnachweise erworben wurden und die mündliche Prüfung bestanden ist. Bei Modulen, die sich über mehrere Semester erstrecken, wird dringend empfohlen, die Inhalte der Teilmodule jeweils in der vorlesungsfreien Zeit noch einmal gründlich durcharbeiten und damit die Vorbereitung auf die mündliche Prüfung über einen längeren Zeitraum zu verteilen.									

Literatur	Exemplarische Literatur : • Heinz Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie und Grundzüge der Maßtheorie. De Gruyter 1978. • Anton Deitmar: Analysis. Springer Spektrum 2017. • Jürgen Elstrodt: Maß- und Integrationstheorie. Springer 2011. • Otto Forster: Analysis 3. Friedr. Vieweg+Teubner 2011. • Lars Valerian Ahlfors: Complex analysis. McGraw-Hill 1979. • John B. Conway: Functions of one complex variable. Springer 1996. • Wolfgang Fischer, Ingo Lieb: Einführung in die Komplexe Analysis. Springer 2010. • Walter Rudin: Reelle und komplexe Analysis. Oldenbourg 2009. • Earl A. Coddington, Norman Levinson: Theory of ordinary differential equations. McGraw-Hill 1955. • William T. Reid: Ordinary differential equations. John Wiley & Sons 1971. • Hille, Einar: Ordinary differential equations in the complex domain. Dover Publications 1997. • Wasow, Wolfgang: Asymptotic expansions for ordinary differential equations. John Wiley 1965. • Georg Nöbeling: Integralsätze der Analysis. De Gruyter 1979.
Verwendbarkeit	Das Modul Aufbauende Pflichtmodule Analysis ist ggf. Voraussetzung für die mathematischen Module in den Abschnitten 3, 4 und 6.
Teilnahme-voraussetzungen	Mindestens einer der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik muss erworben worden sein.
Modul-verantwortliche	Anton Deitmar, Peter Pickl, Reiner Schätzle, Stefan Teufel
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

Modulnummer: MAT-20-11	Modultitel: Numerik		Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit
ECTS-Punkte	9		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Moduldauer	1 Semester		
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig im Wintersemester		
Fachsemester	3-4		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	• Einführung in Numerik, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS • weitere Vorlesung zur Numerik, Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Modulinhalt	• Einführung die Numerik – Interpolation und Approximation von Funktionen. – Numerische Integration und Differentiation. – Lineare Gleichungssysteme und lineare Ausgleichsrechnung. • Eine weitere einführende Vorlesung zur Numerik zu einem oder mehreren der folgenden Themen: – Nichtlineare Gleichungssysteme und nichtlineare Ausgleichsrechnung. – Anfangswertprobleme gewöhnlicher Differentialgleichungen. – Lineare Optimierung.		
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Grundprinzipien der Numerischen Mathematik und beherrschen grundlegende Rechentechniken. Sie verstehen, die in den Modulen Analysis und Lineare Algebra erworbenen Kenntnisse in der Analyse numerischer Verfahren einzubringen und die Verfahren auf spezifische Problemstellungen anzuwenden. Ihr algorithmisches Denken wurde geschärft und sie sind mit der Analyse der Algorithmen im Hinblick auf Fragen der Effizienz und Komplexität vertraut. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus den Vorlesungen erarbeitet. Zudem wurde dort die Präsentations- und Kommunikationsfähigkeit der Studierenden durch schriftliche Arbeiten und die Präsentation eigener Lösungen geschult. Die Studierenden sind in der Lage, sich durch Selbststudium Wissen anzueignen und gleichzeitig wurde ihre Teamfähigkeit durch Arbeit in kleineren Gruppen gefördert.		

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	Titel		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Einführung in Numerik		V	o	2	3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
			Ü	o	1	1,5					
	weitere Vorlesung zur Numerik		V	o	2	3	ja				
			Ü	o	1	1,5					
In jedem der zwei Teilmodule ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Die Prüfungsleistung des Moduls besteht aus einer mündlichen Prüfung über alle Teilmodule. Für die Teilnahme an der mündlichen Prüfung müssen die beiden Übungsnachweise erworben worden sein.											
Literatur	Exemplarische Literatur : - Peter Deuflhard, Andreas Hohmann: Numerische Mathematik 1. De Gruyter 2008. - Martin Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens. Vieweg+Teubner 2009.										
Verwendbarkeit	Das Modul Numerik ist ggf. Voraussetzung für die mathematischen Module in den Abschnitten 3, 4 und 6.										
Teilnahme-voraussetzungen	Mindestens einer der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik muss erworben worden sein. Ferner muss bis zur Teilnahme an der Prüfungsleistung der Praktikumsnachweis zum Praktikum zur Numerik aus dem Modul Einführung in wissenschaftliches Programmieren erworben sein.										
Modul-verantwortliche	Christian Lubich, Andreas Prohl										
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden											

Modulnummer: MAT-20-12	Modultitel: Stochastik			Art des Moduls: Pflichtmodul						
ECTS-Punkte	9									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h		Kontaktzeit: 90 h		Selbststudium: 180 h					
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig im Sommersemester									
Fachsemester	3-4									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS									
Modulinhalt	• Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. • Themen zur Wahrscheinlichkeitstheorie: Wahrscheinlichkeitsräume, einfache bedingte Wahrscheinlichkeiten, Urnenmodelle, Zufallsvariablen, Verteilungsfunktionen, diskrete und stetige Verteilungen, Erwartungswert und Varianz, Ungleichungen, Unabhängigkeit, gemeinsame Verteilung, Konvergenzbegriffe, Gesetze der Großen Zahlen, Zentraler Grenzwertsatz. • Themen zur Statistik: Punktschätzer, Hypothesentests, Standard-Testverfahren.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Grundprinzipien der Stochastik. Sie haben die Fähigkeit, stochastische Fragestellungen zu abstrahieren und sind in der Lage, ihre Kenntnisse auf konkrete Problemstellungen anzuwenden. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus den Vorlesungen erarbeitet. Zudem wurde dort die Präsentations- und Kommunikationsfähigkeit der Studierenden durch schriftliche Arbeiten und die Präsentation eigener Lösungen geschult. Die Studierenden sind in der Lage, sich durch Selbststudium Wissen anzueignen und gleichzeitig wurde ihre Teamfähigkeit durch Arbeit in kleineren Gruppen gefördert.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Stochastik	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Literatur	Exemplarische Literatur : • Hans-Otto Georgii: Stochastik. De Gruyter 2015. • Ulrich Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. Vieweg 2005.									

Verwendbarkeit	Das Modul Stochastik ist ggf. Voraussetzung für die mathematischen Module in den Abschnitten 3, 4 und 6.
Teilnahme-voraussetzungen	Mindestens einer der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik muss erworben worden sein. Kenntnisse aus dem Teilmodul Maß- und Integrationstheorie werden vorausgesetzt.
Modul-verantwortliche	Martin Möhle, Elmar Teufl
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

Modulnummer: MAT-20-20	Modultitel: Proseminar Mathematische Vorträge					Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit				
ECTS-Punkte	3									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 60 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	3-4									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Proseminar, Vortrag, Präsentation, E-Learning, Blended Learning									
Modulinhalt	Verschiedene Themen aus den Grundlagen der Mathematik.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden erarbeiten sich eigenständig ein zusammenhängendes Thema der Mathematik und bereiten dies in einer didaktisch ansprechenden Form vor. Sie lernen, wie man vor einer Gruppe seine Arbeit präsentiert, wie man auf sachliche Fragen eingeht und wie man eine fachliche Diskussion führt.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Proseminar	PS	o	2	3	ja	R	60-90	b	100
	Der Erwerb der Leistungspunkte setzt neben einem erfolgreichen Vortrag auch die regelmäßige aktive Teilnahme an der Veranstaltung voraus, etwa in Form von Fragen, Diskussionsbeiträgen oder der Bearbeitung von Aufgaben. Zudem kann eine schriftliche Ausarbeitung des eigenen Vortrages oder das Erstellen eines Handouts für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu den zu erbringenden Leistungen gehören. Diese zusätzlichen Leistungen stellen die Studienleistung des Moduls dar.									
Verwendbarkeit	Das Modul Proseminar Mathematische Vorträge ist Voraussetzung für die Module Seminar Vorträge zu weiterführenden Themen in der Mathematik, Seminar mathematische Bereiche und Seminar vertieftes Wissen.									
Teilnahmevoraussetzungen	Mindestens je einer der Übungsnachweise aus den Modulen Analysis und Lineare Algebra muss erworben worden sein.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										

Abschnitt 3: Erweiterungswissen Mathematik

Bei den im Folgenden aufgeführten Modulen im Abschnitt Erweiterungswissen Mathematik besteht hinsichtlich der zu besuchenden Lehrveranstaltungen eine gewisse Wahlfreiheit. Bei den zu belegenden Lehrveranstaltungen in einem Modul dürfen jedoch keine Lehrveranstaltungen belegt werden, die bereits bei einem anderen Modul dieses Studiengangs eingebracht wurden oder inhaltlich und von den zu erwerbenden Kompetenzen her wesentliche Überschneidungen mit solchen haben. Die Entscheidung hierüber trifft im Zweifelsfall der Prüfungsausschuss. Den Studierenden wird deshalb geraten, sich vor dem Besuch einer Lehrveranstaltung an die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu wenden, um die Einbringbarkeit der Lehrveranstaltung zu klären, falls hinsichtlich möglicher Überschneidungen Unklarheit besteht.

Modulnummer: MAT-30-01	Modultitel: Weiterführende Mathematik 1		Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit
ECTS-Punkte	9		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Moduldauer	1 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	5-6		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch im Umfang von 4 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen zu wählen. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen oder anderer Lehrveranstaltungsformate (z.B. zwei Veranstaltungen mit je 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übungen) entscheidet die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.		
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.		
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben erweitertes Wissen in einem Teilbereich der Mathematik erlangt, und sie haben weitere Erfahrungen in der Präsentation und Vermittlung mathematischer Themen gesammelt. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.		

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.										
Verwendbarkeit	Das Modul Weiterführende Mathematik 1 ist ggf. Voraussetzung für das Modul Bachelorarbeit.									
Teilnahme-voraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modul-verantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										

Modulnummer: MAT-30-02	Modultitel: Weiterführende Mathematik 2				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	9									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h			Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch im Umfang von 4 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen zu wählen. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen oder anderer Lehrveranstaltungsformate (z.B. zwei Veranstaltungen mit je 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übungen) entscheidet die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben erweitertes Wissen in einem weiteren Teilbereich der Mathematik erlangt, und sie haben zusätzliche Erfahrungen in der Präsentation und Vermittlung mathematischer Themen gesammelt. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	4	6	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	2	3					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	Das Modul Weiterführende Mathematik 2 ist ggf. Voraussetzung für das Modul Bachelorarbeit.									
Teilnahme-voraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modul-verantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-03	Modultitel: Vernetzung mathematischer Bereiche		Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit
ECTS-Punkte	9		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Moduldauer	1 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	6		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Bemerkung	Das Modul schließt an eines der beiden Module Erweiterungswissen Mathematik 1 oder Erweiterungswissen Mathematik 2 an. Es ist eine Lehrveranstaltung aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen im Umfang von 4 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen. Die Lehrveranstaltung dieses Moduls und die des entsprechenden Moduls Erweiterungswissen Mathematik, an das sie anschließt, sollen entweder aufeinander aufbauen und so eine Vernetzung der Inhalte und Methoden in der Tiefe zulassen oder unterschiedlichen Bereichen der Mathematik angehören, die jedoch klare Bezüge zueinander haben und so eine Vernetzung von Inhalten und Methoden in der Breite zulassen. Mögliche Kombinationen sind im Modulhandbuch in Form einer Liste gesondert aufgeführt; bei einer Vernetzung in der Tiefe wird in aller Regel eine Veranstaltung aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in 4.1 mit einer vertiefenden Veranstaltung aus dem ersten Jahr eines konsekutiven Masterstudiengangs kombiniert werden müssen. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen oder anderer Lehrveranstaltungsformate (z.B. zwei Veranstaltungen mit je 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übungen) entscheidet die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.		
Übergeordnete Ziele	Mathematische Theorien und wichtige mathematische Ergebnisse stehen nicht isoliert und unabhängig für sich alleine, sie leben von den Verbindungen und Beziehungen zu anderen mathematischen Theorien und weiterführenden Ergebnisse. Diese Zusammenhänge kennen-zulernen führt zu einem tieferen Verständnis der Ausgangsfrage und eröffnet zudem oft neue Werkzeugkästen und Zugänge zur Analyse und Beantwortung derselben. Das Modul soll dies für die Studierenden auf einer noch einfachen Ebene erfahrbar machen.		
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.		
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben vertieftes Wissen in einem Teilbereich der Mathematik oder erweitertes Wissen in zwei unterschiedlichen Teilbereichen der Mathematik erlangt, die einen klaren Bezug zueinander haben. Sie haben gelernt, eigenständig wissenschaftlich zu arbeiten, und sie haben weitere Erfahrungen in der Präsentation und Vermittlung mathematischer Themen gesammelt. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. Darüberhinaus haben sie die Zusammenhänge und Bezüge der Inhalte und Methoden der Veranstaltung zur Veranstaltung aus dem entsprechenden Modul Erweiterungswissen Mathematik erkannt und ausgearbeitet und haben dadurch einen neuen Blick auf und ein vertieftes Verständnis für die Ergebnisse der jeweiligen Einzelveranstaltungen erhalten. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.		

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	Titel		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung		V	o	4	6	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
			Ü	o	2	3					
In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.											
Verwendbarkeit	Das Modul Vernetzung mathematischer Bereiche ist ggf. Voraussetzung für das Abschlussmodul.										
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus. Ferner sollte das entsprechende Modul Erweiterungswissen Mathematik, mit dem das Modul vernetzen soll, belegt worden sein oder parallel belegt werden.										
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik										
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden											

Modulnummer: MAT-30-10	Modultitel: Seminar Vorträge zu weiterführenden Themen in der Mathematik					Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit				
ECTS-Punkte	3									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 60 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch									
Lehr- / Lernformen	Seminar, Vortrag, Präsentation, E-Learning, Blended Learning									
Modulinhalt	Verschiedene Themen aus den weiterführenden Bereichen der Mathematik.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden erarbeiten sich eigenständig ein zusammenhängendes Thema der Mathematik und bereiten dies in einer didaktisch ansprechenden Form vor. Sie lernen, ihre Arbeit vor einer Gruppe zu präsentieren, auf sachliche Fragen einzugehen und eine fachliche Diskussion zu führen. Die Arbeit und der Vortrag können die Grundlage für ein vertieftes Studium innerhalb einer Bachelorarbeit sein. Sie erlernen außerdem u.U. ein technisch anspruchsvolles Schreibprogramm und stellen damit ein digitales Medium her, welches auch später noch als Lehr- und Lernform eingesetzt werden kann.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Seminar	S	o	2	3	ja	R	60-90	b	100
	Der Erwerb der Leistungspunkte setzt neben einem erfolgreichen Vortrag auch die regelmäßige aktive Teilnahme an der Veranstaltung voraus, etwa in Form von Fragen und Diskussionsbeiträgen oder durch die Bearbeitung von Aufgaben. Zudem kann eine schriftliche Ausarbeitung des eigenen Vortrages oder das Erstellen eines Handouts für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu den zu erbringenden Leistungen gehören. Diese zusätzlichen Leistungen stellen die Studienleistung des Moduls dar.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt den erfolgreichen Abschluss der Module aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik und des Moduls Proseminar Mathematische Vorträge sowie den Erwerb von weiteren mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus. Ferner muss ein Modul mit einführendem Charakter in dem Bereich der gewählten Lehrveranstaltung erfolgreich abgeschlossen worden sein.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Abschnitt 4: Freier Wahlbereich

Im freien Wahlbereich können Module aus den Bachelorstudiengängen und im 3. Studienjahr u.U. auch aus den Masterstudiengängen der Fachbereiche Biologie, Chemie, Geowissenschaften, Informatik, Mathematik, Philosophie - Rhetorik - Medien, Geschichtswissenschaft, Physik, Psychologie und Wirtschaftswissenschaft eingebracht werden. Sofern mit den Fachbereichen Vereinbarungen zum Lehrimport für den Studiengang Bachelor of Science Mathematik bestehen, sind diese in ihrer jeweils gültigen Fassung zu beachten. Über die Zulassung von Modulen anderer Studiengänge entscheidet auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden der Prüfungsausschuss.

Es muss ein Modul im Umfang von 9 ECTS aus dem Studiengang B.Sc. Informatik eingebracht werden. Hierfür eignen sich die Module Praktische Informatik 1 oder 2 sowie Theoretische Informatik 1 (siehe auch Seite 173).

Der Fachbereich Mathematik selbst bietet die im Folgenden aufgeführten Module für diesen Abschnitt an. Sofern Wahlfreiheit bei den zu belegenden Lehrveranstaltungen in einem Modul besteht, dürfen keine Lehrveranstaltungen belegt werden, die bereits bei einem anderen Modul dieses Studiengangs eingebracht wurden oder inhaltlich und von den zu erwerbenden Kompetenzen her wesentliche Überschneidungen mit solchen haben.

Werden benotete Module eingebracht, geht die Note dennoch nicht in die Berechnung der Abschlussnote für den Bachelor of Science Mathematik ein.

Modulnummer: MAT-30-30	Modultitel: Seminar mathematische Bereiche		Art des Moduls: Pflichtmodul
ECTS-Punkte	3		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Moduldauer	1 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	5-6		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Seminar, Übungen, Vortrag, Praktikum, Selbststudium, Gruppenarbeit		
Modulinhalt	Verschiedene Themen aus den weiterführenden Bereichen der Mathematik.		
Qualifikationsziele	Die Studierenden erarbeiten sich eigenständig ein zusammenhängendes Thema der Mathematik und bereiten dies in einer didaktisch ansprechenden Form vor. Sie lernen, wie man vor einer Gruppe ihre Arbeit präsentiert, wie man auf sachliche Fragen eingeht und wie man eine fachliche Diskussion führt. Sie erlernen außerdem ein technisch anspruchsvolles Schreibprogramm und stellen damit ein digitales Medium her, welches auch später noch als Lehr- und Lernform eingesetzt werden kann.		

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Seminar	S	o	2	3	ja	R	60-90	b	100
	Der Erwerb der Leistungspunkte setzt neben einem erfolgreichen Vortrag auch die regelmäßige aktive Teilnahme an der Veranstaltung voraus, etwa in Form von Fragen und Diskussionsbeiträgen oder durch die Bearbeitung von Aufgaben. Zudem kann eine schriftliche Ausarbeitung des eigenen Vortrages oder das Erstellen eines Handouts für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zu den zu erbringenden Leistungen gehören. Diese zusätzlichen Leistungen stellen die Studienleistung des Moduls dar.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt den erfolgreichen Abschluss der Module aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik und des Moduls Proseminar Mathematische Vorträge sowie den Erwerb von weiteren mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										

Modulnummer: MAT-30-50	Modultitel: Wahlbereich 9-1				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	9									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h			Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 4 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	4	6	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	2	3					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-51	Modultitel: Wahlbereich 9-2				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	9									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h			Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 4 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	4	6	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	2	3					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-52	Modultitel: Wahlbereich 9-3				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	9									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h			Kontaktzeit: 90 h			Selbststudium: 180 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 4 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	4	6	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	2	3					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-53	Modultitel: Wahlbereich 6-1				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	6									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h			Kontaktzeit: 60 h			Selbststudium: 120 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	2	3					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-54	Modultitel: Wahlbereich 6-2				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	6									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h			Kontaktzeit: 60 h			Selbststudium: 120 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	2	3					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-55	Modultitel: Wahlbereich 6-3				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	6									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h			Kontaktzeit: 60 h			Selbststudium: 120 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung und 2 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	2	3					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-57	Modultitel: Wahlbereich 5-1				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	4,5									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h			Kontaktzeit: 45 h			Selbststudium: 105 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	1	1,5					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-58	Modultitel: Wahlbereich 5-2				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	4,5									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h			Kontaktzeit: 45 h			Selbststudium: 105 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	1	1,5					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-59	Modultitel: Wahlbereich 5-3				Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit					
ECTS-Punkte	4,5									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h			Kontaktzeit: 45 h			Selbststudium: 105 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung und 1 SWS Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern. In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung erarbeitet. Sie haben dabei gelernt, die Methoden auf neue Probleme zu übertragen, diese zu analysieren und Lösungsstrategien alleine oder im Team zu entwickeln.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
		Ü	o	1	1,5					
	In dem Modul ist ein Übungsnachweis als Studienleistung zu erwerben. Für die Teilnahme an der Prüfung muss der Übungsnachweis erworben worden sein. Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

[illegible]

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-63	Modultitel: Wahlbereich 3-2					Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit				
ECTS-Punkte	3									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h				Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 60 h		
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung ohne Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	nein	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-64	Modultitel: Wahlbereich 3-3							Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit		
ECTS-Punkte	3									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h				Kontaktzeit: 30 h		Selbststudium: 60 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung ohne Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	nein	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

[illegible]

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-66	Modultitel: Wahlbereich 3-5					Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit				
ECTS-Punkte	3									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 60 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester									
Fachsemester	5-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS									
Bemerkung	Es ist eine Lehrveranstaltung (im Umfang von 2 SWS Vorlesung ohne Übungen) aus dem Katalog der Lehrveranstaltungen in Abschnitt 4.1 im Modulhandbuch zu wählen oder eine Lehrveranstaltung aus dem ersten Studienjahr eines konsekutiven Masterstudiengangs. Über die Zulassung weiterer Lehrveranstaltungen entscheiden die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses auf schriftlichen Antrag der oder des Studierenden.									
Modulinhalt	Der Inhalt ergibt sich aus der Wahl der Lehrveranstaltung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden eines mathematischen Bereiches kennengelernt. Sie haben ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge innerhalb des gewählten Bereiches entwickelt und sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und zu beweisen sowie die dargestellten Zusammenhänge einzuordnen und zu erläutern.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	siehe Bemerkung	V	o	2	3	nein	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
	Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahme-voraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen aus dem Abschnitt Grundlagen der Mathematik sowie den Erwerb von mindestens 27 ECTS-Punkten aus dem Abschnitt Aufbauende Pflichtmodule voraus.									
Modul-verantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Abschnitt 5: Überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen

Für den Erwerb von Leistungspunkten im Abschnitt überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen hat die Satzung zum Erwerb überfachlicher berufsfeldorientierter Kompetenzen (Transdisciplinary Course Programme) für Bachelorstudiengänge der Universität Tübingen in ihrer jeweils gültigen Fassung Geltung. Hier können alle zulässigen Module aus dem Angebot der anderen Fachbereiche und des Transdisciplinary Course Programme jeweils zum Bereich überfachliche berufsfeldorientierte Kompetenzen eingebracht werden.

Das Modul MAT-00-10 Einführung in wissenschaftliches Programmieren ist ein Pflichtmodul. Zudem müssen Module im Umfang von mindestens 3 ECTS zum Themenbereich Demokratie und sozialer Rechtsstaat eingebracht werden.

Der Fachbereich Mathematik bietet darüber hinaus die im Folgenden aufgeführten Module für diesen Abschnitt an. Sofern die eingebrachten Module benotet sind, geht die Note dennoch nicht in die Berechnung der Abschlussnote für den Bachelor of Science Mathematik ein.

Modulnummer: MAT-00-10	Modultitel: Einführung in wissenschaftliches Programmieren		Art des Moduls: Pflichtmodul mit Wahlmöglichkeit
ECTS-Punkte	3		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 30 h
Moduldauer	2 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	2-4		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	• Softwarepraktikum, Praktikum 2 SWS • Praktikum zur Numerik, Praktikum 2 SWS		
Modulinhalt	• Softwarepraktikum: – Kennenlernen eines oder mehrerer fachspezifischer Softwarepakete. – Kennenlernen grundlegender Elemente des Programmierens und grundlegender Datenstrukturen. – Implementieren einfacher Algorithmen, z. B. der linearen Algebra, in einer fachtypischen Software. • Praktikum zur Numerik: – Einführung in Matlab oder ein vergleichbares komplexes Computeralgebrasystem. – Implementieren der wesentlichen in der Vorlesung Numerik behandelten Algorithmen.		
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben mehrere fachspezifische Softwarepakete oder Computeralgebrasysteme kennengelernt. Sie sind darin geschult, ausgewählte Problemstellungen, z. B. der Linearen Algebra und der Numerik, algorithmisch auszuarbeiten und die entwickelten Algorithmen in einem fachtypischen Softwarepaket zu implementieren. Sie haben dabei ihre in den Modulen des Abschnitts Grundlagen der Mathematik und in weiteren Vorlesungen erworbenen algorithmischen Kompetenzen erweitert und vertieft. Zudem haben sie die grundlegenden Elemente des Programmierens und grundlegende Datentypen in der Anwendung kennengelernt.		

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Softwarepraktikum	P	o	2	1,5	ja	keine	-	nb	-
	Praktikum zur Numerik	P	o	2	1,5	ja	keine	-	nb	-
	Im Rahmen der Veranstaltungen des Moduls sind Studienleistungen gemäß der Vorgaben der jeweiligen Veranstaltungsleiterin oder des jeweiligen Veranstaltungsleiters zu erbringen. Diese können die Programmieraufgaben und -projekte beinhalten. Das Modul schließt ohne Prüfung ab.									
Literatur	Exemplarische Literatur : • Ulrich Stein: Programmieren mit MATLAB: Programmiersprache, Grafische Benutzeroberflächen, Anwendungen. Hanser 2015. • Martin Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens. Vieweg+Teubner 2009.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.									
Modulverantwortliche	Christian Lubich, Thomas Markwig, Andreas Prohl, Elmar Teufl									
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										

Modulnummer: MAT-00-11	Modultitel: Arbeitstechniken in der Mathematik					Art des Moduls: Wahlpflichtmodul				
ECTS-Punkte	2									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 60 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 30 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig									
Fachsemester	1-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung mit integrierten Rechnerübungen, blended learning.									
Modulinhalt	• Strukturierung einer mathematischen Ausarbeitung. • Literaturrecherche. • Erstellung eines mathematischen Textes mit Hilfe eines mathematischen Textverarbeitungssystems ($\text{\LaTeX}$). • Präsentationstechniken. • Exemplarische Analyse an Beispielen, Diskussion und Kritik.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, fachspezifische und grundlegende Schreib- und Arbeitstechniken zu nutzen sowie insbesondere zu mathematischen Sachverhalten Präsentations- und Diskussionstechniken anzuwenden.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Arbeitstechniken in der Mathematik	VÜ	f	2	3	ja	keine	-	nb	-
Im Rahmen des Moduls ist eine Studienleistung in Form einer Ausarbeitung eines kurzen mathematischen Textes und einer kurzen Präsentation eines mathematischen Themas mit Hilfe der im Rahmen der Lehrveranstaltung erworbenen Techniken und Kenntnisse zu erstellen. Das Modul schließt ohne Prüfung ab.										

Literatur	Exemplarische Literatur : • Tobias Oetiker, Hubert Partl, Irene Hyna, Elisabeth Schlegl: The not so short introduction to LATEX2e. Manuskript 2001. • Leslie Lamport: LaTeX: a document preparation system. Addison-Wesley 2005. • Frank Mittelbach, Michel Goossens, Johannes Braams, David Carlisle: The LaTeX companion. Addison-Wesley 2007. • Frank Mittelbach, Michel Goossens, Johannes Braams, David Carlisle: Der LaTeX Begleiter. Pearson Studium 2010. • Michel Goossens, Frank Mittelbach, Sebastian Rahtz, Denis Roegel: The LaTeX graphics companion. Addison-Wesley 2002. • Helmut Kopka, Patrick W. Daly: Guide to LaTeX. Addison-Wesley 2004. • Helmut Kopka, LaTeX 1. Pearson Studium 2006.
Verwendbarkeit	Das Modul Arbeitstechniken in der Mathematik bereitet die Studierenden auf das Schreiben der Bachelorarbeit vor. Die Techniken können auch bei der Erstellung von Hausarbeiten und Handouts im Rahmen anderer Module verwendet werden.
Teilnahme-voraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.
Modul-verantwortliche	Thomas Markwig
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

Modulnummer: MAT-00-12	Modultitel: Fachpraktikum Mathematik		Art des Moduls: Wahlpflichtmodul
ECTS-Punkte	9		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 240 h
Moduldauer	1 Semester		
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Fachsemester	5-6		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Projektarbeit (im Team)		
Bemerkung	Ob und ggf. durch welche Lehrenden in einem Semester ein Fachpraktikum angeboten wird, kann beim Modulverantwortlichen erfragt werden. Mit Genehmigung der oder des Vorsitzenden des Prüfungsausschusses kann das Fachpraktikum auch extern in einem Industrieunternehmen oder in einer Forschungseinrichtung absolviert werden und sollte dann einen zeitlichen Umfang von etwa sieben Wochen Vollzeit haben. Inhaltlich und hinsichtlich der zu erbringenden Studienleistung kann das Fachpraktikum dann von den Vorgaben abweichen. Es ist aber sicherzustellen, dass ein klarer mathematischer Bezug vorliegt, dass die Kompetenzziele des Moduls mit dem Fachpraktikum erreicht werden können und dass eine Betreuung des Fachpraktikums sowohl von Seiten des externen Partners, als auch durch ein Mitglied des Lehrkörpers am Fachbereich sicher gestellt ist.		
Modulinhalt	Exemplarisch soll anhand eines ausgewählten Themas eine Aufgabenstellung mit substantiellem Bezug zur Mathematik oder ein Sachverhalt aus der Mathematik praktisch mit fachspezifischer Software gelöst und u.U. bis zur Umsetzung in Form eines Programms / Programmpakets behandelt werden. Das bedeutet, dass nach weitgehend selbständiger Erarbeitung des Sachverhaltes die Realisierung des Projektes geplant, durchgeführt und durch Präsentation zum Abschluss gebracht werden soll. Das Praktikumsthema soll die unterschiedliche Vorbildung der Studierenden berücksichtigen, die darauf beruht, dass individuell verschiedene Auswahlen bei den Pflicht- und Wahlpflichtmodulen des zweiten Studienjahres getroffen wurden. Ein einzelnes Projekt soll möglichst von zwei bis drei Studierenden gemeinsam bearbeitet werden. Die Durchführung des Projektes wird begleitet von der Vermittlung bzw. Erarbeitung der notwendigen Grundlagen in den Softskills (wie Projektplanung und Teammanagement).		
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben gelernt, eine Aufgabenstellung mit mathematischem Bezug oder einen mathematischen Sachverhalt mit Blick auf die praktische Umsetzbarkeit zu analysieren und umzusetzen, einschließlich der Erstellung eines Zeitplans sowie der Festlegung von Meilensteinen. Sie sind in der Lage, fachspezifische Software zielgerichtet einzusetzen und ggf. ein in sich geschlossenes Software-Projekt durchzuführen, inklusive der Erstellung einer vollständigen Dokumentation sowie einer abschließenden Validierung der Projektplanung, des Teammanagements und der Präsentation des fertigen Produkts.		

Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Fachpraktikum Mathematik	P	f	-	9	ja	keine	-	nb	-
Im Rahmen des Moduls ist in der Regel ein Programm / Programmpaket inklusive einer vollständigen Dokumentation zu erstellen und das Produkt des Fachpraktikums ist am Ende in einer Präsentation vorzustellen. Auch alternative Praktikumsleistungen sind möglich, insbesondere bei extern erbrachten Fachpraktika. Die erbrachte Leistung ist eine Studienleistung. Das Modul schließt ohne Prüfung ab. Das Fachpraktikum kann auch in verkürzter Form durchgeführt werden. In dem Fall bemisst sich die Leistungspunktzahl nach dem tatsächlichen Workload. Zulässig ist ein Umfang von 3 bis 9 ECTS.										
Verwendbarkeit	Das Modul Fachpraktikum gibt den Studierenden einen ersten Einblick in mögliche Tätigkeitsfelder von Mathematikabsolventinnen und -absolventen. Sie lernen, wie die im Studium erworbenen Kompetenzen in einem Unternehmen oder im Rahmen eines internen Softwareprojektes Anwendung finden.									
Teilnahmevoraussetzungen	Fachliche Zulassungsvoraussetzung für die Zulassung zum Modul Fachpraktikum ist der Erwerb der Leistungspunkte aus den Modulen des Abschnitts 1 Grundlagen der Mathematik sowie von mindestens 30 Leistungspunkten aus den Modulen der Abschnitte 2 und 3.									
Modulverantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik									
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-00-15	Modultitel: Public Communication of Mathematics						Art des Moduls: Wahlpflichtmodul			
ECTS-Punkte	2									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 60 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 30 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig									
Fachsemester	3-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Bemerkung	Das Modul unterstützt Studierende dabei, allgemein einsetzbare mathematische Arbeitstechniken zu erwerben. Diese können ab dem ersten Semester etwa bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben eingesetzt werden, aber auch beim Lesen und Verstehen von Vorlesungsinhalten und Lehrbüchern sowie beim Verfassen von längeren mathematischen Texten wie Seminaarausarbeitungen.									
Modulinhalt	In diesem Kurs werden die Methoden untersucht, mit denen mathematische Ideen einem breiten Publikum vermittelt werden. Es wird eine Vielzahl von Medien untersucht, darunter Videos, Vorträge, Blogs und traditionelle Printpublikationen. Der Kurs hat sowohl eine theoretische als auch eine praktische Komponente: Die Studierenden lernen Tipps und Rahmenbedingungen für die Vermittlung von Mathematik kennen, bearbeiten entsprechende Übungen und erstellen ihre eigenen schriftlichen oder visuellen Inhalte.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben gelernt, Mathematik einem breiten Publikum zu vermitteln. Sie sind in der Lage zu entscheiden, wie sie Erklärungen für verschiedene Zielgruppen und unter Verwendung verschiedener Medien, wie Video, Printartikel und Vorträge, strukturieren können. Die Studierenden können reflektieren, wie sie diese Fähigkeiten auf ihre mathematische Forschung, Lehre und ihr Lernen anwenden können.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Public Communication of Mathematics	S	f	2	2	ja	keine	-	nb	-
	Im Rahmen des Moduls ist eine Studienleistung in Form einer oder mehrerer kurzer schriftlicher Ausarbeitungen zu erstellen und an mindestens einer Gruppen- oder Einzelberatung teilzunehmen. Das Modul schließt ohne Prüfung ab.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahmevoraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.									
Modulverantwortliche	Jürgen Hausen, Kelsey Houston Edwards, Walther Paravicini									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-00-16	Modultitel: Richtig Mathematik studieren! Mathematik lesen, schreiben und Aufgaben bearbeiten					Art des Moduls: Wahlpflichtmodul				
ECTS-Punkte	2									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 60 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 30 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig									
Fachsemester	1-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	(Block-)Seminar, Einzel- und Gruppenberatungssitzungen, Übungen mit (Haus-)Aufgaben									
Bemerkung	Das Modul unterstützt Studierende dabei, allgemein einsetzbare mathematische Arbeitstechniken zu erwerben. Diese können ab dem ersten Semester etwa bei der Bearbeitung von Übungsaufgaben eingesetzt werden, aber auch beim Lesen und Verstehen von Vorlesungsinhalten und Lehrbüchern sowie beim Verfassen von längeren mathematischen Texten wie Seminaarausarbeitungen.									
Modulinhalt	- Kompetenter Umgang mit mathematischer Sprache, etwa für mathematische Argumentationen und das Lösen von Aufgaben. - Einführung in mathematische Denk- und Arbeitstechniken.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden sind in der Lage, mathematikhaltige Texte mit adäquaten Strategien zu lesen und zu verstehen. Sie kennen die Spezifika verschiedener mathematischer Textformen (wie etwa Definitionen und Beweise) und formulieren selbst mathematische Texte sach- und adressatengerecht. Sie reflektieren fachspezifischen Denk- und Arbeitstechniken und erweitern dabei ihre Handlungsoptionen. Sie gewinnen an Selbstwirksamkeit in Bezug auf das mathematische Arbeiten.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Richtig Mathematik studieren! Mathematik lesen, schreiben und Aufgaben bearbeiten	S	f	2	2	ja	keine	-	nb	-
	Im Rahmen des Moduls ist eine Studienleistung in Form einer oder mehrerer kurzer schriftlicher Ausarbeitungen zu erstellen und an mindestens einer Gruppen- oder Einzelberatung teilzunehmen. Das Modul schließt ohne Prüfung ab.									
Literatur	Exemplarische Literatur : - Kevin Houston: Wie man mathematische denkt? Springer Spektrum 2012. - Lara Alcock: How to study for a mathematics degree. Oxford University Press 2013. - Joachim Hilgert, Max Hoffmann, Anja Panse: Einführung in mathematisches Denken und Arbeiten. Springer Spektrum 2015.									

Verwendbarkeit	-
Teilnahme- voraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.
Modul- verantwortliche	Walther Paravicini
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

Modulnummer: MAT-00-17	Modultitel: Mentoring in der Mathematik					Art des Moduls: Wahlpflichtmodul																																		
ECTS-Punkte	1																																							
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 30 h			Kontaktzeit: 20 h			Selbststudium: 10 h																																	
Moduldauer	1 Semester																																							
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig																																							
Fachsemester	3-6																																							
Unterrichtssprache	Deutsch																																							
Lehr- / Lernformen	Seminar, Mentoring																																							
Modulinhalt	Das Mathematikstudium stellt Studierende vor allem zu Beginn des Studiums vor Herausforderungen. Sie müssen sich Inhalte und Aufgaben weitgehend selbstständig erarbeiten und fachspezifische Arbeitstechniken erlernen. In dieser Situation helfen Mentorinnen und Mentoren: Studierende aus höheren Semestern, welche die Studienanfängerinnen und Studienanfänger dabei unterstützen, Kontakte zu knüpfen, das Selbststudium geeignet zu organisieren und ihnen Arbeitstechniken unter Einsatz des Prinzips der minimalen Hilfe zu vermitteln. Für die Tätigkeit als Mentorin oder Mentor wird eine Schulung angeboten. In den drei Sitzungen werden folgende Themen behandelt: • Rollen der Mentorin und des Mentors; • Bereiche von Mentoring im Studium; • Grenzen der Mentoringbeziehung; • fachspezifische Herausforderungen beim Studienstart in der Mathematik; • Abstraktion und Anschauung; • Vernetzung von Wissen; • Prinzip der minimalen Hilfe.																																							
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Aufgaben und Grenzen des Mentorings. Sie kennen die fachspezifischen Herausforderungen beim Studienstart und können die Studienanfängerinnen und -anfänger dabei unterstützen. Zudem sind sie in der Lage das Prinzip der minimalen Hilfe anzuwenden.																																							
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	<table><tr><td></td><td>Art der Lehrform</td><td>Status</td><td>SWS</td><td>ECTS</td><td>Studienleistung</td><td>Prüfungsform</td><td>Prüfungsdauer (min)</td><td>Benotungssystem</td><td>Anteil an der Modulnote</td></tr><tr><td>Titel</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Mentoring in der Mathematik</td><td>S</td><td>f</td><td>-</td><td>1</td><td>ja</td><td>keine</td><td>-</td><td>nb</td><td>-</td></tr></table> Voraussetzungen für den Erwerb der Leistungspunkte sind die aktive Teilnahme am Mentoringprogramm sowie die Teilnahme an der Mentor*innenschulung und ein Reflexionsbericht. Das Modul kann auch in erweiterter Form über mehrere Semester durchgeführt werden. In dem Fall bemisst sich die Leistungspunktzahl nach dem tatsächlichen Workload, der sich aus dem Umfang der Mentoringtätigkeit ergibt. Zulässig ist ein Umfang von 1 bis 3 ECTS.											Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote	Titel										Mentoring in der Mathematik	S	f	-	1	ja	keine	-	nb	-
	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote																															
Titel																																								
Mentoring in der Mathematik	S	f	-	1	ja	keine	-	nb	-																															
Verwendbarkeit	-																																							

Teilnahme- voraussetzungen	Das Modul richtet sich an Studierende ab dem 3. Fachsemester in einem grundständigen Studiengang der Mathematik.
Modul- verantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

Modul- verantwortliche	Carla Cederbaum
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-00-21	Modultitel: Praktikum Statistisches Lernen					Art des Moduls: Wahlpflichtmodul				
ECTS-Punkte	2									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 60 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 30 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig									
Fachsemester	1-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Praktikum, blended learning.									
Modulinhalt	Implementierung relevanter nichtparametrischer Regressionsschätzer (z.B. Partitions-, Kern-, und kNN-Schätzer) via Python, und quantitativer Vergleich anhand von Simulationen für prototypische Beispiele aus der Anwendung.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die Programmiersprache Python kennengelernt. Sie sind darin geschult, ausgewählte Problemstellungen des Statistischen Lernens algorithmisch auszuarbeiten und die entwickelten Algorithmen in Python zu implementieren. Sie haben dabei ihre in Lehrveranstaltungen zum Statistischen Lernen erworbenen algorithmischen Kompetenzen erweitert und vertieft. Zudem haben sie die grundlegenden Elemente des Programmierens und grundlegende Datentypen in der Anwendung kennengelernt.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Praktikum Statistisches Lernen	V	f	2	3	ja	keine	-	nb	-
	Im Rahmen der Veranstaltungen des Moduls sind Studienleistungen gemäß der Vorgaben der jeweiligen Veranstaltungsleiterin oder des jeweiligen Veranstaltungsleiters zu erbringen. Diese können Programmieraufgaben und -projekte beinhalten. Das Modul schließt ohne Prüfung ab.									
Verwendbarkeit	Das Modul kann in den überfachlichen berufsfeldorientierten Kompetenzen eingebracht werden.									
Teilnahmevoraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.									
Modulverantwortliche	Andreas Prohl									
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden										

Modulnummer: MAT-90-01	Modultitel: Geschichte der Mathematik: Von den Anfängen bis zum Beginn der Neuzeit						Art des Moduls: Wahlpflichtmodul			
ECTS-Punkte	2									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 60 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 30 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig									
Fachsemester	1-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulinhalt	Es wird ein Überblick über die Mathematikgeschichte von den Anfängen bis zum Beginn der Neuzeit gegeben.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die historische Entwicklung der Mathematik aus ideengeschichtlicher Perspektive kennengelernt. Sie verstehen grundlegende mathematische Fragestellungen und die dazu vorgeschlagenen Lösungsmöglichkeiten in ihrem zeitlichen und kulturellem Umfeld und haben gelernt, sie aus diesem Kontext heraus zu bewerten. Sie wissen, worauf sich das Verständnis moderner Mathematik historisch zurückführen lässt.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)										
	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Geschichte der Mathematik: Von den Anfängen bis zum Beginn der Neuzeit	S	f	2	2	ja	keine	-	nb	-
	Das Modul schließt ohne Prüfung ab.									
Literatur	Exemplarische Literatur : • Hans Wussing: 6000 Jahre Mathematik. Band 1. Springer 2008.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahme-voraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.									
Modul-verantwortliche	Reinhard Kahle									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-90-04	Modultitel: Geschichte der Mathematik: Die Geschichte der modernen Analysis						Art des Moduls: Wahlpflichtmodul			
ECTS-Punkte	2									
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 60 h			Kontaktzeit: 30 h			Selbststudium: 30 h			
Moduldauer	1 Semester									
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig									
Fachsemester	1-6									
Unterrichtssprache	Deutsch									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung									
Modulinhalt	Die Vorlesung wird unter Heranziehung von Originalquellen die Entwicklung der Analysis von der frühen Renaissance bis in die Zeit von Johann I Bernoulli und Leonhard Euler behandeln.									
Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die historische Entwicklung der modernen Analysis auf der Basis von Originalquellen kennengelernt. Sie verstehen grundlegende mathematische Fragestellungen und die dazu vorgeschlagenen Lösungsmöglichkeiten in ihrem zeitlichen und kulturellem Umfeld und haben gelernt, sie aus diesem Kontext heraus zu bewerten. Sie wissen, worauf sich das Verständnis moderner Mathematik historisch zurückführen lässt.									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote
	Titel									
	Geschichte der Mathematik: Die Geschichte der modernen Analysis	S	f	2	2	ja	keine	-	nb	-
	Das Modul schließt ohne Prüfung ab.									
Literatur	Exemplarische Literatur : • Jacqueline Stedall: Mathematics Emerging: A Sourcebook. OUP 2008 • Thomas Sonar: 3000 Jahre Analysis. Springer 2016. • Detlef Spalt: Eine kurze Geschichte der Analysis. Springer 2019. • Hans Niels Jahnke: A History of Analysis. AMS Publications 2003.									
Verwendbarkeit	-									
Teilnahme-voraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.									
Modul-verantwortliche	Reinhard Kahle									

Erläuterung der Abkürzungen:

Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet

Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio

Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-30-20	Modultitel: Bachelorarbeit					Art des Moduls: Pflichtmodul																								
ECTS-Punkte	12																													
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 360 h			Kontaktzeit: regelmäßig, nach Bedarf			Selbststudium: 360 h																							
Moduldauer	1 Semester																													
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester																													
Fachsemester	6																													
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch																													
Lehr- / Lernformen	Bachelorarbeit																													
Modulinhalt	Die Studierenden haben unter Anleitung durch eine Betreuerin oder einen Betreuer eine begrenzte Aufgabenstellung aus der Mathematik mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten und schriftlich darzustellen. Im Einzelnen umfasst dies: • die Formulierung einer wissenschaftlichen Fragestellung in Abstimmung mit der Betreuerin oder dem Betreuer; • die eigenständige Suche nach und das Studium von relevanter wissenschaftlicher Literatur; • die Formulierung geeigneter Fragestellungen und methodischer Ansätze zu deren Lösung; • die eigenständige Durchführung des Projekts, die schriftliche Darstellung des Projekts und der Ergebnisse im Kontext des aktuellen Forschungsstandes.																													
Qualifikationsziele	Die Studierenden • können ein zugeordnetes Thema selbständig und nach wissenschaftlichen Methoden bearbeiten; • führen eine Literaturrecherche nach wissenschaftlichen Quellen durch; • wählen wissenschaftliche Methoden und Verfahren aus, setzen sie ein oder entwickeln sie zur Lösung eines Problems weiter; • kommunizieren die Ergebnisse klar strukturiert und in akademisch angemessener Form in ihrer Arbeit.																													
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Titel</th><th>Art der Lehrform</th><th>Status</th><th>SWS</th><th>ECTS</th><th>Studienleistung</th><th>Prüfungsform</th><th>Prüfungsdauer (min)</th><th>Benotungssystem</th><th>Anteil an der Modulnote</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bachelorarbeit</td><td>BA</td><td>o</td><td>-</td><td>12</td><td>nein</td><td>BA+mP</td><td>20-30</td><td>b</td><td>100</td></tr> </tbody> </table> Die mündliche Prüfung wird nur mit bestanden oder nicht bestanden bewertet. Die Modulnote ist die Note der Bachelorarbeit. Das Modul ist nur bestanden, wenn beide Prüfungsleistungen bestanden sind. Thema der mündlichen Prüfung sind die Inhalte der Bachelorarbeit.										Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote	Bachelorarbeit	BA	o	-	12	nein	BA+mP	20-30	b	100
Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote																					
Bachelorarbeit	BA	o	-	12	nein	BA+mP	20-30	b	100																					

Verwendbarkeit	Bachelorarbeit
Teilnahme- voraussetzungen	Fachliche Zulassungsvoraussetzung für die Zulassung zum Modul Bachelorarbeit ist neben den im Allgemeinen Teil der Studien- und Prüfungsordnung genannten Voraussetzungen der Erwerb der Leistungspunkte aus den Modulen des Abschnitts 1 Grundlagen der Mathematik sowie von mindestens 50 Leistungspunkten aus den Modulen der Abschnitte 2 und 3.
Modul- verantwortliche	Die Studiendekanin oder der Studiendekan des Fachbereichs Mathematik
Erläuterung der Abkürzungen: Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio Lehrform : V=Vorlesung, VÜ=Vorlesung mit integrierten Übungen, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, S=Seminar, IC=Inverted Classroom Status : o=obligatorisch, f=fakultativ Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

4 Lehrveranstaltungen für die Pflichtmodule mit Wahlmöglichkeit in Abschnitt 3 und 4

4.1 Katalog der Lehrveranstaltungen

Im Folgenden werden die Lehrveranstaltungen aufgelistet, die in den Pflichtmodulen mit Wahlmöglichkeit in Abschnitt 3 und in Abschnitt 4 eingebracht werden können. Weitere Lehrveranstaltungen können auf schriftlichen Antrag an die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses genehmigt werden.

• Algebraische Kurven und Riemannsche Flächen	105
• Algebraische Topologie 1	106
• Algebraische Zahlentheorie	107
• Algorithmen der Numerischen Mathematik	107
• Automorphe Formen	108
• Bayessche Netzwerke und Kausalität	109
• Darstellungstheorie endlicher Gruppen	111
• Einführung in Dynamische Systeme	115
• Einführung in Geometrische Maßtheorie	116
• Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden	117
• Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten	117
• Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie	118
• Einführung in Partielle Differentialgleichungen	119
• Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1	120
• Einführung in Riemannsche Flächen	121
• Einführung in Stochastische Differentialgleichungen - Teil 1	121
• Einführung in die Analytische Zahlentheorie	111
• Einführung in die Berkovich Geometrie	112

• Einführung in die Mathematische Logik	113
• Einführung in die Mengenlehre	114
• Einführung in die Optimierung	114
• Elementare Zahlentheorie	122
• Elliptische Kurven und Kryptographie	123
• Explizite Mathematik	124
• Finanzmathematik und Numerik	125
• Funktionalanalysis	126
• Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1	127
• Geometrische Gruppentheorie	127
• Geometry in Physics	128
• Gewöhnliche Differentialgleichungen - Analysis und Numerik	129
• Graphentheorie	130
• Groups and Representations	131
• Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegelsymmetrisch, algebraisch	132
• Informationsgeometrie	132
• Informationstheorie, Mustererkennung und neuronale Netze	133
• Interacting Many-Body Quantum Systems	134
• Kommutative Algebra	135
• Konvexe Geometrie	136
• Kryptographie	137
• Lie-Gruppen	138
• Lineare Kontrolltheorie	139
• Mathematische Aspekte der 3d Computervision	140
• Mathematische Aspekte des Deep Learning 1	141
• Mathematische Beweistheorie	141
• Mathematische Einführung in Data Science	142
• Mathematische Statistik	143
• Nicht-parametrische Schätzung von Verteilungen	144

• Numerik stationärer Differentialgleichungen	145
• Numerik stochastischer Differentialgleichungen	145
• Optimale Kontrolle mit Gewöhnlichen Differentialgleichungen	146
• Optimaler Transport	147
• Optimierung mit Differentialgleichungen	148
• Problemlösestrategien	148
• Propagation des Chaos	149
• Software-Obsfuskierung: Gemischte boolesch-arithmetische Ausdrücke	150
• Spieltheorie	151
• Statistisches Lernen 1	152
• Stochastische Differentialgleichungen	152
• Theoretical Aspects of Machine Learning	153
• Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben	154
• Topologie	155
• Tropische Enumerative Geometrie	155
• Tropische Enumerative Geometrie - Teil 1	156
• Variationsrechnung	157
• Wahrscheinlichkeitstheorie	158
• Widerspruchsfreiheitsbeweise	159
• Zahlentheorie und Kryptographie	160

Veranstaltungstitel:	Algebraische Kurven und Riemannsche Flächen		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Kompakte Riemannsche Flächen. • Normalisierungssatz ebener Kurven. • Topologisches Geschlecht. • Überlagerungen. • Formen und Integration. • Garben und Kohomologie. • Hodge-Theorie. • Arithmetisches und geometrisches Geschlecht. • Satz von Abel. • Satz von Riemann-Roch. • Serre-Dualität. • Jacobische und abelsche Varietäten. • Riemannsche Bilinearbeziehungen. • Jacobi-Umkehrproblem. • Elliptische Kurven und Funktionen. • J-Invariante. • Uniformisierung. • Topologie nicht-kompakter Riemannsche Flächen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden entwickeln einen Zugang zu abstrakten Flächen und verstehen Klassifikationstechniken, die auf lokal-zu-global-Schlussweisen beruhen. Sie erfassen im Begriff der Holomorphie die Rigiditätsprinzipien, die sich aus analytischen Eigenschaften ergeben. Die Studierenden sehen am Grabenbegriff, wie grundlegende Fragestellungen in natürlicher Weise zu zunehmend abstrakteren Begriffsbildungen führen und wie mit diesen letztlich die Fragestellungen beantwortet werden können. Sie lernen dabei, wie Geometrie und Analysis zusammenhängen und vielfach einander bedingen.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Frederice Mangolte: Real Algebraic Varieties. Springer 2020. • Robert Silhol: Real Algebraic Surfaces. Springer 1989. • Riccardo Benedetti, Jean-Jacques Risler: Real Algebraic and Semi-algebraic Sets. Editions Hermann 1990. • Alex Degtyarev, Viatcheslav Kharlamov: Topological properties of real algebraic varieties: du côté de chez Rokhlin. arXiv:math/0004134.
Veranstaltungs-verantwortliche	Daniele Agostini, Ivo Radloff

Veranstaltungstitel:	Algebraische Topologie 1		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Mengentheoretische Topologie. • Grundlagen der Kategorientheorie. • Die Fundamentalgruppe eines punktierten topologischen Raumes. • Überlagerungstheorie. • Grundlagen der singulären Homologietheorie. • Anwendungen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden erlernen, wie man Ideen in der Topologie, z. B. das Detektieren von Löchern bei topologischen Räumen, auch mit einer anspruchsvollen Technik in eine präzise Theorie umsetzen kann. Dabei erkennen sie insbesondere, wie abstrakte Begriffsbildungen, z. B. aus der Kategorientheorie und der Homologischen Algebra, effektive Sprechweisen zur Verfügung stellen, die es ermöglichen, die Ideenbildung auch adäquat umzusetzen.		
Teilnahme-voraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Allen Hatcher: Algebraic topology. Cambridge University Press 2009. • Horst Schubert: Topologie. Teubner 1971. • Edwin H. Spanier: Algebraic topology. McGraw-Hill 1966. • Ralph Stöcker, Heiner Zieschang: Algebraische Topologie. Teubner 1994.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Anton Deitmar, Frank Loose		

Veranstaltungstitel:	Algebraische Zahlentheorie		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Ganzzahlringe. • Klassenzahlen. • Der Dirichletsche Einheitsatz. • Erweiterungen von Dedekindringen. • Bewertungstheorie. • Lokale Körper.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden der algebraischen Zahlentheorie kennengelernt.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen, • MAT-20-03 / MAT-20-06 Einführung in Galoistheorie.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Jürgen Neukirch: Algebraische Zahlentheorie. Springer 2007. • Alexander Schmidt: Einführung in die algebraische Zahlentheorie. Springer 2007. • Andre Weil: Basic number theory. Springer 1995.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Daniele Agostini, Anton Deitmar		

Veranstaltungstitel:	Algorithmen der Numerischen Mathematik		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		

Inhalt	Weiterführende, große Algorithmen der Numerik (ohne Differentialgleichungen), wie etwa: • Schnelle Fourier-Transformation; • QR-Algorithmus zur Berechnung von Eigenwerten; • Verfahren der konjugierten Gradienten und allgemeinere Krylov-Raumverfahren als iterative Verfahren in der numerischen Linearen Algebra und in der nichtlinearen Optimierung; • Simplex-Verfahren und Innere-Punkt-Verfahren in der linearen Optimierung.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden der algorithmischen Numerischen Mathematik kennengelernt.
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-11 / MAT-20-13 Numerik.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Peter Deufilhard, Andreas Hohmann: Numerische Mathematik 1. De Gruyter 2008. • Martin Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens. Vieweg 2009.
Veranstaltungs-verantwortliche	Christian Lubich, Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Automorphe Formen		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Modulformen für die Modulgruppe und ihre Kongruenzuntergruppen. • Beispiele: Eisenstein-Reihen, Ramanujansche Delta Funktion, Theta-Reihen. • Modulkurven. • Arithmetische Anwendungen und Vermutungen. • Hecke Operatoren. • Die L-Funktion eines Modulforms und ihre Verbindungen mit Elliptischen Kurven.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe und Methoden der Theorie der Automorphen Formen in Beispielen kennengelernt und können damit umgehen. Sie haben den Zusammenhang zwischen modularen, reell-darstellungstheoretischen und adelischen L-Funktionen erfasst.		

Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen, • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis, • MAT-20-03 / MAT-20-06 Einführung in Galoistheorie.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Deitmar, Anton: Automorphic Forms. Springer 2012. • Goldfeld, Dorian: Automorphic forms and L-functions for the group $GL(n, \mathbb{R})$. Cambridge University Press 2015. • Serre, Jean-Pierre: A course in arithmetic. Springer 1973.
Veranstaltungs- verantwortliche	Anton Deitmar

Veranstaltungstitel:	Bayessche Netzwerke und Kausalität		
Studienschwerpunkt	Stochastik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 115 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		

Inhalt	Ungewissheit ist eine Tatsache, und eine robuste künstliche Intelligenz für reale Anwendungen muss in der Lage sein, damit umzugehen. Daher war die Entwicklung mathematischer Darstellungen, die Wahrscheinlichkeiten effektiv einbeziehen, ein wichtiger Schritt in der Entwicklung der künstlichen Intelligenz. Das menschliche Verstehen geht jedoch weiter als das: Wir gehen über die Beobachtung von Ereignissen wie <i>Wenn der Rasensprenger in meinem Gewächshaus an ist, sind die Pflanzen nass</i> oder <i>Wenn die Pflanzen nass sind, ist der Rasensprenger an</i> hinaus und postulieren eine Beziehung von Ursache und Wirkung: <i>Wenn ich den Rasensprenger einschalte, werden die Pflanzen nass, aber wenn ich die Pflanzen gieße, wird das den Rasensprenger sicher nicht aktivieren.</i> In diesem Kurs werden Bayessche Netzwerke untersucht, die eine weit verbreitete Darstellung von Wahrscheinlichkeitsverteilungen sind. Insbesondere werden gängige Inferenz- und Lernalgorithmen diskutiert. Darüber hinaus wird gezeigt, dass Bayessche Netzwerke nicht nur Wahrscheinlichkeitsverteilungen darstellen, sondern auch in der Lage sind, kausale Beziehungen auszudrücken. Schließlich wird die kausale Expressivität von Bayesschen Netzwerken untersucht, mit dem Ziel, kausale Strukturen aus Beobachtungsdaten zu lernen. • Teil I: Bayessche Netzwerke als effiziente Repräsentation von Wahrscheinlichkeitsverteilungen: – Berechnung von Wahrscheinlichkeiten mit Bayesschen Netzwerken. – d-Separation: Ein grafisches Kriterium für probabilistische Unabhängigkeit. – Parameter- und Strukturlernen in Bayesschen Netzwerken. • Teil II: Bayessche Netzwerke als Repräsentation für kausales Wissen: – Funktionale Kausalmodelle: Eine Repräsentation von kausalem Wissen. – Pearls Kausalleiter: Vorhersage der Auswirkungen externer Interventionen und Argumentation mit kontrafaktischen Fakten. – Kausale Bayessche Netzwerke. – Kausale Strukturentdeckung: Lernen von kausalen Beziehungen aus Daten. – Kontrafaktische Identifizierbarkeit: Beantwortung kontrafaktischer. Fragen mit kausalen Bayesschen Netzwerken.
Spezielle Qualifikationsziele	Im ersten Teil des Kurses haben die Studierenden gelernt, wie Bayessche Netzwerke Wahrscheinlichkeitsverteilungen darstellen und wie diese Darstellung zur effizienten Berechnung von Wahrscheinlichkeiten oder zur Bestimmung, ob zwei Zufallsvariablen unabhängig sind, verwendet werden kann. Im zweiten Teil haben die Studierenden gelernt, Inferenzaufgaben in der künstlichen Intelligenz gemäß Pearls Kausalleiter zu unterscheiden: probabilistisches, intervenierendes und kontrafaktisches Schließen, die im Allgemeinen immer detaillierteres Wissen erfordern. Sie sind mit Identifizierbarkeitsergebnissen vertraut, die Annahmen liefern, unter denen bestimmte Anfragen auf der Kausalleiter nur mit Wissen aus niedrigeren Ebenen beantwortet werden können. Sie wissen, wie man Fragen zu den Auswirkungen externer Interventionen beantworten kann, wenn man nur die korrekte Wahrscheinlichkeitsverteilung kennt, die oft aus Beobachtungsdaten geschätzt werden kann.
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-01 Maß- und Integrationstheorie, • MAT-20-12 Stochastik.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Judea Pearl: Causality: Models, Reasoning and Inference. Cambridge University Press 2009.
Veranstaltungs-verantwortliche	Stephan Eckstein

Veranstaltungstitel:	Darstellungstheorie endlicher Gruppen		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Gruppen und Gruppenwirkungen. • Darstellungen, Irreduzibilität, Schursches Lemma. • Halbeinfachheit, Satz von Maschke. • Charaktere, Orthogonalitätsrelationen. • Isotypische Zerlegung, Charaktertafeln. • Darstellungen der symmetrischen Gruppe. • halbeinfache Artinsche Algebren.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden lernen in der Vorlesung die Grundzüge der Darstellungstheorie und entwickeln ein Verständnis für das Zusammenwirken geometrischer und algebraischer Methoden.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • William Fulton, Joe Harris: Representation theory. Springer 1991. • Bertram Huppert: Character theory of finite groups. De Gruyter 1998. • Serge Lang: Algebra. Springer 2002. • Jean-Pierre Serre: Linear representations of finite groups. Springer 1977.		
Veranstaltungsverantwortliche	Jürgen Hausen, Thomas Markwig		

Veranstaltungstitel:	Einführung in die Analytische Zahlentheorie		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		

Inhalt	• Arithmetische Funktionen und Dirichlet-Reihen, • Primzahlsatz und Dirichletscher Primzahlsatz, • Nullstellen der Riemannschen Zetafunktion, Riemann-Hypothese und die Explizite Formel.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden verstehen das Zusammenspiel von Analysis und Zahlentheorie. Sie können analytische Methoden auf zahlentheoretische Probleme anwenden. Sie verstehen den Mechanismus analytischer Fortsetzung durch Integraldarstellung und haben gelernt, ihn selbständig auf andere Fälle, wie automorphe L-Funktionen, zu übertragen. Sie haben ein Verständnis für die Riemann-Hypothese gewonnen, die als schwierigstes Problem der gesamten Mathematik gilt und verstehen ihre Tiefe.
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-05 Einführung in Funktionentheorie.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Komaravolu Chandrasekharan: Introduction to Analytic Number Theory. Springer 1968.
Veranstaltungsverantwortliche	Anton Deitmar

Veranstaltungstitel:	Einführung in die Berkovich Geometrie		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		
Inhalt	• Nicht-Archimedische Körper, Bewertungen, und Betragsfunktionen. • Ultra-metrische Dreiecksungleichung und induzierte Topologie. • Affinoide Bereiche. • Berkovich affine und projektive Gerade. • Analytifizierung algebraischer Varietäten.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die wichtigsten Beispiele für nicht-Archimedische Körper kennengelernt und haben sich mit deren induzierter Topologie vertraut gemacht. Dabei haben sie die fundamentalen Probleme im Hinblick auf eine Theorie der analytischen Geometrie über diesen Körpern verstanden und Berkovichs Ansatz zur Überwindung dieser Probleme kennengelernt. Die Studierenden haben die projektive Gerade in Berkovichs Sprache sowohl mengentheoretisch als auch topologisch detailliert untersucht. Dabei haben die Studierenden eine Art von geometrischem Raum kennen gelernt, welcher sich grundlegend von anderen Beispielen aus dem Studium (Vektorräume, Varietäten, Mannigfaltigkeiten, etc.) unterscheidet. Bezüge zur algebraischen Geometrie via des Analytifizierungsfunktors sind ihnen vertraut.		

Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen, • MAT-20-03 / MAT-20-06 Einführung in Galoistheorie.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Annette Werner: Nichtarchimedische Geometrie. Vorlesungsskript.
Veranstaltungs-verantwortliche	Hannah Markwig

Veranstaltungstitel:	Einführung in die Mathematische Logik		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 115 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Aussagenlogik. • Sprachen erster Stufe: – Vollständigkeit und Kompaktheit. • Berechenbarkeitstheorie: – Registermaschinen; – Gödelisierung. • Unvollständigkeit der Arithmetik: – Erster und zweiter Unvollständigkeitssatz. • Mengenlehre: – Ordinal- und Kardinalzahlen; – Unvollständigkeit der Mengenlehre.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden können mathematische Sätze und Theorien im Kontext mathematischer Logik erfassen. Sie verstehen die Grenzen möglicher mathematischer Erkenntnis, erkennen den Unterschied zwischen Wahrheit und Beweisbarkeit und können grundlegende modelltheoretische Denkweisen auf mathematische Inhalte anwenden.		
Teilnahme-voraussetzungen	Es gibt keine Voraussetzungen.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Rautenberg, Wolfgang: Einführung in die Mathematische Logik. Vieweg+Teubner 2008. • Ziegler, Martin: Mathematische Logik. Birkhäuser 2016.		

Veranstaltungs- verantwortliche	Anton Deitmar		
Veranstaltungstitel:	Einführung in die Mengenlehre		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		
Inhalt	Inhalte: •		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden können		
Teilnahme- voraussetzungen	Es gibt keine weiteren Voraussetzungen.		
Literatur	Exemplarische Literatur : •		
Veranstaltungs- verantwortliche	Frank Loose		

Veranstaltungstitel:	Einführung in die Optimierung		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 3 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Optimalitätstheorie für glatte, konvexe und lineare Optimierungsprobleme mit Nebenbedingungen. • Grundlagen der Theorie konvexer Mengen und Funktionen. • Dualitätstheorie für konvexe und lineare Optimierungsprobleme. • Lösungsverfahren für lineare Optimierungsprobleme.		

Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen und verstehen Methoden und Algorithmen zur Lösung konvexer und linearer Optimierungsprobleme. Sie haben gelernt, die Methoden auf einfache Probleme mit wirtschaftswissenschaftlichem, technischem oder physikalischem Bezug anzuwenden. Sie können die Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes der Methoden kritisch beurteilen.
Teilnahmevoraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Florian Jarre, Joseph Stoer: Optimierung: Einführung in mathematische Theorie und Methoden. Springer 2019. • Jorge Nocedal, Stephen J. Wright: Numerical optimization. Springer 2006.
Veranstaltungsverantwortliche	Christian Lubich

Veranstaltungstitel:	Einführung in Dynamische Systeme		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		
Inhalt	• Die Keplerschen Gesetze. • Gleichgewichtslagen. • Stabilität. • Räuber-Beute-Modell. • Satz von Poincaré-Bendixson. • Limesmengen. • Periodische Bahnen. • Himmelsmechanik.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden können qualitative Fragen über die Lösungen von gewöhnliche Differentialgleichungen stellen und untersuchen, wie z. B.: Wie lange existiert die maximale Lösung? Gibt es Gleichgewichtslagen oder periodische Bahnen? Wann sind Bahnen stabil? Sie sind mit den dafür notwendigen Techniken vertraut.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-05 Einführung in Gewöhnliche Differentialgleichungen.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Morris W. Hirsch, Stephen Smale: Differential equations, dynamical systems, and linear algebra. Academic Press 1974. • Vladimir I. Arnold: Mathematical methods of classical mechanics. Springer 2010. • Carl Ludwig Siegel, Jürgen Moser: Lectures on celestial mechanics. Springer 1995.
Veranstaltungs-verantwortliche	Frank Loose

Veranstaltungstitel:	Einführung in Geometrische Maßtheorie		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Maße, Überdeckungssätze, Differentiation von Maßen, Hausdorff-Maße und -Dichten. • Isodiametrische Ungleichung. • Sätze von Rademacher und Whitney. • Flächen- und Koflächenformel. • Abzählbar rektifizierbare Mengen, rektifizierbare Varifaltigkeiten.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein wichtiges mathematisches Gebiet kennengelernt, das Analysis und Geometrie verbindet und dessen Begriffe und Methoden bei verschiedenen Problemen erfolgreich angewandt werden können. Sie haben die grundlegenden Begriffe, Ergebnisse und Methoden der Geometrischen Maßtheorie kennengelernt und können diese Methoden in den weitergehenden Veranstaltungen erfolgreich anwenden.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Lawrence C. Evans, Ronald F. Gariepy: Measure theory and fine properties of functions. CRC Press 1992. • Herbert Federer: Geometric measure theory. Springer 1969. • Leon Simon: Lectures on geometric measure theory. Australian National University 1984.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Reiner Schätzle		

Veranstaltungstitel:	Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Maße, Überdeckungssätze, Differentiation von Maßen, Hausdorff-Maße und -Dichten. • Isodiametrische Ungleichung. • Sätze von Rademacher und Whitney.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein wichtiges mathematisches Gebiet kennengelernt, das Analysis und Geometrie verbindet und dessen Begriffe und Methoden bei verschiedenen Problemen erfolgreich angewandt werden können. Sie haben die grundlegenden Begriffe, Ergebnisse und maßtheoretischen Methoden der Geometrischen Maßtheorie kennengelernt und können diese Methoden in den weitergehenden Veranstaltungen erfolgreich anwenden.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Lawrence C. Evans, Ronald F. Gariepy: Measure theory and fine properties of functions. CRC Press 1992. • Herbert Federer: Geometric measure theory. Springer 1969. • Leon Simon: Lectures on geometric measure theory. Australian National University 1984.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Reiner Schätzle		

Veranstaltungstitel:	Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Flächen- und Koflächenformel. • Abzählbar rektifizierbare Mengen, rektifizierbare Varifaltigkeiten.		

Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein wichtiges mathematisches Gebiet kennengelernt, das Analysis und Geometrie verbindet und dessen Begriffe und Methoden bei verschiedenen Problemen erfolgreich angewandt werden können. Sie haben grundlegende Begriffe, Ergebnisse und Methoden der Geometrischen Maßtheorie kennengelernt und können diese Methoden in den weitergehenden Veranstaltungen erfolgreich anwenden.
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Lawrence C. Evans, Ronald F. Gariepy: Measure theory and fine properties of functions. CRC Press 1992. • Herbert Federer: Geometric measure theory. Springer 1969. • Leon Simon: Lectures on geometric measure theory. Australian National University 1984.
Veranstaltungsverantwortliche	Reiner Schätzle

Veranstaltungstitel:	Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig im Wintersemester (im Wechsel mit dem Modul MAT-45-02)		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Ringe und Ideale. • Gröbnerbasen. • Lokalisierung. • Noethersche Ringe und Moduln. • Ganze Ringerweiterungen. • Krullscher Hauptidealsatz und Dimensionstheorie. • Hilbertscher Nullstellensatz und Noether-Normalisierung. • Affine Varietäten, Zariski-Topologie, Morphismen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben zentrale Begriffe, Ergebnisse und Methoden der kommutativen Algebra und der affinen algebraischen Geometrie kennengelernt. Dabei haben sie das tief liegende Wechselspiel von Algebra und Geometrie am Beispiel der affinen Varietäten erlebt. Die Studierenden erkennen zudem, wie das Einnehmen eines höheren Standpunktes, sprich die Abstraktion der Problemstellung, es erlaubt, auf den ersten Blick vollkommen verschiedene Fragestellungen gleichzeitig zu behandeln und zu lösen.		

Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen, • MAT-20-03 / MAT-20-06 Einführung in Galoistheorie.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Michael Francis Atiyah, Ian G. Macdonald: Introduction to commutative algebra. Addison Wesley 1969. • David A. Cox, John B. Little, Donal O'Shea: Ideals, varieties, and algorithms. Springer 2008. • David Eisenbud: Commutative algebra with a view toward algebraic geometry. Springer 1995. • Ernst Kunz: Einführung in die kommutative Algebra und algebraische Geometrie. Vieweg 1980. • Miles Reid: Undergraduate Commutative Algebra. Cambridge University Press 1997.
Veranstaltungs-verantwortliche	Daniele Agostini, Jürgen Hausen

Veranstaltungstitel:	Einführung in Partielle Differentialgleichungen		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Harmonische Funktionen. • Maximumprinzipien. • Sobolev-Räume. • L^2-Theorie. • Wichtige Beispiele (Laplace-Gleichung, Wellengleichung, Wärmeleitungsgleichungen). • Fundamentallösungen (elliptische Situation). • Schwache Lösungen elliptischer Gleichungen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein zentrales Gebiet der Analysis kennengelernt, dessen Begriffe und Methoden grundlegend für viele andere Gebiete sind, etwa für die Numerik und die Stochastik. Des Weiteren werden auch Evolutionsgleichungen thematisiert, die starke Verbindungen zur Geometrie haben. Die Studierenden sind mit den zentralen Begriffen, Ergebnissen und Methoden der Linearen Partiellen Differentialgleichungen vertraut und können diese Methoden in den weitergehenden Veranstaltungen erfolgreich anwenden.		

Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Lawrence C. Evans: Partial differential equations. American Mathematical Society 2010. • David Gilbarg, Neil S. Trudinger: Elliptic partial differential equations of second order. Springer 2001. • Olga A. Ladyzenskaja, Vsevolod A. Solonnikov, Nina N. Uralceva: Linear and quasilinear equations of parabolic type. AMS 1968.
Veranstaltungs-verantwortliche	Gerhard Huisken, Reiner Schätzle

Veranstaltungstitel:	Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Harmonische Funktionen. • Maximumprinzipien. • Sobolev-Räume.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein zentrales Gebiet der Analysis in seinen ersten Grundzügen kennengelernt, dessen Begriffe und Methoden grundlegend für viele andere Gebiete sind, etwa für die Numerik und die Stochastik. Die Studierenden sind mit zentralen Begriffen, Ergebnissen und Methoden der Linearen Partiellen Differentialgleichungen vertraut und können diese Methoden in den weitergehenden Veranstaltungen erfolgreich anwenden.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Lawrence C. Evans: Partial differential equations. American Mathematical Society 2010. • David Gilbarg, Neil S. Trudinger: Elliptic partial differential equations of second order. Springer 2001. • Olga A. Ladyzenskaja, Vsevolod A. Solonnikov, Nina N. Uralceva: Linear and quasilinear equations of parabolic type. AMS 1968.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Gerhard Huisken, Reiner Schätzle		

Veranstaltungstitel:	Einführung in Riemannsche Flächen		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Überlagerungen und Fundamentalgruppen. • Topologische Klassifikation der Flächen. • Satz von Riemann-Hurwitz. • Differentialformen und Integration. • Garben und Kohomologie. • Satz von Riemann-Roch. • Serre-Dualität. • Kobayashi Metrik. • Großer Satz von Picard.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden entwickeln einen Zugang zu abstrakten Flächen und verstehen Klassifikationstechniken, die auf lokal-zu-global-Schlussweisen beruhen. Sie erfassen im Begriff der Holomorphie die Rigiditätsprinzipien, die sich aus analytischen Eigenschaften ergeben. Die Studierenden sehen am Grabenbegriff, wie grundlegende Fragestellungen in natürlicher Weise zu zunehmend abstrakteren Begriffsbildungen führen und wie mit diesen letztlich die Fragestellungen beantwortet werden können. Sie lernen dabei, wie Geometrie und Analysis zusammenhängen und vielfach einander bedingen.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-05 Einführung in Funktionentheorie.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Hershel M. Farkas, Irwin Kra: Riemann Surfaces. Springer 1992. • Otto Forster: Riemannsche Flächen. Springer 1977. • Klaus Lamotke: Riemannsche Flächen. Springer 2009. • Jürgen Jost: Compact Riemann surfaces. Springer 2006.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Anton Deitmar, Reiner Schätzle		

Veranstaltungstitel:	Einführung in Stochastische Differentialgleichungen - Teil 1
Studienschwerpunkt	Numerik

Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Einführung in Brownsche Bewegung und stochastische Integration. • Lösungskonzepte für stochastische Differentialgleichungen. • Stabilität stochastischer Differentialgleichungen. • Numerische Approximation stochastischer Differentialgleichungen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien und Techniken zur Konstruktion von Lösungen stochastischer Differentialgleichungen.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis, • MAT-20-12 Stochastik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Bernt Oksendal: Stochastic differential equations. Springer 2000.		
Veranstaltungsverantwortliche	Andreas Prohl		

Veranstaltungstitel:	Elementare Zahlentheorie		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		

Inhalt	• Teilbarkeit in den ganzen Zahlen. • Primzahlen. • Kongruenzen. • Quadratische Reste. • Arithmetische Funktionen. • Multiplikative Funktionen. • Klassische Sätze. • Anwendungen.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden vertiefen Grundkenntnisse über die ganzen Zahlen und erleben das Anwenden auf mathematische Probleme unterschiedlicher Art.
Teilnahmevoraussetzungen	Es werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Friedhelm Padberg: Elementare Zahlentheorie. Spektrum Akademischer Verlag 2001. • Stefan Mueller-Stach, J. Piontkowski: Elementare und algebraische Zahlentheorie. Vieweg 2006.
Veranstaltungsverantwortliche	Thomas Markwig

Veranstaltungstitel:	Elliptische Kurven und Kryptographie		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Grundlegende Konzepte der Kryptographie. • Symmetrische Kryptosysteme, Public Key Systeme, diskreter Logarithmus, RSA. • Primfaktorzerlegung, Angriffe auf Kryptosysteme. • Grundlegende Konzepte der projektiven Geometrie. • Elliptische Kurven als abelsche Gruppen. • Kurven über endlichen Körpern, Frobenius Morphismus, Endomorphismenring. • Punkte Zählen, Hasse-Schranke, Weil Vermutungen, Schoofs Algorithmus. • Kryptosysteme auf elliptischen Kurven, Algorithmen und Angriffe.		

Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Aufgabenstellungen und Konzepte der Kryptographie. Sie verstehen die kryptographisch motivierten Fragestellungen an elliptische Kurven, und haben Einblick in die fortgeschrittenen algebraischen und geometrischen Techniken zu deren Beantwortung. Sie verstehen die Herausforderungen der algorithmischen Umsetzung und kennen Standardalgorithmen.
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen, • MAT-20-03 / MAT-20-06 Einführung in Galoistheorie, • MAT-20-04 / MAT-20-05 Einführung in Funktionentheorie.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Albrecht Beutelspacher, Jörg Schwenk, Klaus-Dieter Wolfenstetter: Moderne Verfahren in der Kryptographie. Springer 2015. • Joseph H. Silverman: The arithmetic of elliptic curves. Springer 2009. • Ian Blake, Gadiel Seroussi, Nigel Smart: Elliptic curves in cryptography. CUP 1999.
Veranstaltungsverantwortliche	Thomas Markwig

Veranstaltungstitel:	Explizite Mathematik		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Applikative Theorien. • Explizite Mathematik. • Universen in expliziter Mathematik. • Anwendungen in der Beweistheorie.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden sind mit einem alternativen logischen Theorierahmen für Arithmetik und Subsysteme der Analysis vertraut und kennen deren Funktion in beweistheoretischen Untersuchungen.		
Teilnahmevoraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Solomon Feferman: A language and axioms for explicit mathematics, in Algebra and Logic. Lecture Notes in Mathematics, 450, pp. 87-139, Springer-Verlag, Berlin, 1975. • Solomon Feferman: Constructive theories of functions and classes. In Logic Colloquium '78, (Proc. Mons Colloq.), pp. 159-224, North-Holland, Amsterdam, 1979. • Gerhard Jäger, Reinhard Kahle, Thomas Strahm: On applicative theories. In Andrea Cantini, Ettore Casari, and Pierluigi Minari, editors, Logic and Foundations of Mathematics, pages 83–92, Kluwer, 1999. • Reinhard Kahle: The applicative realm. Textos de Matematica, 40, Departamento de Matemática, Universidade de Coimbra, 2007. • Gerhard Jäger, Reinhard Kahle, Thomas Studer: Universes in explicit mathematics. Annals of Pure and Applied Logic, 109(3), 141-162, 2001.
Veranstaltungs-verantwortliche	Reinhard Kahle

Veranstaltungstitel:	Finanzmathematik und Numerik		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	Der Kurs bietet eine umfassende Einführung in die mathematischen Modelle und numerischen Techniken, die für das Verständnis und die Lösung von Problemen im modernen Finanzwesen unerlässlich sind. Der Kurs befasst sich mit stochastischen Prozessen, der Modellierung von Zufallsphänomenen auf den Finanzmärkten und den numerischen Methoden, die für die Annäherung von Lösungen komplexer Finanzgleichungen erforderlich sind. Zu den Hauptthemen gehören die Mathematik hinter den Preisbildungsmodellen für Derivate, wie z. B. das Black-Scholes-Modell, und die Verwendung der stochastischen Kalkulation (SDE-Theorie) im Risikomanagement und in der Portfoliooptimierung. Durch die Integration von Theorie und numerischer Praxis überbrückt dieser Kurs die Kluft zwischen Finanzmathematik und realen Anwendungen und stattet die Studierenden mit den quantitativen Fähigkeiten aus, die sie für eine Karriere in den Bereichen quantitative Finanzen, Risikoanalyse und Financial Engineering benötigen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen wichtige mathematischen Modelle für die Beschreibung von Problemen der Finanzmathematik und sie können numerische Ansätze zu ihrer Lösungen zielgerichtet anwenden.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-01 Maß- und Integrationstheorie, • MAT-20-11 / MAT-20-13 Numerik, • MAT-20-12 Stochastik.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Steven Shreve: Stochastic Calculus for Finance. Springer 2005.
Veranstaltungs- verantwortliche	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Funktionalanalysis		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Normierte Räume, Banachräume, Dualräume. • Satz von Hahn-Banach, Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit. • Satz vom abgeschlossenen Graphen, Satz der offenen Abbildung, Satz von Banach-Alaoglu. • Kompakte Operatoren, normale Operatoren, Spektralsätze.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien und Techniken der Theorie unendlich-dimensionaler Räume und können sie auf Probleme aus der Analysis und Geometrie anwenden. Sie verstehen die Problematik der Spektraltheorie und können ihre Aussagen zur Lösung analytischer Probleme nutzen.		
Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Nicolas Bourbaki: Topological vector spaces. Springer 1987. • Adam Bowers, Nigel Dalton: An introductory course in functional analysis. Springer 2014. • Harro Heuser: Funktionalanalysis. Teubner 2006. • Markus Haase: Functional analysis. American Mathematical Society 2014. • Peter D. Lax: Functional analysis. Wiley 2002. • Gert Kjaergaard Pedersen: Analysis now. Springer 1995. • Walter Rudin: Functional analysis. McGraw-Hill 1991. • Dirk Werner: Funktionalanalysis. Springer 2011. • Kosaku Yosida: Functional analysis. Springer 1995. • Hans Wilhelm Alt: Lineare Funktionalanalysis. Springer 2012.		

Veranstaltungs- verantwortliche	Anton Deitmar, Reiner Schätzle		
Veranstaltungstitel:	Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Mannigfaltigkeiten und Untermannigfaltigkeiten. • Vektorfelder und Flüsse. • Metriken, Grundlagen der Riemannschen Geometrie. • Vektorbündel und Zusammenhänge. • Komplexe Strukturen. • Satz von Gauß-Bonnet auf Flächen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen und verstehen die genannten Begriffe der reellen und komplexen Differentialgeometrie und die grundlegenden Techniken im Umgang mit ihnen. Sie sind zu einem vertieften Verständnis insbesondere der Differential- und Integralrechnung gelangt und haben beispielhaft erfahren, wie die mathematischen Konzepte in natürlicher Weise in der Geometrie Anwendung finden.		
Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Sylvestre Gallot, Dominique Hulin, Jacques Lafontaine: Riemannian Geometry. Springer 2004. • John M. Lee: Introduction to Smooth Manifolds. Springer 2012. • Liviu I. Nicolaescu: Lectures On The Geometry Of Manifolds. World Scientific 1996. • Clifford Henry Taubes: Differential Geometry: Bundles, Connections, Metrics and Curvature. Oxford University Press 2011.		
Veranstaltungs- verantwortliche	Christoph Bohle, Frank Loose		

Veranstaltungstitel:	Geometrische Gruppentheorie
Studienschwerpunkt	Geometrie

Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Gruppenaktionen auf Graphen, freie Gruppen. • Quasiisometrien. • Wachstumstypen. • Hyperbolische Gruppen. • Enden.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden lernen, Eigenschaften von endlich erzeugten Gruppen mit Hilfe geometrischer Werkzeugen zu untersuchen, ausgehend vom Cayleygraphen der Gruppe. Sie sind in der Lage, die geometrischen Eigenschaften der Cayleygraphen mit Hilfe analytischer Methoden zu untersuchen und ihre Zusammenhänge zu der zugrundeliegenden Gruppe herauszuarbeiten. Die Studierenden verstehen, wie Grundlagen aus der Algebra und der Analysis zusammenwirken können, um eine neue Theorie an der Schnittstelle von Algebra und Geometrie zu entwickeln, die zu interessanten Aussagen über Gruppen führt.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Clara Löh: Geometric Group Theory - an Introduction. Springer 2017. • Thorsten Camps, Volkmar Große Rebel, Gerhard Rosenberger: Einführung in die kombinatorische und die geometrische Gruppentheorie. Heldermann Verlag 2008.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Hannah Markwig		

Veranstaltungstitel:	Geometry in Physics		
Studienschwerpunkt	Mathematische Physik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig im Wintersemester		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	Das Modul beinhaltet eine Einführung in grundlegende Methoden der Differentialgeometrie und ihre Bedeutung in der Physik. Themen sind insbesondere Mannigfaltigkeiten, Differentialformen, Riemannsche Metriken und zugehörige Krümmungsbegriffe, Riemannsche Geometrie von Untermannigfaltigkeiten, reelle Vektorbündel und Zusammenhänge. Es werden beispielhaft Anwendungen in der Physik genannt.		

Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen und verstehen die genannten Begriffe der Differentialgeometrie und die grundlegenden Techniken im Umgang mit ihnen. Sie sind zu einem vertieften Verständnis insbesondere der Differential- und Integralrechnung gelangt und haben beispielhaft erfahren, wie die mathematischen Konzepte in natürlicher Weise in physikalischen Theorien Anwendung finden.
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.
Literatur	Exemplarische Literatur : • John Lee: Introduction to smooth manifolds. Springer 2012. • John Lee: Riemannian manifolds: An introduction. Springer 1997. • Chris Isham: Modern differential geometry for physicists. World Scientific 1999. • Mikio Nakahara: Geometry, Topology and Physics. IOP Publishing 2003.
Veranstaltungs-verantwortliche	Christoph Bohle, Carla Cederbaum, Stefan Teufel

Veranstaltungstitel:	Gewöhnliche Differentialgleichungen - Analysis und Numerik		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Nichtlineare gewöhnliche Differentialgleichungen: Sätze von Hartman-Grobman und Poincare-Bendixson, Bifurkationstheorie. • Numerische Approximation: lineare Mehrschrittverfahren, adaptive Verfahren, geometrische Integration.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden sind mit den grundlegenden Methoden zum Studium des qualitativen Verhaltens und zur Simulation von Lösungen nichtlinearer gewöhnlicher Differentialgleichungen vertraut. Sie haben konstruktive Methoden zur Lösung kennen gelernt und sind prinzipiell in der Lage, diese mit Hilfe des Computers umzusetzen.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis, • MAT-20-11 / MAT-20-13 Numerik. Kenntnisse aus den folgenden Modulen sind hilfreich, aber nicht zwingend notwendig: • MAT-70-01 Algorithmen der Numerischen Mathematik.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Lawrence Perko: Differential equations and dynamical systems. Springer 1993. • David Griffiths, Desmond J. Higham: Numerical methods for ordinary differential equations. Springer 2010.
Veranstaltungs-verantwortliche	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Graphentheorie		
Studienschwerpunkt	Stochastik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Grundbegriffe der Graphentheorie, • Grundlegende graphentheoretische Algorithmen, • Flüsse, Schnitte, Zusammenhang, Matchings, • Kreis- und Schnittraum (Kohomologietheorie), • Spektrale Graphentheorie, Matrix-Baum-Satz, • Planare Graphen, Satz von Kuratowski und Wagner, • Einbettungen in Flächen, • Färbungen, • Minorentheorie.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die Grundbegriffe der Graphentheorie, können die Struktur von Graphen untersuchen und Methoden der Graphentheorie praktisch nutzen. Ferner erkennen Sie Verbindungen zu Geometrie und Algebra und können daraus Nutzen ziehen.		
Teilnahme-voraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Bela Bollobas: Modern graph theory, Springer, 1998. • John Adrian Bondy, Uppaluri Siva Ramachandra Murty: Graph theory, Springer, 2008. • Reinhard Diestel: Graph theory, Springer, 2018. • Jonathan L. Gross, Jay Yellen, Mark Anderson: Graph theory and its applications, CRC Press, 2019.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Elmar Teufl		

Veranstaltungstitel:	Groups and Representations		
Studienschwerpunkt	Mathematische Physik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Gruppen: Untergruppen, Homomorphismen, Isomorphismen, Gruppenoperationen, Bahnen, Stabilisatoren, Äquivalenzklassen, Normalteiler, Restklassen, Faktorgruppen. • Darstellungen: Treue, unitäre und irreduzible Darstellungen, Reduzibilität, Charaktere, Schurs Lemmata, Orthogonalität irreduzibler Darstellungen. • Anwendungen: Symmetrien und Degenerationen in der Quantenmechanik, Auswahlregeln. • Darstellungen endlicher Gruppen: Gruppenalgebra, reguläre Darstellung, Ideale, Idempotente. • Symmetrische Gruppen: Young-Tableaus, Young-Operatoren, Dimension und Charaktere. • Anwendungen: Identische Teilchen in Quantentheorien. • Lie-Gruppen: Haar-Maße, Darstellungen, Lie-Algebren. • Tensordarstellungen klassischer Gruppen: Symmetrieklassen, Young-Tableaus. • Anwendungen: SU(2) und SU(3) in der Teilchenphysik (Spin, Isospin, Flavour). • Zudem eine Auswahl aus dem Folgenden: – Irreduzible Darstellung der Lorentz und Poincare Gruppen; – Anwendungen: Begriff der Teilchen in Quantentheorien; – Wurzeln und Gewichte, Killing-Cartan-Klassifikation halbeinfacher Lie-Algebren.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Konzepte der Gruppen- und Darstellungstheorie. Sie sind in der Lage, diese abstrakten algebraischen Begriffsbildungen neu im Kontext der theoretischen Physik anzuwenden und entwickeln so ein vertieftes Verständnis für die Zusammenhänge der Mathematik und Physik. Die Studierenden sind vertraut mit einer Vielzahl komplexer Beispiele für Anwendungen der Darstellungstheorie von Gruppen in der Physik.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Irene Verona Schensted: A course on the Application of Group Theory to Quantum Mechanics. NEO Press 1976. • Barry Simon: Representations of Finite and Compact Groups. AMS 1996. • Wu-Ki Tung: Group Theory and Physics. World Scientific 1985.		
Veranstaltungsverantwortliche	Stefan Keppeler		

Veranstaltungstitel:	Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegelungsgeometrisch, algebraisch		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	Ausgehend von einem Axiomensystem für die ebene absolute Geometrie mit den Grundbegriffen Inzidenz und Kongruenz wird die zugehörige Bachmannsche Spiegelungsgeometrie entwickelt. Nach Einführung des hyperbolischen Axioms wird diese mit spiegelungsgeometrischer Endentheorie weitergeführt. Aus den Drehungen um ein Ende und den Translationen entlang einer Geraden entsteht ein euklidischer Körper, mit dessen Hilfe die betrachtete hyperbolische Ebene algebraisch beschrieben wird.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben gelernt, ein und dasselbe mathematische Objekt (hier absolute und hyperbolische Ebenen) unter völlig verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten und diese miteinander zu verknüpfen. Dabei haben sie insbesondere die gruppentheoretisch orientierte Bachmannsche Spiegelungsgeometrie kennen gelernt, die im Curriculum eher selten erscheint, und vertiefen so den Umgang mit Gruppen. Sie zudem ihre Kenntnis der Verschränkung von Geometrie und Algebra vertieft.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen. Kenntnisse aus den folgenden Modulen sind hilfreich, aber nicht zwingend notwendig: • MAT-20-06 Einführung in Geometrie.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Friedrich Bachmann: Aufbau der Geometrie aus dem Spiegelungsbegriff. Springer 1959. • Robin Hartshorne: Geometry: Euclid and beyond. Springer 2000. • Helmut Karzel, Kay Sörensen, Dirk Windelberg: Einführung in die Geometrie. Vandenhoeck und Ruprecht 1973.		
Veranstaltungsverantwortliche	Hermann Hähl, Hannah Markwig		

Veranstaltungstitel:	Informationsgeometrie		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		

Inhalt	• Grundlagen der Informationsgeometrie (z.B. Fisher-Informationsmetrik und duale Zusammenhänge für parametrische statistische Modelle, Kullback-Leibler Divergenz, natürlicher Gradient). • Anwendung auf neuronale Datenverarbeitung (insbesondere SSupervised Learning in künstlichen neuronalen Netzen).
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein elementares Verständnis davon, wie man Konzepte der Differentialgeometrie auf Probleme der Informationstheorie und Statistik anwenden kann.
Teilnahme-voraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Shun-Ichi Amari, Hiroshi Nagaoka: Methods of Information Geometry. AMS 2001. • Anthony C. C. Coolen, Reimer Kuehn, Peter Sollich: Theory of Neural Information Processing Systems. OUP 2005. • Shun-Ichi Amari: Natural Gradient works Efficiently in Learning. Neural Computation 1998. • Yann Ollivier: Riemannian Metrics for Neural Networks I - Feedforward Networks. Information and Inference, IMA 2015.
Veranstaltungs-verantwortliche	Christoph Bohle

Veranstaltungstitel:	Informationstheorie, Mustererkennung und neuronale Netze		
Studienschwerpunkt	Stochastik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		

Inhalt	• Einführung in die Informationstheorie: – Die Möglichkeit der zuverlässigen Kommunikation über unzuverlässige Kanäle. Der Hamming-Code und Wiederholungskodes. • Entropie und Datenkompression: – Entropie, bedingte Entropie, gegenseitige Information, Shannon Informationsgehalt. Die Idee der Typizität und die Verwendung von typischen Mengen für die Quellencodierung. Shannons Theorem der Quellencodierung. Codes für die Datenkompression. Eindeutig dekodierbare Codes und die Kraft-MacMillan-Ungleichung. Vollständigkeit eines Symbolcodes. Präfix-Codes. Huffman-Codes. Arithmetische Kodierung. • Kommunikation über verrauschte Kanäle: – Definition der Kanalkapazität. Kapazität eines binären symmetrischen Kanals; eines binären Löschkanals; eines Z-Kanals. Gemeinsame Typizität, Zufallscodes und Shannons Theorem der Codierung verrauschter Kanäle. Reale Kanäle und praktische Fehlerkorrekturcodes. Hash-Codes. • Statistische Inferenz, Datenmodellierung und Mustererkennung: – Die Likelihood-Funktion und der Satz von Bayes. Clustering als Beispiel. • Approximation von Wahrscheinlichkeitsverteilungen: – Laplace Methode. (Approximation von Wahrscheinlichkeitsverteilungen durch Gaußsche Verteilungen.) Monte Carlo Methoden: Importance Sampling, Rejection Sampling, Gibbs Sampling, Metropolis Methode. (Slice sampling, Hybrid Monte Carlo, Overrelaxation, exact sampling.) Variationsmethoden und Mean Field Theory. Ising-Modelle. • Neuronale Netze und inhaltsadressierbare Speicher: – Das Hopfield-Netzwerk.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden sind mit den grundlegenden Konzepten der Informationstheorie - wie Entropie und Kodierung verrauschter Kanäle - vertraut und wissen, wie diese bei der Berechnung und Annäherung von Wahrscheinlichkeiten angewendet werden.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-01 Maß- und Integrationstheorie, • MAT-20-12 Stochastik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • David J.C. MacKay: Information Theory, Inference, and Learning Algorithms. CUP 2003.		
Veranstaltungsverantwortliche	Stephan Eckstein		

Veranstaltungstitel:	Interacting Many-Body Quantum Systems		
Studienschwerpunkt	Mathematische Physik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		

Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Bosonen und Fermionen. • Bose-Einstein Kondensation. • Mean-field Theorie. • Nichtlineare Schrödingergleichung. • Hartree- and Hartree-Fock-Gleichung. • Bogoliubov Näherung.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen den Unterschied zwischen Fermionen und Bosonen und deren Auswirkungen auf Vielteilchensysteme. Sie verstehen, dass bei kalten Temperaturen die Fluktuationen der Teilchenzahl in einem bestimmten Bereich für Fermionen deutlich unterdrückt sind. Sie verstehen, wie die bosonische Natur zum berühmten Effekt der Bose-Einstein-Kondensation führt und dass wechselwirkende Vielteilchensysteme in bestimmten Skalierungsregimen in guter Näherung durch nichtlineare Evolutionsgleichungen beschrieben werden können. Schließlich sind sie in der Lage, Korrekturen höherer Ordnung zu bestimmen und die Korrelationen führender Ordnung zwischen den Teilchen zu berechnen.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Elliott H. Lieb, Robert Seiringer, Jan Philip Solovej, Jakob Yngvason: The Mathematics of the Bose Gas and its Condensation. Birkhäuser 2000. • Niels Benedikter , Marcello Porta , Benjamin Schlein: Effective Evolution Equations from Quantum Dynamics. Springer 2016.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Peter Pickl		

Veranstaltungstitel:	Kommutative Algebra		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig im Wintersemester (im Wechsel mit dem Modul MAT-45-01)		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		

Inhalt	• Ringe und Ideale. • Lokalisierung und lokale Ringe. • Noethersche und Artinsche Ringe und Moduln. • Ganze Ringerweiterungen und die Cohen-Seidenberg Sätze. • Krullscher Hauptidealsatz und Dimensionstheorie. • Primärzerlegung. • Normalität, Regularität und Diskrete Bewertungsringe. • Hilbertscher Nullstellensatz und Noether-Normalisierung.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen und verstehen die Sprache und die Methoden der kommutativen Algebra, welche zum Studium der Bereiche Algebra, Geometrie sowie Zahlentheorie notwendig sind. Sie erkennen, wie das Einnehmen eines höheren Standpunktes, sprich die Abstraktion der Problemstellung, es erlaubt, auf den ersten Blick vollkommen verschiedene Fragestellungen gleichzeitig zu behandeln und zu lösen.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen, • MAT-20-03 / MAT-20-06 Einführung in Galoisstheorie.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Michael Francis Atiyah, Ian G. Macdonald: Introduction to commutative algebra. Addison Wesley 1969. • David A. Cox, John B. Little, Donal O'Shea: Ideals, varieties, and algorithms. Springer 2008. • David Eisenbud: Commutative algebra with a view toward algebraic geometry. Springer 1995. • Ernst Kunz: Einführung in die kommutative Algebra und algebraische Geometrie. Vieweg 1980. • Miles Reid: Undergraduate Commutative Algebra. Cambridge University Press 1997.		
Veranstaltungsverantwortliche	Daniele Agostini, Thomas Markwig		

Veranstaltungstitel:	Konvexe Geometrie		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		

Inhalt	• Kegel, Polytope, Polyeder, Fächer, Polyederkomplexe. • Normalenfächer von Polygonen. • Triangulierungen, Unterteilungen, Sekundärfächer, Diskriminanten.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden lernen in der Vorlesung grundlegende Begriffe, Ergebnisse und Methoden der konvexen Geometrie kennen. Sie entwickeln ein vertieftes Verständnis für den Begriff der Dualität mathematischer Objekte am Beispiel von Polytopen und Fächern. Ferner schulen sie ihr geometrisches Anschauungs- und ihr räumliches Vorstellungsvermögen.
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Günter M. Ziegler: Lectures on Polytopes. Springer 1998.
Veranstaltungsverantwortliche	Hannah Markwig

Veranstaltungstitel:	Kryptographie		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Kurze Wiederholung zentraler Begriffe und Resultate aus Algebra und Zahlentheorie. • Historische Chiffren und deren Kryptoanalyse (Caesar, Vigenere, Substitution); Verschlüsselungsverfahren. • Diffie-Hellman-Verfahren und schnelle Exponentiation. • Diskrete Logarithmen: Shanks Algorithmus und Pollards Rho-Methode. • RSA-Verfahren: Korrektheit, Sicherheit und Angriffe. • Signaturverfahren.		

Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Begriffe und Ergebnisse der elementaren Zahlentheorie und Algebra sowie deren Anwendung in der Kryptographie. Sie können die behandelten Verfahren in Python bzw. SageMath exemplarisch umsetzen und wissen, worauf dabei zu achten ist. Anhand klassischer Chiffren verstehen sie typische Stärken und Schwächen; sie beherrschen das Diffie-Hellman-Verfahren und kennen die Man-in-the-Middle-Attacke. Sie können diskrete Logarithmen in zyklischen Gruppen berechnen, verstehen das RSA-Verfahren und können die Empfehlungen des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) einordnen. In verschiedenen Angriffsszenarien sind sie in der Lage, bei fehlenden Voraussetzungen Schwachstellen des RSA-Verfahrens aufzuzeigen. Durch die Beschäftigung mit zahlreichen offenen Problemen der Kryptographie, deren Lösungsansätze überraschenderweise aus unterschiedlichsten Bereichen der Mathematik stammen können, üben die Studierenden kritisch zu denken. Die Übungen sind zentraler Bestandteil und unterstützen die Studierenden dabei, eigenständig und praxisnah zu arbeiten - insbesondere mit CAS-Systemen wie SageMath.
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Jeffrey Hoffstein, Jill Pipher, Joseph H. Silverman: An introduction to mathematical cryptography. Springer 2008. • Christian Karpfinger, Hubert Kiechle: Kryptologie, Algebraische Methoden und Algorithmen, Vieweg 2010. • Dan Boneh, Victor Shoup: A Graduate Course in Applied Cryptography. 2023 (online Version: https://toc.cryptobook.us/). • Jonathan Katz, Yehuda Lindell: Introduction to Modern Cryptography. Chapman and Hall/CRC 2020.
Veranstaltungsverantwortliche	Thomas Markwig

Veranstaltungstitel:	Lie-Gruppen		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Mannigfaltigkeiten und Lie-Gruppen. • Lie-Algebren und Exponentialabbildung. • Überlagerungen und Klassifikation von Lie-Gruppen durch ihre Lie-Algebren. • Klassische Lie-Gruppen. • Operationen von Lie-Gruppen und Homogene Räume.		

Spezielle Qualifikationsziele	Lie-Gruppen liegen an der Schnittstelle zwischen Geometrie, Algebra und Analysis. Sie sind geeignet, Symmetrien von geometrischen Objekten, aber auch algebraischen Gleichungen oder Lösungen von Differentialgleichungen zu beschreiben, insbesondere, wenn diese Symmetrien eine kontinuierliche Schar bilden. Die Studierenden lernen hier an einem prominenten Beispiel, wie verschiedene Disziplinen der Mathematik außerordentlich erfolgreich zusammenwirken können und wie ein überzeugender Formalismus entwickelt wird, der eine Vielzahl von Symmetriephänomenen präzise beschreiben kann.
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen, • MAT-20-01 Maß- und Integrationstheorie, • MAT-20-04 Integration auf Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Joachim Hilgert, Karl-Hermann Neeb: Liegruppen und Lie-Algebren. Vieweg 1991. • Gerhard P. Hochschild: The structure of Lie groups. Holden-Day 1965. • Frank W. Warner: Foundations of differentiable manifolds and Lie groups. Springer 1983.
Veranstaltungsverantwortliche	Anton Deitmar, Frank Loose

Veranstaltungstitel:	Lineare Kontrolltheorie		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	Mathematische Methoden sind für die Steuerung und Kontrolle von komplexen Systemen und Prozessen unentbehrlich. Die zugrunde liegende Theorie fasziniert aber nicht nur durch ihre vielfältigen Anwendungen, sondern auch, in ihrer abstrakten Form, durch Klarheit und Eleganz ihrer Methoden und Resultate. In dieser Vorlesung werden zunächst endlichdimensionale Systeme behandelt, wofür gute Kenntnisse der Analysis und Linearen Algebra ausreichen. Ziele sind das Kontrollierbarkeitskriterium von Kalman und die daraus folgenden Kriterien für Stabilisierbarkeit. Wenn die Zeit reicht, werden wir die Theorie auf unendlichdimensionale Systeme erweitern. In den Übungen wird die Theorie auf konkrete Beispiele angewandt.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben grundlegende Methoden der linearen Kontrolltheorie erlernt. Gleichzeitig haben sie das Zusammenwirken verschiedener theoretischer Konzepte aus der Linearen Algebra und der Analysis und deren Nutzen für konkrete Anwendungen erlebt und verstanden.		
Teilnahmevoraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Hans Wilhelm Knobloch, Huibert Kwakernaak: Lineare Kontrolltheorie. Springer 1985. • Jerzy Zabczyk: Mathematical Control Theory. Birkhäuser 1992. • Ruth F. Curtain, Hans Zwart: An Introduction to Infinite-Dimensional Systems Theory. Springer 1995.
Veranstaltungs-verantwortliche	Rainer Nagel

Veranstaltungstitel:	Mathematische Aspekte der 3d Computervision		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Grundlagen der projektiven Geometrie. • Visuelle Odometrie. • Klassische SLAM (Simultaneous Location and Mapping) Methoden und Deep Learning Varianten. • Computereperimente unter Benutzung des Robot Operating Systems (ROS2).		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die mathematischen Grundlagen der 3d Computer Vision kennengelernt. Sie sind mit modernen Architekturen und den daraus resultierenden mathematischen Fragestellungen vertraut.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-12 Stochastik. Darüber hinaus sind Kenntnisse des Deep Learning erforderlich, wie sie etwa im Modul MAT-50-14 vermittelt werden.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Richard Hartley, Andrew Zisserman: Multiple View Geometry in Computer Vision. Cambridge University Press 2003. • Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox: Probabilistic Robotics. MIT Press 2005. • Luca Carlone, Ayoung Kim, Timothy D. Barfoot, Daniel Cremers, Frank Dellaert: SLAM Handbook: From Localization and Mapping to Spatial Intelligence. Cambridge University Press 2026.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Christoph Bohle		

Veranstaltungstitel:	Mathematische Aspekte des Deep Learning 1		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		
Inhalt	• Künstliche neuronale Netze und deren Training mittels Backpropagation/Stochastischem Gradientenabstieg. Wahrscheinlichkeitsbasierte Interpretation. Mathematische Fragestellungen in der Wissenschaft neuronaler Netze. • Klassische Architekturen für Computer Vision (CNNs) und sequenzielle Daten (RNNs). (Selbst-)überwachtes Lernen. • Transformer-Modelle, eine moderne Architektur basierend auf dem Attention-Mechanismus und deren Anwendungen in der natürlichen Sprachverarbeitung (GPT) und der Computer Vision. • Einfache neurowissenschaftliche Modelle für neuronale Netze. Biologische Plausibilität von Backpropagation und Transformern.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die Grundlagen der Informationsverarbeitung mittels künstlicher neuronaler Netze und biologisch plausible Alternativen kennen gelernt. Sie sind mit modernen Architekturen und den daraus resultierenden mathematischen Fragestellungen vertraut.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-12 Stochastik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville: Deep Learning. MIT 2016. • Simon J. D. Price: Understanding Deep Learning. MIT Press 2023. • Christopher M. Bishop, Hugh Bishop: Deep Learning - Foundations and Concepts. Springer 2024.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Christoph Bohle		

Veranstaltungstitel:	Mathematische Beweistheorie		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		

Inhalt	• Axiomatische Theorien, Unvollständigkeit. • Gentzens Konsistenzbeweis für die Arithmetik. • Ordinalzahlenanalyse. • Beweisbar rekursive Funktionen. • Prädikative Analysis. • Theorien induktiver Definitionen.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden sind mit den Methoden und Resultaten der modernen Beweistheorie vertraut, insbesondere mit Kalkülen zu mathematischen Theorien und deren metamathematischen Eigenschaften.
Teilnahme-voraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Wolfram Pohlers. Proof Theory. Springer 2009.
Veranstaltungs-verantwortliche	Reinhard Kahle

Veranstaltungstitel:	Mathematische Einführung in Data Science		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	Der Vorlesung bietet einen mathematisch fundierten Überblick über die wichtigsten Techniken der Datenwissenschaft, von Regression und k-nächsten Nachbarn bis hin zu hochdimensionalen Phänomenen, Dimensionsreduktion und modernen Klassifizierern (Perzeptron, SVMs, Kernel-Methoden, neuronale Netze). Der Schwerpunkt liegt sowohl auf den theoretischen Grundlagen als auch auf der praktischen Python-Implementierung mit realen Datensätzen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden können lineare, polynomiale und logistische Regressionsmodelle formulieren und lösen. Sie sind in der Lage, die k-nächste-Nachbar-Klassifizierung zu implementieren sowie weitere Klassifizierer (Perzeptron, SVM (Kernel-Methoden), Neuronale Netze) zu erstellen und zu evaluieren. Darüber hinaus wissen sie, wie man konvexe Ziele mit Hilfe von Gradientenabstiegstechniken optimiert.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-12 Stochastik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Sven A. Wegner: Mathematical Introduction to Data Science. Springer 2024.		

Veranstaltungs- verantwortliche	Andreas Prohl
--	---------------

Veranstaltungstitel:	Mathematische Statistik		
Studienschwerpunkt	Stochastik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Statistische Modelle, Exponentialfamilien, Suffizienz. • Sätze von Rao-Blackwell, Lehmann-Scheffe, Cramer-Rao. • Schätzmethoden, UMVU-Schätzer, Gütekriterien, Asymptotik von Schätzern. • Hypothesentests, Konfidenzintervalle, Neyman-Pearson Lemma. • Testmethoden, UMPU-Tests, 1- und 2-Stichprobentests. • Modelle mit wachsenden Dichtequotienten, nichtparametrische Modelle. • Einführung in Regression und Varianzanalyse.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden können statistische Zusammenhänge mathematisch modellieren. Sie können statistische Schätz- und Testmethoden mathematisch konstruieren, analysieren, vergleichen und anwenden sowie deren Ergebnisse interpretieren.		
Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-01 Maß- und Integrationstheorie, • MAT-20-12 Stochastik. Kenntnisse aus den folgenden Modulen sind hilfreich, aber nicht zwingend notwendig: • MAT-75-01 Wahrscheinlichkeitstheorie.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Peter J. Bickel, Kjell A. Doksum: Mathematical Statistics: Basic Ideas and Selected Topics. Chapman & Hall 2016. • Hans-Otto Georgii: Stochastik. De Gruyter 2009. • Erich L. Lehmann, Joseph P. Romano: Testing statistical hypotheses. Springer 2005. • Erich L. Lehmann, George Casella: Theory of point estimation. Springer 1998. • Wiebe R. Pestman: Mathematical Statistics. De Gruyter 2009 • Helmut Pruscha: Vorlesungen über Mathematische Statistik. Springer Vieweg 2000. • Mark J. Schervish: Theory of Statistics. Springer 1995.		

Veranstaltungs- verantwortliche	Martin Möhle, Elmar Teufl		
Veranstaltungstitel:	Nicht-parametrische Schätzung von Verteilungen		
Studienschwerpunkt	Stochastik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 115 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	Dieser Kurs behandelt eine grundlegende Fragestellung der Statistik: Gegeben seien n Beobachtungen eines unbekannten Zufallsvektors. Wie gut lassen sich daraus die tatsächlichen Eigenschaften dieses Zufallsvektors, insbesondere seine Wahrscheinlichkeitsverteilung, erschließen? Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf der Rolle der Dimension des Zufallsvektors und den daraus resultierenden Phänomenen, die unter dem Begriff des Fluchs der Dimensionalität (curse of dimensionality) zusammengefasst werden. Darüber hinaus untersuchen wir, wie sich Vorwissen - etwa über Glattheitseigenschaften oder strukturelle Merkmale des Zufallsvektors - nutzen lässt, um die Auswirkungen dieses Fluchs der Dimensionalität zu überwinden. Im Gegensatz zur parametrischen Statistik, bei der angenommen wird, dass die Verteilung zu einer endlichdimensionalen Verteilungsfamilie gehört (beispielsweise bei der Schätzung des Erwartungswerts und der Kovarianzmatrix einer Normalverteilung), konzentriert sich der Kurs ausschließlich auf nichtparametrische Fragestellungen, bei denen eine solche parametrische Form nicht von vornherein vorausgesetzt wird. Diese nichtparametrischen Modelle erfordern geeignete Gütekriterien, die auf Abständen zwischen Wahrscheinlichkeitsverteilungen beruhen. Behandelt werden sowohl die Dichteschätzung unter Verwendung von Verlustfunktionen vom L^p-Typ als auch die Schätzung bezüglich der Wasserstein-Distanz.		
Spezielle Qualifikationsziele	Das statistische Lernproblem von Verteilungen kann präzise formuliert werden. Die Wichtigkeit der gewählten Metrik und der Dimension der Verteilung ist klar verstanden. Grundlegende Beweisideen, sowohl zu oberen Schranken anhand von expliziten Schätzern, als auch zu unteren Schranken anhand von informationstheoretischen Methoden, werden beherrscht. Es wird strukturell verstanden, dass (und welche) Annahmen notwendig sind, um bessere Konvergenzraten zu erhalten als durch den Fluch der Dimensionen diktiert. In den Übungen wird gezeigt, dass selbstständig zu den behandelten Themen der Vorlesung gearbeitet werden kann.		
Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-01 Maß- und Integrationstheorie, • MAT-20-12 Stochastik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Alexandre B. Tsybakov: Introduction to Nonparametric Estimation. Springer 2009. • Jonathan Niles-Weed, Quentin Berthet: Minimax estimation of smooth densities in Wasserstein distance. The Annals of Statistics 50.3 (2022): 1519-1540. • Nicolas Fournier, Arnaud Guillin: On the rate of convergence in Wasserstein distance of the empirical measure. Probability Theory and Related Fields 162.3 (2015): 707-738. • Daniel Bartl, Stephan Eckstein: Fast Wasserstein rates for estimating probability distributions of probabilistic graphical models. arXiv:2510.09270 (2025).		

Veranstaltungs- verantwortliche	Stephan Eckstein		
Veranstaltungstitel:	Numerik stationärer Differentialgleichungen		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	Numerische Behandlung von Randwertproblemen stationärer (d.h. zeitunabhängiger) gewöhnlicher und elliptischer partieller Differentialgleichungen, schwerpunktmäßig Verfahren der finiten Elemente.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden der numerischen Behandlung von Randwertproblemen stationärer Differentialgleichungen kennengelernt.		
Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-05 Einführung in Gewöhnliche Differentialgleichungen, • MAT-20-11 / MAT-20-13 Numerik. Kenntnisse aus den folgenden Modulen sind hilfreich, aber nicht zwingend notwendig: • MAT-70-01 Algorithmen der Numerischen Mathematik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Dietrich Braess: Finite Elemente. Springer Spektrum 2013. • Wolfgang Hackbusch: Theorie und Numerik elliptischer Differentialgleichungen. Teubner 1986.		
Veranstaltungs- verantwortliche	Christian Lubich		

Veranstaltungstitel:	Numerik stochastischer Differentialgleichungen		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		

Inhalt	• Zufallszahlen-Generatoren, Ito-Taylor-Entwicklung. • Starke und schwache Approximation, Konsistenz. • Euler-Maruyama Verfahren, Milstein-Verfahren, stochastische Runge-Kutta-Verfahren. • Approximation gestoppter Diffusionsprozesse.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien und Techniken zur numerischen Approximation von Lösungen stochastischer Differentialgleichungen.
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis, • MAT-20-12 Stochastik.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Peter E. Kloeden, Eckhard Platen: Numerical solution of stochastic differential equations. Springer 1999.
Veranstaltungs-verantwortliche	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Optimale Kontrolle mit Gewöhnlichen Differentialgleichungen		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Ein kurzer Überblick über die Existenz- und Eindeigkeitstheorie für ODEs. • Numerische Lösungen für ODEs. • Einführung in optimale Kontrollprobleme mit ODEs. • Existenz- und Eindeigkeitstheorie für lineare quadratische Optimalsteuerungsprobleme (LQ-Probleme). • Pontryagins Maximumprinzip. • Numerische Approximation von LQ-Problemen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden sind mit den Problemstellungen der optimalen Kontrolle mittels gewöhnlicher Differentialgleichungen und verschiedenen Ansätzen zur Lösung des Problems vertraut. Sie kennen auch qualitative Aussagen zur eindeutigen Lösbarkeit.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-05 Einführung in Gewöhnliche Differentialgleichungen.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Matthias Gerds: Optimal Control of ODEs and DAEs. De Gruyter 2012.
Veranstaltungs-verantwortliche	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Optimaler Transport		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Die Lehrveranstaltung führt in die Theorie des optimalen Transports an der Schnittstelle von Analysis, Wahrscheinlichkeit und Optimierung ein. Ausgehend von den klassischen Problemen nach Monge und Kantorovich werden die grundlegenden maßtheoretischen und analytischen Werkzeuge behandelt. • Darauf aufbauend werden zentrale Resultate wie Existenz und Dualität optimaler Transportpläne, c-zyklische Monotonie, das Brenier-Theorem sowie die geometrische Struktur von Wasserstein-Räumen vorgestellt. • Im zweiten Teil der Veranstaltung wird die algorithmische Perspektive des optimalen Transports untersucht. Behandelt werden die entropische Regularisierung, der Sinkhorn-Algorithmus sowie ausgewählte Anwendungen, etwa in Bildverarbeitung, Statistik und maschinellem Lernen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studenten kennen die grundlegenden Begriffe, Methoden und zentralen Resultate der Theorie des optimalen Transports und sind in der Lage, diese in einen mathematischen Gesamtkontext aus Analysis, Wahrscheinlichkeit und Optimierung einzuordnen. Sie können die klassischen Formulierungen nach Monge und Kantorovich sowie wesentliche strukturelle Konzepte wie Dualität, c-zyklische Monotonie und die Wasserstein-Geometrie nachvollziehen und in einfachen Zusammenhängen anwenden. Zudem sind sie mit grundlegenden algorithmischen Ansätzen des optimalen Transports vertraut und können deren Bedeutung für ausgewählte Anwendungen einschätzen. In den Übungen vertiefen sie ihren Umgang mit den Inhalten der Vorlesung, entwickeln ihre Fähigkeit zum präzisen mathematischen Argumentieren weiter und üben die schriftliche und mündliche Darstellung eigener Lösungswege.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 Teilmodule Maß- und Integrationstheorie sowie Integration auf Untermannigfaltigkeiten des $\mathbb{R}^n$. • MAT-20-12 Stochastik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Alessio Figalli, Federico Glaudo: An Invitation to Optimal Transport, Wasserstein Distances, and Gradient Flows. EMS 2023. • Gabriel Peyré, Marco Cuturi: Computational Optimal Transport. Now Publishers 2019.		

Veranstaltungs- verantwortliche	Nicolai Jork, Andreas Prohl		
Veranstaltungstitel:	Optimierung mit Differentialgleichungen		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Direkte Methode in der Variationsrechnung, Euler-Lagrange Gleichung. • Brouwer-Minty Satz, nichtlineare Evolutionsgleichungen. • Gateaux- und Frechetdifferenzierbarkeit. • Existenznachweis optimaler Kontrollen, notwendige Optimalitätsbedingungen. • Adjungierte, konvergente Optimierungsmethoden in Banachräumen. • Variationelle Diskretisierungskonzepte.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien und Techniken zur Herleitung von Optimalitätsbedingungen für prototypische Steuerungsprobleme mit Nebenbedingungen in Form von partiellen Differentialgleichungen.		
Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis, • MAT-20-11 / MAT-20-13 Numerik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Michael Hinze, Rene Pinnau, Michael Ulbrich, Stefan Ullrich: Optimization with PDE constraints. Springer 2009.		
Veranstaltungs- verantwortliche	Andreas Prohl		

Veranstaltungstitel:	Problemlösestrategien		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		

Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Basic Tricks and Reductions. • Proofs and Logic. • Sets and Functions. • Elementary Combinatorics. • Counting and Cardinalities. • Pigeonhole Principle aka Box Principle. • Bounding, Estimation, and Inequalities. • Extremal Principle. • Invariance Principle: Invariants and Monovariants. • Colouring Proofs. • Graph-Theoretic Modelling.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden erwerben einen vielseitig einsetzbaren Werkzeugkasten mathematischer und heuristischer Problemlösungsstrategien, auf den sie sowohl im weiteren Studium als auch gegebenenfalls beim wettbewerbsorientierten Lösen mathematischer Probleme zurückgreifen können. Dazu gehören grundlegende Resultate und Beweistechniken ebenso wie typische Strukturmerkmale eines Problems, anhand derer sich geeignete Lösungsansätze erkennen oder ungeeignete Strategien frühzeitig ausschließen lassen.		
Teilnahme-voraussetzungen	Es werden Kenntnisse aus der Linearen Algebra und dem Teilmodul Algebraische Strukturen vorausgesetzt.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • George Pólya: How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method. Princeton University Press 1973. • Arthur Engel: Problem-Solving Strategies. Springer 1998.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Thomas Markwig		

Veranstaltungstitel:	Propagation des Chaos		
Studienschwerpunkt	Mathematische Physik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS		

Inhalt	• Wechselwirkende Vielteilchensysteme (quantenmechanisch sowie klassisch), Bedeutung der Korrelationen. • Mean-field Situationen (Vlasov) und Kollisionen (Boltzmann). • Explizite Behandlung der Korrelationen. • Große Abweichungen vom Erwartungswert.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden lernen, wie verschiedenartige Vielteilchensysteme durch effektive, nicht-lineare Gleichungen beschrieben werden können. Sie sind in der Lage, verschiedene Arten der Konvergenz von mikroskopischen Vielteilchensystemen gegen die effektive Theorie zu unterscheiden und zu vergleichen; dies sowohl in klassischen, als auch in quantenmechanischen Situationen. Aufbauend auf einem Argument ähnlich dem Gesetz der großen Zahlen verstehen sie, wie die Unabhängigkeit der Teilchen zur effektiven Gleichung führt. Sie lernen zu beweisen, dass die Unabhängigkeit in der Tat unter der Zeitentwicklung - zumindest näherungsweise - erhalten bleibt (Propagation des Chaos). Darauf aufbauend verstehen sie verschiedene, an die jeweilige Situation angepasste Beweisstrategien.
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis, • MAT-20-12 Stochastik.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Louis-Pierre Chainton, Antoine Diez: Propagation of chaos: a review of models, methods and applications. arXiv:2203.00446. • Francois Golse: Mean-Field Limits in Statistical Dynamics. arXiv:2201.02005.
Veranstaltungs-verantwortliche	Peter Pickl

Veranstaltungstitel:	Software-Obsfuskierung: Gemischte boolesch-arithmetische Ausdrücke		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		

Inhalt	• Was ist Software-Obfuskierung und wozu braucht man das? Welche Techniken gibt es und warum ist Deobfuskierung so schwer? Was macht ein Reverse Engineer? Einführende Beispiele. • Mathematische Grundlagen: Ideale in $\mathbb{Z}$, GGT, Euklidischer Algorithmus, Zeitabschätzungen, Ringe und Felder, Berechnungen in Restklassenringne, Permutationen, Matrizen und Determinanten, Lineare Algebra über Ringen. • Boolsche Algebren und Boolsche Funktionen. • Grundlagen Mixed Boolean Arithmetic Expressions (MBA). • Obfuskierung mit MBAs und Permutationspolynomen. • Deobfuskierung mit MBAs; Analyse und Vergleich von state-of-the-art tools und dessen Schwächen. • Deobfuskierung mit Program Synthesis.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen erste Techniken im Bereich Software Obfuskierung und Deobfuskierung und verstehen die dafür notwendigen mathematischen Resultate. Sie können diese sicher anwenden.
Teilnahme-voraussetzungen	Es werden Kenntnisse aus der Linearen Algebra und dem Teilmodul Algebraische Strukturen vorausgesetzt.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Yongxin Zhou, Andrew Main, Yuxin Gu, Harrison Johnson. Information Hiding in Software with Mixed Boolean-Arithmetic Transforms. In: International Workshop on Information Security Applications (WISA). Springer, 2007, pp. 6175. • Bernhard Reichenwallner, Peter Meerwald-Stadler. Ecient Deobfuscation of Linear Mixed Boolean-Arithmetic Expressions. In: Proceedings of the 15th ACM Workshop on Artificial Intelligence and Security (AISec 2022). ACM, 2022, pp. 119130.
Veranstaltungs-verantwortliche	Thomas Markwig

Veranstaltungstitel:	Spieltheorie		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		
Inhalt	Im Zentrum der Betrachtung stehen Nash- und verallgemeinerte Nash-Gleichgewichtsprobleme sowie ihre numerische Lösung.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen die grundlegenden Fragestellungen der Spieltheorie. Sie sind vertraut mit analytischen und numerischen Ansätzen zu deren Untersuchung.		
Teilnahme-voraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Christian Kanzow, Alexandra Schwartz: Spieltheorie. Birkhaeuser 2018.
Veranstaltungs-verantwortliche	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Statistisches Lernen 1		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Nicht-Parametrische Regression, Regressionsschätzer. • (Universelle) Konsistenz. • Ratenkonvergenz. • Satz von Stone. • Kernschätzer, k-NN-Schätzer. • Slow-Rate-Konvergenz, Minimax-Konvergenzraten.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden sind mit grundlegenden nicht-parametrischen Regressions-Schätzern vertraut, insbesondere mit deren universeller Konsistenz und Ratenkonvergenz. Sie beherrschen Grundprinzipien und Methoden des Stochastischen Lernens, wie sie für Anwendungen im Maschinellen Lernen benötigt werden.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-12 Stochastik.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Laslo Györfi, Michael Kohler, Adam Krzyzak, Harro Walk: A distribution-free theory of nonparametric regression. Springer 2002.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Andreas Prohl		

Veranstaltungstitel:	Stochastische Differentialgleichungen		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h

Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig
Unterrichtssprache	Deutsch
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS
Inhalt	• Stochastische Prozesse, Filtrationen, Martingale. • Wienerprozess, Random Walk, Satz von Donsker. • Diffusions-Halbgruppe, Itos Integral. • Lösung einer stochastischen Differentialgleichung. • Markov-Eigenschaft, Malliavin-Kalkül, Rough-Path-Theorie.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien und Techniken zur Konstruktion von Lösungen stochastischer Differentialgleichungen.
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis, • MAT-20-12 Stochastik.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Bernt Oksendal: Stochastic differential equations. Springer 2000.
Veranstaltungs-verantwortliche	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Theoretical Aspects of Machine Learning		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	Das Modul behandelt einige aktuelle Aspekte des theoretischen maschinellen Lernens, wie z.B.: • Die Theorie der reproduzierenden Kernel-Hilbert-Räume (RKHS). • Anwendungen der RKHS-Theorie wie SVMs, Kernel-Regression, Kernel-PCA und Kernel-Mittelwert-Einbettungen. • Approximationsfähigkeiten von neuronalen Netzen. • Dynamik neuronaler Netze und der neuronale Tangentenkernel. • Neueste Fortschritte in der hochdimensionalen Statistik, insbesondere Überparametrisierung und Generalisierung.		

Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden erlernen die mathematischen Grundlagen der Theorie des überwachten Lernens, neuronaler Netzwerke, Support-Vektor-Maschinen und Kernel-Methoden. Sie sind mit grundlegenden modernen Themen des maschinellen Lernens sowie mit deren theoretischen Grundlagen, mathematischem Ansatz und konzeptionellen Werkzeugen vertraut, die für die Diskussion und Begründung von Algorithmen erforderlich sind.
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-01 Maß- und Integrationstheorie, • MAT-20-12 Stochastik.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Mehryar Mohri, Afshin Rostamizadeh, Ameet Talwalkar: Foundations of Machine Learning. MIT Press 2012. • Shai Shalev-Shwartz, Shai Ben-David: Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms. CUP 2014. • Peter L. Bartlett, Andrea Montanari, Alexander Rakhlin: Deep learning: a statistical viewpoint. Acta Numerica 2021. • Daniel A. Roberts, Sho Yaida, Boris Hanin: The Principles of Deep Learning Theory: An Effective Theory Approach to Understanding Neural Networks. Cambridge University Press 2022.
Veranstaltungs-verantwortliche	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben		
Studienschwerpunkt	Numerik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	Wir beginnen mit der unrestringierten konvexen Minimierungsaufgabe (auf Räumen), und dem Gradientenverfahren mit Schrittweitenkontrolle nach Armeijo zur approximativen Berechnung eines Minimums, sowie ihren Varianten. Das Simplexverfahren löst lineare Programme auf Polyedern. Zentral ist dann die konvexe (nichtlineare) Minimierungsaufgabe auf Mengen, und die Charakterisierung eines Minimums mit (notwendigen) Optimalitätsbedingungen (Tangentialkegel, linearisierter Tangentialkegel, Abadie Bedingung, Karush-Kuhn-Tucker Bedingungen). Zudem werden auf diesen theoretischen Konzepten basierende numerische Lösungsverfahren (innere Punkte Methode, Penalty Methoden, SQP-Verfahren) vorgestellt und analysiert.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Teilnehmer haben relevante aktuelle Algorithmen zur Optimierung restringierter Optimierungsprobleme kennen gelernt: hierzu gehören Gradientenverfahren mit Schrittweitenkontrolle, das Simplex-Verfahren, innere Punkte-Methoden, Penalisisierungs-Methoden und das SQP-Verfahren. Sie können die Algorithmen analysieren und ihren Aufwand vergleichen.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-11 / MAT-20-13 Numerik.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Carl Geiger, Christian Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben. Springer 2002.
Veranstaltungsverantwortliche	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Topologie		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h	Selbststudium: 60 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS		
Inhalt	• Rückblick auf metrische Räume: Abgeschlossene Mengen, Umgebung, Stetigkeit, vollständige metrische Räume, Kompaktheit in metrischen Räumen. • Mengentheoretische Topologie: Topologische Räume, Stetigkeit und Konvergenz, Kompaktheit, Trennungsaxiome. • Räume stetiger Funktionen: Das Lemma von Urysohn und Anwendungen, Stone-Cech-Kompaktifizierung, der Satz von Stone-Weierstraß, Konvergenzbegriffe in Funktionenräumen, Kompaktheit in Funktionenräumen. • Bairesche Räume und die Anwendung der Baireschen Theorie: Bairesche Funktionsklassen, Existenzsätze. • Ausblick auf die algebraische Topologie.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die zentralen Begriffe, Ergebnisse und Methoden der mengentheoretischen Topologie kennengelernt und verstanden, dass man mit Hilfe dieser Theorie viele Phänomene in verschiedenen Teilgebieten der Mathematik beschreiben kann. Sie vernetzen so ihr Wissen zu sehr unterschiedlichen Teilgebieten der Mathematik.		
Teilnahmevoraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Felix Hausdorff: Grundzüge der Mengenlehre. Von Veit & Comp. 1914. • Boto von Querenburg: Mengentheoretische Topologie. Springer 2001. • Volker Runde: A Taste of Topology. Springer 2005.		
Veranstaltungsverantwortliche	Ulrich Groh, Rainer Nagel		

Veranstaltungstitel:	Tropische Enumerative Geometrie
Studienschwerpunkt	Geometrie

Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Enumerative Geometrie von algebraischen Kurven, besonders in der Ebene. • Tropische Enumerative Probleme und Multiplizitäten. • Kombinatorische Methoden, Etagendiagramme und Gitterpfade. • Korrespondenzsätze für Kurven in der Ebene durch vorgegebene Punkte. • Tropische und klassische Gromov-Witten-Theorie in Geschlecht 0. • Reelle Zählungen, Welschinger Invarianten und polynomiale Invarianten. • Hurwitzzahlen. • Tropische Korrespondenzen für Hurwitzzahlen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen grundlegende Begriffe, Ergebnisse und Methoden der enumerative Geometrie im Zusammenhang mit Methoden der tropischen Geometrie. Sie entwickeln ein vertieftes Verständnis für Möglichkeiten und Beschränkungen des tropischen Zugangs im Zusammenhang mit komplexeren Fragestellungen. Ferner vertiefen sie ihr Wissen im Bereich der algebraischen Geometrie in Richtung von Modulräumen und Gromov-Witten-Theorie.		
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.		
Literatur	Exemplarische Literatur : • Grigory Mikhalkin, Johannes Rau: Tropical geometry. Manuscript 2018.		
Veranstaltungs-verantwortliche	Hannah Markwig		

Veranstaltungstitel:	Tropische Enumerative Geometrie - Teil 1		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		

Inhalt	• Enumerative Geometrie von algebraischen Kurven, besonders in der Ebene. • Tropische Enumerative Probleme und Multiplizitäten. • Kombinatorische Methoden, Etagendiagramme und Gitterpfade. • Korrespondenzsätze für Kurven in der Ebene durch vorgegebene Punkte. • Reelle Zählungen, Welschinger Invarianten und polynomiale Invarianten.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen grundlegende Begriffe, Ergebnisse und Methoden der enumerative Geometrie im Zusammenhang mit Methoden der tropischen Geometrie. Sie entwickeln ein vertieftes Verständnis für Möglichkeiten und Beschränkungen des tropischen Zugangs im Zusammenhang mit komplexeren Fragestellungen. Ferner vertiefen sie ihr Wissen im Bereich der algebraischen Geometrie in Richtung von Modulräumen.
Teilnahme-voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Grigory Mikhalkin, Johannes Rau: Tropical geometry. Manuscript 2018.
Veranstaltungs-verantwortliche	Hannah Markwig

Veranstaltungstitel:	Variationsrechnung		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 150 h	Kontaktzeit: 45 h	Selbststudium: 105 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 1 SWS		
Inhalt	• Direkte Methode der Variationsrechnung. • Euler-Lagrange Gleichungen. • Palais-Smale Bedingung. • Mountain-Pass Lemma nach Ambrosetti-Rabinowitz.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben im ersten Teil der Veranstaltung die direkte Methode der Variationsrechnung erlernt, welche in erster Linie zum Nachweis der Existenz von schwachen Lösungen partieller Differentialgleichungen dient, aber auch Anwendungen in z.B. der Differentialgeometrie besitzt. Sie haben sich zudem die dafür nötigen Grundlagen aus der Funktionalanalysis und den partiellen Differentialgleichungen erarbeitet und können diese auch in einem anderen Kontext, z.B. der geometrischen Analysis, verwenden. Im zweiten Teil der Veranstaltung haben die Studierenden ein sogenanntes Mountain-Pass Lemma kennengelernt. Mit dessen Hilfe können sie Nichteindeutigkeiten bei der Existenz von Lösungen partieller Differentialgleichungen untersuchen.		

Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-04 / MAT-20-04 Aufbauende Pflichtmodule Analysis.
Literatur	Exemplarische Literatur : • Michael Struwe: Variational Methods, Springer 2008. • David Gilbarg, Neil S. Trudinger: Elliptic Partial Differential Equations of Second Order, Springer 1998. • Walter Rudin: Functional Analysis, Mc Graw Hill Education 1991.
Veranstaltungs- verantwortliche	Reiner Schätzle

Veranstaltungstitel:	Wahrscheinlichkeitstheorie		
Studienschwerpunkt	Stochastik		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	regelmäßig im Wintersemester		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Charakteristische Funktionen und Ergänzungen zum Zentralen Grenzwertsatz. • Bedingte Erwartungen und weitere maßtheoretische Grundlagen. • Markovketten und Martingale in diskreter Zeit, Klassifikation, Asymptotik, Stoppzeiten, Stationarität, Ergodizität. • Einführung in Prozesse in kontinuierlicher Zeit wie Poissonprozesse und Brownsche Bewegung.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden können maßtheoretisch fundiert grundlegende stochastische Abhängigkeitsstrukturen von Zufallsgrößen wahrscheinlichkeitstheoretisch modellieren, analysieren und interpretieren.		
Teilnahme- voraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-20-01 Maß- und Integrationstheorie, • MAT-20-12 Stochastik.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Heinz Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie und Grundzüge der Maßtheorie. De Gruyter 2010. • Richard Durrett: Probability, Theory and Examples. Cambridge University Press 2019. • Hans-Otto Georgii: Stochastik. De Gruyter 2009. • Jean Jacod, Philip E. Protter: Probability essentials. Springer 2004. • Olav Kallenberg. Foundations of Modern Probability. Springer 2021. • Achim Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie. Springer 2020. • David Meintrup, Stefan Schäffler: Stochastik. Springer 2005. • Albert N. Shiryaev: Probability-1. Springer 2016.
Veranstaltungs-verantwortliche	Martin Möhle, Elmar Teufl

Veranstaltungstitel:	Widerspruchsfreiheitsbeweise		
Studienschwerpunkt	Analysis		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 2 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• Historische Beispiele zur Frage der Widerspruchsfreiheit (Grenzwerte; Parallelenaxiom; mengentheoretische Paradoxien). • Philosophische Grundlegungsprogramme (Logizismus; Formalismus; Intuitionismus). • Das Hilbertsche Programm und die Gödelschen Sätze. • Gentzens transfiniter Widerspruchsfreiheitsbeweis für die Zahlentheorie. • Alternative Ansätze zur Widerspruchsfreiheit (u.a. Gödels T). • Aktuelle Situation der Widerspruchsfreiheitsbeweise.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden lernen den historischen Kontext, aus dem sich die Frage nach der Widerspruchsfreiheit formaler mathematischer Theorien ergab, kennen sowie die maßgeblichen modernen Techniken, um diese Frage mathematisch zu untersuchen. Sie sind in der Lage, das Problem der Widerspruchsfreiheit in der Mathematik sowohl historisch-philosophisch einordnen zu können. Zudem haben sie das mathematische Rüstzeug an die Hand erworben, entsprechende Widerspruchsfreiheitsbeweise nachvollziehen zu können und in einem gewissen Umfang auch selbst führen zu können.		
Teilnahme-voraussetzungen	Kenntnisse aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden vorausgesetzt.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Kurt Gödel: Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I. Monatsh. f. Mathematik und Physik 38, 173-198 (1931). • Gerhard Gentzen: Die Widerspruchsfreiheit der reinen Zahlentheorie. Math. Ann. 112, 493-565 (1936). • Reinhard Kahle, Michael Rathjen (Hrsg.): Gentzen's Centenary: The quest for consistency. Springer 2015. • Reinhard Kahle, Michael Rathjen (Hrsg.): The Legacy of Kurt Schütte. Springer 2020.
Veranstaltungsverantwortliche	Reinhard Kahle

Veranstaltungstitel:	Zahlentheorie und Kryptographie		
Studienschwerpunkt	Algebra		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h	Kontaktzeit: 90 h	Selbststudium: 180 h
Häufigkeit des Angebots	unregelmäßig		
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + Übung 2 SWS		
Inhalt	• RSA-Kryptosystem, Primzahltests, AKS-Algorithmus. • Faktorisierungsverfahren, Zahlkörpersieb. • Quadratische Reziprozität in der Kryptographie. • Berechnung des diskreten Logarithmus. • Dynamische Systeme und die Pollard-Rho-Methode. • Elliptische-Kurven-Kryptographie. • Gitter und Post-Quanten-Kryptographie. • Zero-Knowledge-Beweis, digitale Signaturen und Hashfunktionen.		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die grundlegenden Begriffe der elementaren Zahlentheorie und ihre Anwendungen auf die Kryptographie kennengelernt. Sie haben ihre Kenntnisse über Nachbar-disziplinen vertieft und erweitert: Sie begegnen Methoden der Theorie dynamischer Systeme und lernen elliptische Kurven über endlichen Körpern kennen. Sie verstehen, wie grundlegende kryptographische Protokolle funktionieren. Durch die Beschäftigung mit zahlreichen offenen Problemen der Kryptographie, deren Lösungsansätze überraschenderweise aus unterschiedlichsten Bereichen der Mathematik stammen können, üben die Studierenden kritisch zu denken.		
Teilnahmevoraussetzungen	Neben Kenntnissen aus dem Modul Grundlagen der Mathematik (MAT-10-10) werden Kenntnisse aus den folgenden (Teil-)Modulen des Bachelorstudiengangs vorausgesetzt: • MAT-10-12 / MAT-20-06 Algebraische Strukturen.		

Literatur	Exemplarische Literatur : • Jeffrey Hoffstein, Jill Pipher, Joseph H. Silverman: An introduction to mathematical cryptography. Springer 2008. • Stefan Müller-Stach, Jens Piontkowski: Elementare und algebraische Zahlentheorie. Vieweg+Teubner 2011. • Joseph H. Silverman, John T. Tate: Rational points on elliptic curves. Springer 1992. • Nigel Smart: Cryptography: An introduction. McGraw-Hill 2003. (online version: https://www.cs.bris.ac.uk/~nigel/Crypto_Book/). • Lawrence C. Washington: Elliptic curves: Number theory and cryptography. Chaman & Hall/CRC 2008.
Veranstaltungs- verantwortliche	Thomas Markwig

4.2 Genehmigte Lehrveranstaltungskombinationen — Vernetzung in die Breite

Die in der folgenden Liste angegebenen Paare von Veranstaltungen aus dem Veranstaltungskatalog in 4.1 können im Modul Vernetzung mathematischer Bereiche (MAT-30-03) im Sinne einer Vernetzung in die Breite kombiniert werden. Weitere Kombinationen können auf schriftlichen Antrag an die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses genehmigt werden.

- Algebraische Topologie 1; Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie
- Algebraische Topologie 1; Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1
- Algebraische Topologie 1; Geometry in Physics
- Algebraische Topologie 1; Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegelungsgeometrisch, algebraisch
- Algebraische Topologie 1; Kommutative Algebra
- Algebraische Topologie 1; Konvexe Geometrie
- Algebraische Topologie 1; Lie-Gruppen
- Algebraische Topologie 1; Topologie
- Algorithmen der Numerischen Mathematik; Funktionalanalysis
- Algorithmen der Numerischen Mathematik; Konvexe Geometrie
- Algorithmen der Numerischen Mathematik; Nichtlineare Optimierung
- Einführung in Dynamische Systeme; Einführung in Partielle Differentialgleichungen
- Einführung in Dynamische Systeme; Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1
- Einführung in Dynamische Systeme; Funktionalanalysis
- Einführung in Dynamische Systeme; Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1
- Einführung in Dynamische Systeme; Geometry in Physics
- Einführung in Dynamische Systeme; Lie-Gruppen
- Einführung in Dynamische Systeme; Operatorentheorie
- Einführung in Dynamische Systeme; Topologie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Einführung in Partielle Differentialgleichungen
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Funktionalanalysis
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Geometry in Physics

- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegelsymmetrisch, algebraisch
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Lie-Gruppen
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Operatorentheorie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Topologie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Wahrscheinlichkeitstheorie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Einführung in Partielle Differentialgleichungen
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Funktionalanalysis
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Geometry in Physics
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Lie-Gruppen
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Operatorentheorie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Topologie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Wahrscheinlichkeitstheorie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Einführung in Partielle Differentialgleichungen
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Funktionalanalysis
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Geometry in Physics
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Lie-Gruppen
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Operatorentheorie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Topologie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten; Wahrscheinlichkeitstheorie
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Geometry in Physics

- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegellungsgeometrisch, algebraisch
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Konvexe Geometrie
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Lie-Gruppen
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Topologie
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Zahlentheorie und Kryptographie
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Funktionalanalysis
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Lie-Gruppen
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Operatorentheorie
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Topologie
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1; Funktionalanalysis
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1; Lie-Gruppen
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1; Operatorentheorie
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1; Topologie
- Elementare Zahlentheorie; Algebraische Zahlentheorie
- Elementare Zahlentheorie; Elliptische Funktionen und Elliptische Kurven
- Funktionalanalysis; Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1
- Funktionalanalysis; Geometry in Physics
- Funktionalanalysis; Lie-Gruppen
- Funktionalanalysis; Operatorentheorie
- Funktionalanalysis; Topologie
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegellungsgeometrisch, algebraisch
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Kommutative Algebra
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Konvexe Geometrie
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Lie-Gruppen
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Nichtlineare Optimierung
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Operatorentheorie
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Topologie

- Geometry in Physics; Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegelungsgeometrisch, algebraisch
- Geometry in Physics; Kommutative Algebra
- Geometry in Physics; Konvexe Geometrie
- Geometry in Physics; Lie-Gruppen
- Geometry in Physics; Nichtlineare Optimierung
- Geometry in Physics; Operatorentheorie
- Geometry in Physics; Topologie
- Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegelungsgeometrisch, algebraisch; Konvexe Geometrie
- Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegelungsgeometrisch, algebraisch; Topologie
- Kommutative Algebra; Konvexe Geometrie
- Kommutative Algebra; Lie-Gruppen
- Kommutative Algebra; Zahlentheorie und Kryptographie
- Konvexe Geometrie; Lie-Gruppen
- Konvexe Geometrie; Nichtlineare Optimierung
- Konvexe Geometrie; Topologie
- Konvexe Geometrie; Wahrscheinlichkeitstheorie
- Lie-Gruppen; Operatorentheorie
- Lie-Gruppen; Topologie
- Operatorentheorie; Topologie

4.3 Genehmigte Lehrveranstaltungskombinationen — Vernetzung in die Tiefe

Die in der folgenden Liste angegebenen Paare von Veranstaltungen aus dem Veranstaltungskatalog in 4.1 und aus dem Modulhandbuch des Master of Science Mathematik können im Modul Vernetzung mathematischer Bereiche (MAT-30-03) im Sinne einer Vernetzung in die Tiefe kombiniert werden. Weitere Kombinationen können auf schriftlichen Antrag an die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses genehmigt werden.

- Algebraische Topologie 1; Algebraische Topologie 2
- Algebraische Topologie 1; Graphentheorie
- Algebraische Zahlentheorie; Elliptische Funktionen und Elliptische Kurven

- Algorithmen der Numerischen Mathematik; Gewöhnliche Differentialgleichungen - Analysis und Numerik
- Algorithmen der Numerischen Mathematik; Numerik stationärer Differentialgleichungen
- Einführung in Dynamische Systeme; Introduction to Integrable Systems (Classical Mechanics, Riemann Surfaces, and Spectral Theory)
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Geometrische Maßtheorie
- Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden; Geometrische Maßtheorie
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Algebraische Geometrie
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Algebraische Geometrie und Torische Varietäten
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Algebraische Kurven
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Elliptische Funktionen und Elliptische Kurven
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Torische Geometrie
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Torische Varietäten und Mori Dream Spaces
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Torische Varietäten und Mori Dream Spaces
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Der Ricci-Fluss Riemannscher Metriken
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Geometrische Variationsprobleme
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Gewöhnliche Differentialgleichungen - Analysis und Numerik
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Introduction to Integrable Systems (Classical Mechanics, Riemann Surfaces, and Spectral Theory)
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Nichtlineare elliptische und parabolische partielle Differentialgleichungen
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Operatorentheorie
- Einführung in Partielle Differentialgleichungen; Partielle Differentialgleichungen
- Elementare Zahlentheorie; Einführung in die Analytische Zahlentheorie
- Funktionalanalysis; Ergodentheorie
- Funktionalanalysis; Gewöhnliche Differentialgleichungen - Analysis und Numerik
- Funktionalanalysis; Harmonische Analyse auf abelschen Gruppen

- Funktionalanalysis; Mathematical Quantum Theory
- Funktionalanalysis; Operatoralgebren
- Funktionalanalysis; Operatorentheorie
- Funktionalanalysis; Optimierung mit Differentialgleichungen
- Funktionalanalysis; Spektraltheorie positiver Operatoren
- Geometrie; Torische Varietäten und Mori Dream Spaces
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Algebraische Geometrie
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Der Ricci-Fluss Riemannscher Metriken
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Foundations of Quantum Mechanics
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Geometrie von Mannigfaltigkeiten 2
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Introduction to Integrable Systems (Classical Mechanics, Riemann Surfaces, and Spectral Theory)
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Mathematical Relativity
- Geometry in Physics; Algebraische Geometrie
- Geometry in Physics; Der Ricci-Fluss Riemannscher Metriken
- Geometry in Physics; Foundations of Quantum Mechanics
- Geometry in Physics; Introduction to Integrable Systems (Classical Mechanics, Riemann Surfaces, and Spectral Theory)
- Geometry in Physics; Mathematical Quantum Theory
- Geometry in Physics; Mathematical Relativity
- Geometry in Physics; Mathematical Statistical Physics
- Kommutative Algebra; Algebraische Geometrie
- Kommutative Algebra; Algebraische Geometrie und Torische Varietäten
- Kommutative Algebra; Algebraische Kurven
- Kommutative Algebra; Computeralgebra
- Kommutative Algebra; Elliptische Funktionen und Elliptische Kurven
- Kommutative Algebra; Torische Geometrie
- Kommutative Algebra; Torische Varietäten und Mori Dream Spaces
- Kommutative Algebra; Torische Varietäten und Mori Dream Spaces
- Konvexe Geometrie; Algebraische Geometrie

- Konvexe Geometrie; Elliptische Funktionen und Elliptische Kurven
- Konvexe Geometrie; Graphentheorie
- Konvexe Geometrie; Torische Geometrie
- Konvexe Geometrie; Torische Varietäten und Mori Dream Spaces
- Konvexe Geometrie; Torische Varietäten und Mori Dream Spaces
- Lie-Gruppen; Elliptische Funktionen und Elliptische Kurven
- Lie-Gruppen; Groups and Representations
- Nichtlineare Optimierung; Gewöhnliche Differentialgleichungen - Analysis und Numerik
- Operatorentheorie; Ergodentheorie
- Operatorentheorie; Operatoralgebren
- Topologie; Elliptische Funktionen und Elliptische Kurven
- Wahrscheinlichkeitstheorie; Graphentheorie
- Wahrscheinlichkeitstheorie; Mathematische Populationsgenetik
- Wahrscheinlichkeitstheorie; Mathematische Statistik
- Wahrscheinlichkeitstheorie; Numerik stochastischer Differentialgleichungen
- Wahrscheinlichkeitstheorie; Punktprozesse
- Wahrscheinlichkeitstheorie; Stochastische Differentialgleichungen
- Wahrscheinlichkeitstheorie; Stochastische Prozesse
- Zahlentheorie und Kryptographie; Algebraische Geometrie
- Zahlentheorie und Kryptographie; Algebraische Zahlentheorie
- Zahlentheorie und Kryptographie; Einführung in die Analytische Zahlentheorie
- Zahlentheorie und Kryptographie; Elliptische Funktionen und Elliptische Kurven

4.4 Ausgeschlossene Lehrveranstaltungskombinationen

Die in der folgenden Liste angegebenen Paare von Veranstaltungen aus dem Veranstaltungskatalog in 4.1 können wegen großer inhaltlicher Überschneidungen nicht gleichzeitig in Modulen des Studiengangs Bachelor of Science Mathematik eingebracht werden.

- Algebraische Geometrie; Algebraische Geometrie und Torische Varietäten
- Algebraische Geometrie; Algebraische Geometrie und Torische Varietäten
- Algebraische Gruppen; Algebraische Transformationsgruppen

- Algebraische Topologie 1; Dynamische Systeme
- Darstellungstheorie endlicher Gruppen; Groups and Representations
- Darstellungstheorie endlicher Gruppen; Groups and Representations
- Dynamische Systeme; Einführung in Dynamische Systeme
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten
- Einführung in Geometrische Maßtheorie; Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Kommutative Algebra
- Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie; Kommutative Algebra
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Geometry in Physics
- Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1; Geometry in Physics
- Geometrische Maßtheorie; Geometrische Maßtheorie – Ströme
- Geometrische Maßtheorie; Geometrische Maßtheorie – Ströme
- Geometrische Maßtheorie; Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten
- Geometrische Maßtheorie; Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten
- Zahlentheorie und Kryptographie; Elliptische Kurven und Kryptographie
- Zahlentheorie und Kryptographie; Elliptische Kurven und Kryptographie

5 Informationen zum Angebot anderer Fachbereiche für den Freien Wahlbereich

Im Freien Wahlbereich können Module aus dem Angebot der einer Vielzahl an Studiengängen anderer Fachbereiche eingebracht werden. Die Struktur des Studiengangs legt nahe, schon im ersten Semester Leistungen im Freien Wahlbereich zu erbringen. Bei der großen Wahlfreiheit, die der Studiengang gewährt, ist es nicht ganz leicht, sich einen Überblick über das mögliche Angebot zu verschaffen. Wir wollen im Folgenden deshalb für die am häufigsten gewählten Fächer einen ersten Überblick darüber geben, welche Module für den Einstieg in das jeweilige Fach sinnvoll sind und Studierenden der Mathematik prinzipiell offen stehen. Wir werden zudem darauf hinweisen, wo weitere Informationen für die jeweiligen Fächer zu finden sind. **Wir möchten noch darauf hinweisen, dass die Angaben ohne Gewähr gegeben werden und dass im Zweifelsfall stets die Informationen der Modulhandbücher der jeweiligen Studiengänge gelten.**

5.1 Biologie

In der Biologie können Module aus dem Studiengang B.Sc. Biologie eingebracht werden. Dabei gelten die Bestimmungen des Merkblatts *Anforderungen für Nebenfachstudierende im Fach Biologie*. Wir listen hier die wesentlichen Module der ersten beiden Studienjahre auf:

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
Bio101	Biomoleküle der Zelle	V+Ü	6	4	WS	keine
Bio115	Ethik	V+S	6	4	WS	keine
Bio121	Bau und Funktion der Pflanzen und Tiere	V+Ü	6	4	WS	Bio101
Bio104	Botanik	V+Ü	6	4	SS	Bio101+121
Bio122	Zoologie	V+Ü	6	4	SS	Bio101+121
Bio111	Molekulare Biologie 1 (Zellbiologie, Genetik)	V+Ü	9	6	WS	Bio101+121
Bio126	Molekulare Biologie 2 (Mikrobiol., Pflanzenphysiologie)	V+Ü	12	8	WS	Bio101+121
Bio125	Tierphysiologie	V+Ü	9	6	WS+SS	Bio101+121
Bio127	Ökologie und Biodiversität 1	V+Ü	9	6	SS	Bio101+121 +104+122
Bio128	Ökologie und Biodiversität 2	V+Ü	9	6	SS	Bio101+121 +104+122

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Modulhandbuch:
<https://uni-tuebingen.de/de/8520>
- Link zu den Merkblättern:
<https://uni-tuebingen.de/de/11717>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/16190>

5.2 Biochemie

In der Biochemie können nur die unten aufgeführten Teilmodule aus dem Studiengang B.Sc. Biochemie eingebracht werden. Wer diese Module belegen möchte, sollte frühzeitig mit dem Studienfachberater für den Bachelor of Science Mathematik Kontakt aufnehmen. Zudem ist eine Anmeldung bei der Studienfachberaterin für den Bachelor of Science Biochemie, Frau Dr. Elisabeth Fuss, erforderlich, die spätestens 6 Wochen vor Veranstaltungsbeginn erfolgt sein muss. Jedes Semester können maximal 3 Studierende der Mathematik an den Angeboten der Biochemie teilnehmen.

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
1	Biochemie I (nur Vorlesung + Übungen, nicht das Praktikum; Note durch Klausur)	V+Ü	8	6	WS	keine
6	Biochemie II (nur Vorlesung mit Seminar, nicht das Praktikum mit Seminar; Note durch Klausur)	V+S	7	3,5	SS	Biochemie I
8b	Biochemie IV (vollständiges Modul)	V+S	5	3,5	SS	Biochemie I+II

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zum den Modulhandbuch:
<https://uni-tuebingen.de/de/45014>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/45023>

5.3 Chemie

In der Chemie können Module aus dem Studiengang B.Sc. Chemie bzw. dem Studiengang B.Sc. Physik im Fach Chemie bzw. dem Studiengang B.Sc. Molekulare Medizin im Fach Chemie eingebracht werden. Die im folgenden aufgelisteten Module eignen sich in besonderer Weise:

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
AL	Allgemeine Chemie	V	5	4	WS	keine
AC0020 + AC0021 + AC0022	Allgemeine und Anorganische Chemie für Naturwissenschaftler	V+P+T	6	3	WS	keine
OC0100 + OC0005 + OC0101	Organische Chemie für Naturwissenschaftler	V+P+T	6	3	WS	keine
PC0260	Physikalisch-chemische Grundlagen für Biochemiker, Biologen, Informatiker und Mathematiker	V+Ü	6	5	SS	keine
PC0310 + PC2360 + PC2005	Physikalische Chemie für Bioinformatiker, Lehramtsanwärter und Naturwissenschaftler	V+Ü	6	5	WS	keine
PC1a	Physikalische Chemie 1a	V+Ü	4	3	SS	keine
PC1b	Physikalische Chemie 1b	V+Ü	4	3	WS	PC1a
TC1	Theoretische Chemie 1 (Quantenmechanik)	V+Ü	3	3	SS	PC1a+PC1b
TC2	Theoretische Chemie 2 (Quantenchemie)	V+Ü	3	3	WS	TC1

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zu den Modulhandbüchern:

<https://uni-tuebingen.de/de/23121>

<https://uni-tuebingen.de/de/3558>

http://www.medizin.uni-tuebingen.de/Studierende/Molekulare+Medizin/Bachelorstudiengang+_Molekulare+Medizin_-port-10011-p-9414.html

- Link zur Studienfachberatung:

<https://uni-tuebingen.de/de/139742>

5.4 Geographie

In der Geographie können Module aus dem Studiengang B.Sc. Geographie eingebracht werden. Die im folgenden aufgelisteten Module eignen sich als Einstieg in das Studienfach:

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
Geo 13	Grundlagen der Geographie	V+Ü	6	4	WS	keine

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Modulhandbuch:
<https://uni-tuebingen.de/de/83983>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/84701>

5.5 Geowissenschaften

In den Geowissenschaften können die folgenden Module aus dem Studiengang B.Sc. Geowissenschaften eingebracht werden; über die Zulassung zu weiteren Module entscheidet ggf. der jeweilige Modulverantwortliche.

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
B104	Einführung in die Geowissenschaften	V+Ü	6	6	WS	keine
B106/B206	Minerale und Petrologie	V+Ü+V	6	5	WS+SS	B104
B301	Hydrologie und Wasserchemie	V+Ü	6	6	WS	keine
B304	Paläontologie	V+Ü	6	6	WS	B104 + B203
B305	Geochemie	V	6	6	WS	B104 + Chemie
B401	Sedimente und Stratigraphie	V+V+V+Ü	6	6	SS	B104
B408	Geophysik	V+Ü	6	6	SS	Physik

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Modulhandbuch:
<https://uni-tuebingen.de/de/96187>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/84701>

5.6 Informatik

In der Informatik können Module aus den Studiengängen B.Sc. Informatik, B.Sc. Informatik als Nebenfach, B.Sc. Medieninformatik und dem M.Sc. Informatik eingebracht werden. Die im folgenden aufgelisteten Module eignen sich in besonderer Weise:

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
INFM1110	Praktische Informatik 1: Deklarative Programmierung	V+Ü	9	6	WS	keine
INFM1120	Praktische Informatik 2: Imperative und objektorientierte Programmierung	V+Ü	9	6	SS	keine
INFM1310	Technische Informatik 1: Digitaltechnik	V+Ü	6	4	WS	keine
INFM2310	Technische Informatik 2: Informatik der Systeme	V+Ü	9	6	SS	keine
INFM2420	Theoretische Informatik 1: Algorithmen und Datenstrukturen	V+Ü	9	6	WS	INFM1110, INFM1120
INFM2410	Theoretische Informatik 2: Formale Sprachen, Berechenbarkeit und Komplexität	V+Ü	9	6	SS	keine
Teil von INFM2620	Logik (im Studiengang B.Sc. Informatik als Nebenfach)	V	2	3	SS	INFM1110
MEINFM2101	Einführung in die Medienwissenschaft	V+Ü	6	4	WS	keine
MEINFM3164	User Experience	V+Ü	6	4	SS	keine
MEINFM3171	Einführung in die Internet-technologien	V+Ü	6	4	unregelm.	keine
MEINFM3321	Grundlagen der Multimedia-technik	V+Ü	6	4	WS	keine

Weitere Informationen zu den Studiengängen der Informatik finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Modulhandbuch:
<https://uni-tuebingen.de/de/74348>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/74360>

5.7 Kognitionswissenschaft

Die der Studiengang B.Sc. Kognitionswissenschaft ist ein interdisziplinärer Studiengang, der von den Fachbereichen Informatik und Psychologie angeboten wird. Neben den aus der Informatik und Psychologie einbringbaren Modulen, können u.a. auch folgende Module eingebracht werden, wobei INF1880 ein Modul aus dem Modulhandbuch des B.Sc. Informatik (für Links s. o. Informatik) ist:

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
KOGM1210	Konzeptuelle und neurobiologische Grundlagen der Kognitionswissenschaft	V+V	6	4	WS	keine
KOGM2210	Experimentelle Kognitionswissenschaft	S	6	4	WS	KOGM1210 + KOGM1220
KOGM2220	Kognitive Architekturen	V+Ü	6	4	SS	KOGM1220
KOGM3410	Computational Neuroscience	V+Ü	6	4	WS	keine
KOGM2510	Linguistik (für Kognitionswissenschaftler, nur Teilmodul)	V	6	4	WS	keine
INFM1110	Praktische Informatik 1: Deklarative Programmierung	V+Ü	9	6	WS	keine
INFM1120	Praktische Informatik 2: Imperative und objektorientierte Programmierung	V+Ü	9	6	SS	INFM1110

Weitere Informationen zum Studiengang Kognitionswissenschaft finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Modulhandbuch:
<https://uni-tuebingen.de/de/74348>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/74360>

5.8 Philosophie

In der Philosophie können Module aus dem Studiengang B.A. Philosophie eingebracht werden. Das im folgenden aufgelistete Modul ist das Einstiegsmodul in den Studiengang:

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
PHI-BA-01	Einführung in die Philosophie Teil 1: Einführung in die formale Logik Teil 2: Einführung in die Philosophie	V+V/S	12	4	WS	keine

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Modulhandbuch:
<https://uni-tuebingen.de/de/128277>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/196805>

5.9 Physik

In der Physik können Module aus dem Studiengang B.Sc. Physik eingebracht werden. Die im folgenden aufgelisteten Module eignen sich in besonderer Weise:

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
PGK1	Physik Grundkurs 1 (Mechanik und Wärmelehre)	V+Ü	12	9	WS	keine
PGK2	Physik Grundkurs 2 (Elektromagnetismus)	V+Ü	12	9	SS	keine
PGKAM	Physik Grundkurs - Analytische Mechanik	V+Ü	6	6	WS	PGK1 + PGK2
PGKO	Physik Grundkurs - Optik	V+Ü	6	4	WS	PGK1 + PGK2
PP1	Physikalisches Praktikum 1	P	6	-	WS/SS	PGK1
BMEPAAP	Astronomie und Astrophysik	V+Ü	6	6	SS	PGK1+2 + PGKAM + PGKOP
BMEPAML	Atome, Moleküle und Licht	V+Ü	6	6	SS	PGK1+2 + PGKAM + PGKOP
BMEPKM	Kondensierte Materie	V+Ü	6	6	WS	PGK1+2 + PGKAM + PGKOP
BMEPKTP	Kern- und Teilchenphysik	V+Ü	6	6	WS	PGK1+2 + PGKAM + PGKOP
BMEPPN	Physik der Nanostrukturen	V+Ü	6	6	SS	PGK1+2 + PGKAM + PGKOP
BMT PQM	Quantenmechanik	V+Ü	12	7	SS	PGK1+2 + PGKAM + PGKOP
BMTPTDS	Thermodynamik und Statistik	V+Ü	6	6	WS	PGK1+2 + PGKAM + PGKOP
BMT PKFT	Klassische Feldtheorie	V+Ü	6	6	SS	PGK1+2 + PGKAM + PGKOP

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Modulhandbuch:
<https://uni-tuebingen.de/de/3558>

- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/3541>

5.10 Psychologie

In der Psychologie können Module aus dem Studienbereich Psychologie als Wahlfach (*Nebenfach*) eingebracht werden. Diese sind hier und im Merkblatt *Psychologie für Studierende anderer Fächer* auf den Webseiten des Fachbereichs Psychologie aufgeführt. Dabei gelten jeweils die im Merkblatt *Psychologie für Studierende anderer Fächer* aufgeführten Regelungen. Informationen zum Inhalt der Vorlesungen können ebenfalls dem Merkblatt entnommen werden.

Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
Einführung in die Psychologie I	V	3	2	WS	keine
Einführung in die Psychologie II	V	3	2	SS	keine
Einführung in die Psychologie III	V	3	2	WS	keine
Einführung in die Psychologie IV	V	3	2	SS	keine

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Merkblatt:
<https://uni-tuebingen.de/de/15980>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/21976>

5.11 Wirtschaftswissenschaft

In der Wirtschaftswissenschaft können Module aus dem Angebot des Fachbereichs für das wirtschaftswissenschaftliche Nebenfach eingebracht werden. Dabei gelten jeweils die Bestimmungen des auf den unten angegebenen Webseiten veröffentlichte *Studienplans Nebenfach Wirtschaftswissenschaft*, der eine vollständige Liste der angebotenen Module sowie weitergehende Bestimmungen enthält. Es ist zu beachten, dass die in der Liste aufgeführten Module *S100 Mathematische Methoden der Wirtschaftswissenschaft*, *S111 Wahrscheinlichkeit und Risiko* sowie *S220 Quantitative Methoden der Wirtschaftswissenschaft* **nicht** einbringbar sind.

Wir listen hier nur die Module, die sich zum Einstieg eignen, wobei generell empfohlen wird, mit einem der beiden Module L100 oder B110 zu beginnen.

Nummer	Modultitel	Lehrform	ECTS	SWS	Turnus	Voraussetzungen
L100	Einführung in die Betriebswirtschaft für Lehramts- und Nebenfachstudierende	V+Ü	6	3	WS	keine
B110	Einführung in die Betriebswirtschaftslehre	V+Ü	6	4	WS	keine
B130	Internes Rechnungswesen	V+Ü	6	4	SS	keine
B180	Technik des betrieblichen Rechnungswesens	V+Ü	6	4	WS	keine
E130	Makroökonomik	V+Ü	6	5	SS	keine
E170	Mikroökonomik	V+Ü	9	5	SS	keine

Weitere Informationen finden sich unter folgenden Links:

- Link zum Modulhandbuch und zum Studienplan Nebenfach Wirtschaftswissenschaft:
<https://uni-tuebingen.de/de/30991>
- Link zur Studienfachberatung:
<https://uni-tuebingen.de/de/18032>