



Fachbereich Mathematik

Modulhandbuch Mathematik Bachelor of Education Lehramt Gymnasium*

Wintersemester 2025

Stand October 29, 2025

*Gültig für die Studien- und Prüfungsordnung von 2018.

Contents

1 Beschreibung des Studiengangs	3
1.1 Qualifikationsziele	3
1.2 Struktur des Studiengangs	3
1.3 Prüfungsrechtliche Festlegungen	4
2 Studienverlaufsplan	5
2.1 Übersicht nach Modulen	5
2.2 Übersicht nach Studienverlauf	7
2.3 Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung	8
3 Modulbeschreibungen	12
Abschnitt 1: Grundlagen der Mathematik	12
Abschnitt 2: Aufbauende Pflichtmodule	18
Abschnitt 3: Fachdidaktik Mathematik	27
Abschnitt 4: Bachelorarbeit	31
Abschnitt 5: Vorleistungen Masterstudium	33
4 Lehrveranstaltungen für das Modul Vertiefung spezielle Gebiete der Mathematik	40
4.1 Katalog der Lehrveranstaltungen	40

1 Beschreibung des Studiengangs

1.1 Qualifikationsziele

Im Rahmen des lehramtsbezogenen Bachelorstudiengangs (B.Ed.) Mathematik erwerben Absolventinnen und Absolventen grundlegende und erste vertiefte fachwissenschaftliche und fachdidaktische Kenntnisse und Kompetenzen, wie sie für einen wissenschaftsbasierten Unterricht am Gymnasium notwendig sind.

Die Absolventinnen und Absolventen kennen die grundlegenden Fragestellungen in Linearer Algebra, Analysis, Numerik, Stochastik, Geometrie und Algebra und beherrschen die zentralen Techniken zu ihrer Lösung. Sie erwerben dabei grundlegende mathematische Denkmuster wie die Strukturierung von Problemstellungen, das Erstellen von Argumentationsketten und schließlich das Beweisen mathematischer Sätze. Die Absolventinnen und Absolventen können mathematische Sachverhalte kommunizieren, geeignete Medien einsetzen und Bezüge zur Schulmathematik herstellen. Sie sind in der Lage, den allgemein bildenden Gehalt mathematischer Inhalte zu begründen und die gesellschaftliche Bedeutung der Mathematik zu vermitteln. Mit dem Bachelorabschluss können die Absolventinnen und Absolventen ihre Kenntnisse und Fertigkeiten in einem lehramtsbezogenen Masterstudiengang oder, unter Anrechnung der erbrachten Leistungen, in einem wissenschaftsbezogenen Bachelorstudiengang im Fach Mathematik vertiefen.

1.2 Struktur des Studiengangs

Im Fach Mathematik ist das erste Studienjahr ausgefüllt vom großen Pflichtmodul Grundlagen der Mathematik, in dem die fachlichen Grundlagen der Analysis und der Linearen Algebra vom akademischen Standpunkt aus vermittelt werden. Die entsprechenden Vorlesungen werden von Übungen begleitet, wobei die Studierenden intensiv betreut und die grundlegenden mathematischen Denk- und Arbeitsweisen sowie die Fähigkeit zur Präsentation von Lösungen vermittelt werden. Zusätzlich bietet der Fachbereich den Studierenden Repetitorien als Fragestunden an.

Im zweiten und dritten Studienjahr vertiefen die Studierenden ihre theoretischen Kenntnisse. Dabei bauen sie ihr Wissen in den Bereichen Algebra, Geometrie, Numerik und Stochastik aus und belegen ein Proseminar. 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 einzubüren. 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.

Neben den Fachmodulen belegen die Studierenden im zweiten und dritten Studienjahr Module im Bereich der Fachdidaktik. Diese sind so konzipiert, dass die fachdidaktischen Veranstaltungen zu den Bereichen der Stochastik und der Geometrie jeweils parallel zu den zugehörigen Fachmodulen belegt werden sollen und inhaltlich mit diesen verzahnt sind. In den Fachmodulen werden die fachlichen Voraussetzungen für die fachdidaktischen Veranstaltungen vermittelt.

Im dritten Studienjahr fertigen die Studierenden zudem eine Bachelorarbeit an. Diese kann in einer der beiden gewählten Fachwissenschaften (einschließlich ihrer Fachdidaktiken) geschrieben werden.

Einen Studienanteil an einer ausländischen Hochschule sinnvoll ins Lehramtsstudium zu integrieren, ist eine Herausforderung, da es gilt, zwei Fächer und die Bildungswissenschaften zu koordinieren; sei es, dass versucht wird, Anteile in allen Bereichen während des Aufenthaltes an der anderen Hochschule zu erbringen; oder sei es, dass versucht wird, das Studium an der Universität Tübingen so zu gestalten, dass Teile des Studiums in andere Semester verschoben werden, um Freiräume zu schaffen, so dass an der anderen Hochschule nicht in allen drei Bereichen Leistungen erbracht werden müssen. Hinzu kommt erschwerend, dass im Fach Mathematik alle Module Pflichtmodule sind und nahezu kein Freiraum in der inhaltlichen Gestaltung besteht. Entsprechend ist es essentiell, dass ein sinnvolles Zeitfenster für einen Studienanteil an einer ausländischen Hochschule in einem persönlichen Beratungsgespräch mit der Studienfachberaterin oder dem Studienfachberater geplant wird. Grundsätzlich kommt aus Sicht der Mathematik hierfür jedes Fachsemester infrage. Die Entscheidung wird im Einzelnen von den bereits erbrachten Leistungen der oder des Studierenden und dem Angebot an der gewählten ausländischen Hochschule abhängen.

1.3 Prüfungsrechtliche Festlegungen

Mündliche Prüfungen finden vor mindestens zwei Prüferinnen oder Prüfern oder vor einer Prüferin oder einem Prüfer in Gegenwart einer Beisitzerin oder eines Beisitzers statt (siehe auch Prüfungsordnung Allgemeiner Teil §12 Abs. 2).

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.

Empfohlenes Fachsemester	Modulnummer	Modultitel	Art der Veranstaltungen	Art des Moduls	Studienleistung	Prüfungsform	ECTS-Punkte
Abschnitt 1: Grundlagen der Mathematik							
1+2	MAT-10-10	Grundlagen der Mathematik		PM		mP	27
		- Lineare Algebra 1	V+Ü+T		ÜN		
		- Analysis 1	V+Ü+T		ÜN		
		- Analysis 2	V+Ü+T		ÜN		
3-4	MAT-10-11	Vertiefung der Grundlagen der Mathematik		PM		K o. mP	6
		- Algebraische Strukturen	V+Ü		ÜN		
		- Mathematische Software	P		PN		
Abschnitt 2: Aufbauende Pflichtmodule							
5-6	MAT-20-03	Algebra	V+Ü	PM	ÜN	K o. mP	9
3-4	MAT-20-11	Numerik	V+Ü	PM	ÜN	K o. mP	9
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
5-6	MAT-50-01	Geometrie	V+Ü	PM	ÜN	K o. mP	9
Abschnitt 3: Fachdidaktik Mathematik							
3-4	MAT-80-01	Fachdidaktik Mathematik 1	VIC	PM	s.M.	K o. mP o. P	3
5-6	MAT-80-02	Fachdidaktik Mathematik 2	SVIC+SVIC	PM	-	K o. mP o. R o. H o. P.	6
Abschnitt 4: Bachelorarbeit							
6	MAT-30-40	Bachelorarbeit	BA	PM		BA+mP	6
Abschnitt 5: Vorleistungen Masterstudium							
-	MAT-20-02	Einführung Funktionentheorie und Gewöhnliche Differentialgleichungen	V+Ü	WM	ÜN	K o. mP	9
-	MAT-40-51	Vertiefung spezielle Gebiete der Mathematik	V+Ü	WM	ÜN	K o. mP	9
-	MAT-40-52	Seminar Vertiefung Mathematik	S	WM	s.M.	R	4
-	MAT-40-53	Seminar Vertiefung Mathematik	S	WM	s.M.	R	4

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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum,
PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom

Studienleistung : ÜN=Übungsnachweis, PN=Praktikumsnachweis, PÜN=Nachweis zu Programmierübungen

Sonstiges : o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung

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. Das zweite Fach und der Bereich Bildungswissenschaften sind dabei nicht näher aufgeschlüsselt.

Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Wintersemester						
FS	LPiM	Fach Mathematik			2. Fach	BW
1	15	Grundlagen der Mathematik (27 LP)				
2	12					
3	15	Numerik (9 LP)	Vertiefung der Grundlagen der Mathematik (6 LP)			
4	15	Stochastik (9 LP)	Proseminar Mathematische Vorträge (3 LP)	Fachdidaktik Mathematik 1 (3 LP)	Zweites Fach (81 LP)	Bildungswissenschaften und Orientierungspraktikum (12 LP)
5	12	Geometrie (9 LP)		Fachdidaktik Mathematik 2 (6 LP)		
6	12	Algebra (9 LP)	evtl. Bachelorarbeit (6 LP)			

Erläuterung der Abkürzungen:
FS=Fachsemester, LP=Leistungspunkte (ECTS-Punkte), LPiM=Leistungspunkte in Mathematik, BW=Bildungswissenschaften

Studienverlaufsplan bei Studienbeginn im Sommersemester						
FS	LPiM	Fach Mathematik			2. Fach	BW
1	15	Grundlagen der Mathematik (27 LP)				
2	12					
3	15	Stochastik (9 LP)	Proseminar Mathematische Vorträge (3 LP)	Fachdidaktik Mathematik 1 (3 LP)		
4	15	Numerik (9 LP)	Vertiefung der Grundlagen der Mathematik (6 LP)			
5	12	Algebra (9 LP)		Fachdidaktik Mathematik 2 (6 LP)	Zweites Fach (81 LP)	Bildungswissenschaften und Orientierungspraktikum (12 LP)
6	12	Geometrie (9 LP)	evtl. Bachelorarbeit (6 LP)			

Erläuterung der Abkürzungen:
FS=Fachsemester, LP=Leistungspunkte (ECTS-Punkte), LPiM=Leistungspunkte in Mathematik, BW=Bildungswissenschaften

2.3 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)	1.	2.	3.	4.	5.	6.					
									LP	LP	LP	LP	LP	LP					
Abschnitt 1: Grundlagen der Mathematik								33											
Grundlagen der Mathematik								24	27										
1.	Vorlesung	mP	30-40	b	27	V	o	12		9	9								
2.	Übung					Ü	o	6		6	3								
3.	Repetitorium					T	o	6		0	0								
Vertiefung der Grundlagen der Mathematik								4	6										
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	6	V	o	2				3							
2.	Übung					Ü	o	1				1,5							
3.	Praktikum					P	o	1				1,5							
Abschnitt 2: Aufbauende Pflichtmodule								39											
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							
Geometrie								6	9										
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4				6							
2.	Übung					Ü	o	2				3							
Algebra								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							

Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung bei Studienbeginn im Wintersemester															
	Prüfungsleistung	Lehrform			Semester										
		Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Gewichtung bei der Abschlussnote	Art der Lehrform	Status	SWS	Summe der ECTS-Punkte (LP)	1.	2.	3.	4.	5.	6.	
Abschnitt 3: Fachdidaktik Mathematik						9									
Fachdidaktik Mathematik 1						2	3								
1.	Fachdidaktik Mathematik 1	K o. mP	90- 180 o. 20- 30	b	3	VS	o	2				3			
Fachdidaktik Mathematik 2						4	6								
1.	Fachdidaktik 2 – Teil 1	K o. mP o. R o. H	90-180 o. 20-30	b	3	VS	o	2				3			
2.	Fachdidaktik 2 – Teil 2	K o. mP o. R o. H	90-180 o. 20-30	b	3	VS	o	2					3		
Abschnitt 4: Bachelorarbeit						6									
Bachelorarbeit							6								
1.	Bachelorarbeit	BA		b		BA	o						6		
Erläuterung der Abkürzungen:															
Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet															
Prüfungsform	: BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit														
Lehrform	: V=Vorlesung, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repertitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar														
Status	: o=obligatorisch, f=fakultativ														
Sonstiges	: o.=oder, SWS=Semesterwochenstunden, LP=Leistungspunkte=ECTS-Punkte														

Übersicht Studienaufbau mit Semesterzuordnung bei Studienbeginn im Sommersemester																		
		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								33										
Grundlagen der Mathematik								24	27									
1.	Vorlesung	mP	30-40	b	27	V	o	12		9	9							
2.	Übung					Ü	o	6		6	3							
3.	Repetitorium					T	o	6		0	0							
Vertiefung der Grundlagen der Mathematik								4	6									
1.	Vorlesung	mP	20-30	b	6	V	o	2					3					
2.	Übung					Ü	o	1					1,5					
3.	Praktikum					P	o	1					1,5					
Abschnitt 2: Aufbauende Pflichtmodule								39										
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						
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						
Algebra								6	9									
1.	Vorlesung	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	9	V	o	4					6					
2.	Übung					Ü	o	2					3					
Geometrie								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						

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: 270 h	Selbststudium: 540 h
Moduldauer	2 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	1+2		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	1. Semester: Lineare Algebra 1, Vorlesung 4 SWS + 2 SWS + Repetitorium 2 SWS 1. Semester: Analysis 1, Vorlesung 4 SWS + 2 SWS + Repetitorium 2 SWS 2. Semester: Analysis 2, Vorlesung 4 SWS + 2 SWS + Repetitorium 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 Ein- und im Mehrdimensionalen (insbesondere Satz von Fubini, Transformationsformel). • Topologische Grundbegriffe in metrischen und normierten Räumen. • Grundbegriffe aus der Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen (Satz von Picard-Lindelöf, lineare gewöhnliche Differentialgleichungen, Flüsse). • 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 Analysis 1 konzentriert sich überwiegend auf Inhalte der eindimensionalen Analysis, die Vorlesung Analysis 2 auf die der mehrdimensionalen Analysis. Die Vorlesung Lineare Algebra 1 behandelt die Inhalte zur Linearen Algebra.
Qualifikationsziele	<p>Die Studierenden kennen und verstehen die grundlegenden Begriffe, Aussagen und Methoden der ein- und der mehrdimensionalen Analysis sowie der Linearen Algebra. Sie haben zudem ein grundlegendes Problembewusstsein für gewöhnliche Differentialgleichungen und Anfangswertprobleme entwickelt.</p> <p>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 selbstständig 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 einzurordnen.</p> <p>In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbstständigen 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.</p>

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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

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

Modulnummer: MAT-10-11	Modultitel: Vertiefung der Grundlagen der Mathematik	Art des Moduls: Pflichtmodul	
ECTS-Punkte	6		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 60 h	Selbststudium: 120 h
Moduldauer	1 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	3-4		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	<ul style="list-style-type: none"> • Algebraische Strukturen, Vorlesung 2 SWS + 1 SWS • Mathematische Software, Praktikum 1 SWS 		
Bemerkung	<p>Die Studien- und Prüfungsleistung im Teilmodul Algebraische Strukturen kann durch das Modul Lineare Algebra aus dem Studiengang Bachelor of Science Mathematik ersetzt werden.</p> <p>Das Teilmodul Mathematische Software wird für Studierende im Bachelor of Education Lehramt Gymnasium in der Regel durch die Teilnahme am Praktikum zur Numerik erbracht. Weitere Praktika, die einbringbar sind, werden jeweils im Vorlesungsverzeichnis ausgewiesen.</p>		
Modulinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Algebraische Strukturen: <ul style="list-style-type: none"> – 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. • Mathematische Software: <ul style="list-style-type: none"> – Kennenlernen eines oder mehrerer fachspezifischer Softwarepakete. – Implementieren einfacher Algorithmen, z. B. der Linearen Algebra, in einer fachtypischen Software. 		
Qualifikationsziele	<p>Die Studierenden haben wesentliche, auf den im Modul Grundlagen der Mathematik aufbauende, Aspekte der Linearen Algebra kennen und verstehen gelernt: die für alle Bereiche der Mathematik wesentlichen algebraischen Strukturen Gruppe und Ring. Sie haben dabei ihre im Modul Grundlagen der Mathematik erworbenen strukturellen Kompetenzen vertieft. Sie sind mit den grundlegendsten Aussagen und Methoden des Gebietes vertraut. 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 Algebra nachzuvollziehen und in einfachen Beispielen selbstständig mathematische Aussagen zu beweisen bzw. zu widerlegen. Sie sind in der Lage, die in der Linearen Algebra kennengelernten Strukturen in einen größeren Kontext einzuordnen und besser zu verstehen.</p> <p>In den Übungen haben sie sich einen sicheren, präzisen und selbstständigen Umgang mit den Begriffen, Aussagen und Methoden aus der Vorlesung 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.</p> <p>Im Praktikum zur mathematischen Software haben die Studierenden ein oder mehrere fachspezifische Softwarepakete oder Computeralgebra systeme kennengelernt. Sie sind darin geschult, ausgewählte Problemstellungen, z. B. der Linearen Algebra, algorithmisch auszuarbeiten und die entwickelten Algorithmen in einem fachtypischen Softwarepaket zu implementieren. Sie haben dabei ihre in den Grundlagen der Mathematik erworbenen algorithmischen Kompetenzen erweitert und vertieft.</p>		

Abschnitt 2: Aufbauende Pflichtmodule

Modulnummer: MAT-20-03	Modultitel: Algebra	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	5-6																									
Unterrichtssprache	Deutsch																									
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + 2 SWS																									
Modulinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Gruppen und Strukturtheorie endlicher Gruppen. • Ringe, Ideale, Polynomringe, Teilbarkeitstheorie. • Körper und Körpererweiterungen. • Geometrische und algebraische Anwendungen der Körpertheorie. 																									
Qualifikationsziele	<p>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.</p> <p>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.</p>																									
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Titel</th> <th style="text-align: center;">Art der Lehrform</th> <th style="text-align: center;">Status</th> <th style="text-align: center;">SWS</th> <th style="text-align: center;">ECTS</th> <th style="text-align: center;">Studienleistung</th> <th style="text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="text-align: center;">Prüfungsdauer (min)</th> <th style="text-align: center;">Benotungssystem</th> <th style="text-align: center;">Anteil an der Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2" style="text-align: center;">Algebra</td> <td style="text-align: center;">V</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">ja</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">K o. mP</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">90-180 o. 20-30</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">b</td> <td rowspan="2" style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Ü</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> </tr> </tbody> </table>	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote	Algebra	V	o	4	6	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100	Ü	o	2	3	
Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote																	
Algebra	V	o	4	6	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100																	
	Ü	o	2	3																						
	<p>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.</p>																									

Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Siegfried Bosch: Algebra. Springer 2009. • Gerd Fischer, Reinhard Sacher: Einführung in die Algebra. Teubner 1983. • Christian Karpfinger, Kurt Meyberg: Algebra: Gruppen-Ringe-Körper. Springer Spektrum 2010. • Kurt Meyberg: Algebra 1. Hanser 1980. • Kurt Meyberg: Algebra 2. Hanser 1976. • Hans-Jörg Reiffen, Günter Scheja, Udo Vetter: Algebra. Bibliographisches Institut 1984.
Verwendbarkeit	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Modul Bachelorarbeit.
Teilnahme-voraussetzungen	Mindestens zwei der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik müssen erworben worden sein, wobei einer davon der Übungsnachweis zur Linearen Algebra 1 sein muss. Inhaltlich werden Kenntnisse aus dem Teilmmodul Algebraische Strukturen vorausgesetzt.
Modul-verantwortliche	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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, 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																			
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	Vorlesung 4 SWS + 2 SWS																				
Modulinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Interpolation und Approximation von Funktionen. • Numerische Integration und Differentiation. • Lineare Gleichungssysteme und lineare Ausgleichsrechnung. • Nichtlineare Gleichungssysteme und nichtlineare Ausgleichsrechnung. • Anfangswertprobleme gewöhnlicher Differentialgleichungen. 																				
Qualifikationsziele	<p>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.</p> <p>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.</p>																				
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Titel</th> <th style="text-align: center;">Art der Lehrform</th> <th style="text-align: center;">Status</th> <th style="text-align: center;">SWS</th> <th style="text-align: center;">ECTS</th> <th style="text-align: center;">Studienleistung</th> <th style="text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="text-align: center;">Prüfungsdauer (min)</th> <th style="text-align: center;">Benotungssystem</th> <th style="text-align: center;">Anteil an der Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Numerik</td> <td style="text-align: center;">V Ü</td> <td style="text-align: center;">o o</td> <td style="text-align: center;">4 2</td> <td style="text-align: center;">6 3</td> <td style="text-align: center;">ja</td> <td style="text-align: center;">K o. mP</td> <td style="text-align: center;">90-180 o. 20-30</td> <td style="text-align: center;">b</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> </tbody> </table> <p>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.</p>	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote	Numerik	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote												
Numerik	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100												

Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • 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 ist ggf. Voraussetzung für das Modul Bachelorarbeit.
Teilnahme-voraussetzungen	Mindestens zwei der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik müssen erworben worden sein, wobei einer davon der Übungsnachweis zur Linearen Algebra 1 sein muss. Ferner muss bis zur Teilnahme an der Prüfungsleistung der Praktikumsnachweis aus Teilmodul Mathematische Software 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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, 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 + 2 SWS												
Modulinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>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.</p> <p>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.</p>												
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	Titel		Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem			
	Stochastik		V	o	4	6	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b			
			Ü	o	2	3							
<p>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.</p>													
Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • Hans-Otto Georgii: Stochastik. De Gruyter 2015. • Ulrich Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik. Vieweg 2005. 												
Verwendbarkeit	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Modul Bachelorarbeit.												

Teilnahme-voraussetzungen	Mindestens zwei der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik müssen erworben worden sein, wobei einer davon der Übungsnachweis zur Linearen Algebra 1 sein muss.
Modul-verantwortliche	Martin Möhle, Martin Zerner
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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom	
Status : o=obligatorisch, f=fakultativ	
Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Michele Audin: Geometry. Springer 2003. • Marcel Berger: Geometry Revealed: A Jacob's Ladder to Modern Higher Geometry. Springer 2010. • David A. Brannan, Matthew F. Esplen, Jeremy J. Gray: Geometry. Cambridge University Press 2012. • John Stillwell: The four pillars of geometry. Springer 2005.
Verwendbarkeit	Das Modul ist ggf. Voraussetzung für das Modul Bachelorarbeit.
Teilnahme-voraussetzungen	Mindestens zwei der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik müssen erworben worden sein, wobei einer davon der Übungsnachweis zur Linearen Algebra 1 sein muss.
Modul-verantwortliche	Christoph Bohle, Carla Cederbaum, Hannah Markwig, Ivo Radloff
<p>Erläuterung der Abkürzungen:</p> <p>Bewertungssystem : b=benotet, nb=nicht benotet</p> <p>Prüfungsform : BA=Bachelorarbeit, mP=mündliche Einzelprüfung, K=Klausur, R=Referat, H=Hausarbeit, P=Portfolio</p> <p>Lehrform : V=Vorlesung, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom</p> <p>Status : o=obligatorisch, f=fakultativ</p> <p>Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden</p>	

Abschnitt 3: Fachdidaktik Mathematik

Modulnummer: MAT-80-01	Modultitel: Fachdidaktik Mathematik 1							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	regelmäßig im Sommersemester																													
Fachsemester	3-4																													
Unterrichtssprache	Deutsch																													
Lehr- / Lernformen	Vorlesung, Übung, Proseminar, Vortrag, Präsentation, E-Learning, Blended Learning, Projektarbeit, Fallstudien																													
Modulinhalt	Didaktik der Algebra und Arithmetik: Behandelt werden Grundlagen der Fachdidaktik der Mathematik der Bildungspläne sowie besonders die didaktische Reduktion wichtiger Grundbegriffe der Algebra und der Arithmetik auf Schulniveau, verschiedene Möglichkeiten wichtige Begriffe der Algebra und der Arithmetik in der Schule einzuführen sowie Motivationsmöglichkeiten für algebraische und arithmetische Grundideen.																													
Qualifikationsziele	Die Studierenden kennen fachdidaktische Grundprinzipien von Unterrichtskonzepten und können sich in den Bildungsplänen orientieren. Sie sind in der Lage, fachliche Zugänge zu zentralen Begriffen in der Algebra und der Arithmetik zu vergleichen und zu bewerten. Sie besitzen die Fähigkeit, algebraische und arithmetische Inhalte zugleich schüler- und fachgerecht zu vermitteln.																													
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Titel</th> <th style="text-align: center;">Art der Lehrform</th> <th style="text-align: center;">Status</th> <th style="text-align: center;">SWS</th> <th style="text-align: center;">ECTS</th> <th style="text-align: center;">Studienleistung</th> <th style="text-align: center;">Prüfungsform</th> <th style="text-align: center;">Prüfungsdauer (min)</th> <th style="text-align: center;">Benotungssystem</th> <th style="text-align: center;">Anteil an der Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Fachdidaktik Mathematik 1</td> <td style="text-align: center;">VIC</td> <td style="text-align: center;">o</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">nein</td> <td style="text-align: center;">K o. mP o. P</td> <td style="text-align: center;">90-180 o. 20-30</td> <td style="text-align: center;">b</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> </tbody> </table> <p>Die Prüfungsform Klausur oder mündliche Prüfung wird von der Prüferin oder dem Prüfer mit Genehmigung des Prüfungsausschusses festgelegt.</p>							Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote	Fachdidaktik Mathematik 1	VIC	o	2	3	nein	K o. mP o. P	90-180 o. 20-30	b	100			
Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote																					
Fachdidaktik Mathematik 1	VIC	o	2	3	nein	K o. mP o. P	90-180 o. 20-30	b	100																					
Verwendbarkeit	Das Modul Fachdidaktik Mathematik 1 ist ggf. Voraussetzung für das Modul Bachelorarbeit.																													
Teilnahmevoraussetzungen	Mindestens zwei der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik müssen erworben worden sein, wobei einer davon der Übungsnachweis zur Linearen Algebra 1 sein muss.																													
Modulverantwortliche	Frank Loose, 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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

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

Modul-verantwortliche	Frank Loose, 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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom	
Status : o=obligatorisch, f=fakultativ	
Sonstiges : h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden	

Abschnitt 4: Bachelorarbeit

Modulnummer: MAT-30-40	Modultitel: Bachelorarbeit		Art des Moduls: Pflichtmodul
ECTS-Punkte	6		
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 180 h	Kontaktzeit: 0 h	Selbststudium: 180 h
Moduldauer	1 Semester		
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester		
Fachsemester	6		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Bachelorarbeit		
Modulinhalt	<p>Die Studierenden haben unter Anleitung durch eine Betreuerin oder einen Betreuer eine begrenzte Aufgabenstellung aus dem Fach Mathematik (einschließlich der Fachdidaktik) mit wissenschaftlichen Methoden zu bearbeiten und schriftlich darzustellen. Im Einzelnen umfasst dies:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>Die Studierenden</p> <ul style="list-style-type: none"> • können ein zugeordnetes Thema selbstständig 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. 		

Abschnitt 5: Vorleistungen Masterstudium

Im Vorgriff auf ein angestrebtes Masterstudium im Master of Education Lehramt Gymnasium an der Universität Tübingen können unter bestimmten Voraussetzungen in einem bestimmten Umfang bereits im Rahmen des Bachelorstudiums Leistungen erworben werden, die im Masterstudium angerechnet werden können. Dies dient der Flexibilisierung der individuellen Studienplanung im Übergang vom Bachelor in den Master of Education.

Rahmenbedingungen und Umfang

Im Bachelor of Education können insgesamt bis zu 24 LP an Vorleistungen für das Masterstudium erworben werden, wenn alle folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- es besteht eine Einschreibung (Immatrikulation) in den und ein Prüfungsanspruch im Bachelor of Education Lehramt Gymnasium;
- in den beiden studierten Hauptfächern und den Bildungswissenschaften sind zusammen insgesamt mindestens 150 LP bereits erworben;
- es besteht eine Einschreibung in das und ein Prüfungsanspruch in dem Fach, in dem Vorleistungen für das Masterstudium erworben werden sollen.

Dabei kann frei gewählt werden, wie viele Leistungspunkte in welchen der studierten Fächer erbracht werden. Es können z.B. auch alle 24 LP in einem Fach erbracht werden, wenn Module in entsprechendem Umfang angeboten werden. Mastermodule eines Fachs, das als Vorleistungen Erweiterungsfach belegt ist, können nicht vorgezogen werden. Modulprüfungen im Rahmen der Vorleistungen Masterstudium können nur einmal wiederholt werden. Für weitere Regelungen zu den Vorleistungen Masterstudium wird auf die Studien- und Prüfungsordnung verwiesen.

Im Fach Mathematik können im Rahmen der Vorleistungen Masterstudium folgende Module vorgezogen werden.

Modulnummer: MAT-20-02	Modultitel: Einführung Funktionentheorie und Gewöhnliche Differentialgleichungen		Art des Moduls: Wahlmodul
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	-		
Unterrichtssprache	Deutsch		
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + 2 SWS		

Modulinhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Funktionentheorie: <ul style="list-style-type: none"> – Holomorphe Funktionen, Cauchy-Riemannsche Differentialgleichungen. – Stammfunktionen, Cauchysche Integralformel, Cauchyscher Integralsatz. – Kompakte Konvergenz von Funktionenfamilien, formale und konvergente Potenzreihen, komplex-analytische Funktionen, Identitätssatz. – Satz von Liouville, Umkehrsatz, Satz von der offenen Abbildung, Maximumsprinzip. – Laurentreihen, holomorphe Funktionen mit isolierten Singularitäten, Satz von Casorati-Weierstraß. – Residuensatz und Anwendungen. • Gewöhnliche Differentialgleichungen, eine Auswahl aus den folgenden Themen: <ul style="list-style-type: none"> – Existenz- und Eindeutigkeitssatz von Picard-Lindelöf. – Lineare gewöhnliche Differentialgleichungen, Lemma von Gronwall. – Stetige Abhängigkeit von den Anfangswerten, differenzierbare Abhängigkeit von den Anfangswerten. – Grundlagen dynamischer Systeme, Stabilität von Gleichgewichtslagen, charakteristische Exponenten, erste Integrale, Liapunov-Funktionen. – Gewöhnliche Differentialgleichungen im Komplexen. – Regularität, das Kriterium von Fuchs, Monodromie. – Die Methode von Frobenius. 																				
Qualifikationsziele	<p>Die Studierenden kennen die Grundlagen der Funktionentheorie und der Theorie der Gewöhnlichen Differentialgleichungen. Sie beherrschen die wesentlichen Rechentechniken und können Wegintegrale sowie einfache Differentialgleichungen explizit lösen. Sie kennen wesentliche Anwendungen der Theorie wie z. B. den Fundamentalsatz der Algebra und die Newtonschen Grundgleichungen der Mechanik. Sie haben auch die Fähigkeit, abstrakte Fragestellungen in konkrete Probleme der Funktionentheorie bzw. der Gewöhnlichen Differentialgleichungen zu transferieren und dort zu lösen.</p> <p>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.</p>																				
Voraussetzung für die Vergabe von Leistungspunkten / Benotung (ggf. Gewichtung)	<table border="1" data-bbox="417 1331 1422 1709"> <thead> <tr> <th data-bbox="417 1331 759 1612">Titel</th> <th data-bbox="759 1331 806 1612">Art der Lehrform</th> <th data-bbox="806 1331 854 1612">Status</th> <th data-bbox="854 1331 901 1612">SWS</th> <th data-bbox="901 1331 949 1612">ECTS</th> <th data-bbox="949 1331 1029 1612">Studienleistung</th> <th data-bbox="1029 1331 1076 1612">Prüfungsform</th> <th data-bbox="1076 1331 1219 1612">Prüfungsdauer (min)</th> <th data-bbox="1219 1331 1330 1612">Benotungssystem</th> <th data-bbox="1330 1331 1422 1612">Anteil an der Modulnote</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="417 1612 759 1709" style="text-align: center;">Einf. Funktionentheorie und Gewöhnliche Differentialgl.</td> <td data-bbox="759 1612 806 1709" style="text-align: center;">V Ü</td> <td data-bbox="806 1612 854 1709" style="text-align: center;">o o</td> <td data-bbox="854 1612 901 1709" style="text-align: center;">4 2</td> <td data-bbox="901 1612 949 1709" style="text-align: center;">6 3</td> <td data-bbox="949 1612 1029 1709" style="text-align: center;">ja</td> <td data-bbox="1029 1612 1076 1709" style="text-align: center;">K o. mP</td> <td data-bbox="1076 1612 1219 1709" style="text-align: center;">90-180 o. 20-30</td> <td data-bbox="1219 1612 1330 1709" style="text-align: center;">b</td> <td data-bbox="1330 1612 1422 1709" style="text-align: center;">100</td> </tr> </tbody> </table> <p>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.</p>	Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote	Einf. Funktionentheorie und Gewöhnliche Differentialgl.	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100
Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote												
Einf. Funktionentheorie und Gewöhnliche Differentialgl.	V Ü	o o	4 2	6 3	ja	K o. mP	90-180 o. 20-30	b	100												

Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Verwendbarkeit	Es handelt sich um eine vorgezogene Leistung aus dem konsekutiven Masterstudiengang.
Teilnahme-voraussetzungen	Mindestens zwei der Übungsnachweise aus dem Modul Grundlagen der Mathematik müssen erworben worden sein, wobei einer davon der Übungsnachweis zur Linearen Algebra 1 sein muss.
Modul-verantwortliche	Anton Deitmar, Reiner Schätzle

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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom
Status	: o=obligatorisch, f=fakultativ
Sonstiges	: h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden

Modulnummer: MAT-40-51	Modultitel: Vertiefung spezielle Gebiete der Mathematik							Art des Moduls: Wahlmodul						
ECTS-Punkte	9													
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 270 h		Kontaktzeit: 90 h				Selbststudium: 180 h							
Moduldauer	1 Semester													
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester													
Fachsemester	-													
Unterrichtssprache	Deutsch oder Englisch													
Lehr- / Lernformen	Vorlesung 4 SWS + 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 vertieftes Wissen in einem Teilbereich der Mathematik erlangt und weitere Erfahrungen in der Präsentation und Vermittlung mathematischer Themen gesammelt. Sie sind in der Lage, die wesentlichen Aussagen der Vorlesung zu benennen und die Techniken ihrer Herleitung und Beweisführung wiederzugeben und kritisch zu hinterfragen. Zudem können sie die methodischen und theoretischen Grundlagen des gewählten mathematischen Teilbereichs miteinander verknüpfen und in den mathematischen Kontext einordnen. 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	
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	Es handelt sich um eine vorgezogene Leistung aus dem konsekutiven Masterstudiengang.													
Teilnahme-voraussetzungen	Die Module des Abschnitts 1 Grundlagen der Mathematik müssen erfolgreich abgeschlossen sein. Zudem wird dringend empfohlen, eine Lehrveranstaltung nur dann einzubringen, wenn die Module des Bachelorstudiums erfolgreich abgeschlossen sind, die inhaltlich und von den Kompetenzen her vorausgesetzt werden.													
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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom

Status : o=obligatorisch, f=fakultativ

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

Modulnummer: MAT-40-52	Modultitel: Seminar Vertiefung Mathematik							Art des Moduls: Wahlmodul																						
ECTS-Punkte	4																													
Arbeitsaufwand - Kontaktzeit - Selbststudium	Arbeitsaufwand: 90 h	Kontaktzeit: 30 h					Selbststudium: 60 h																							
Moduldauer	1 Semester																													
Häufigkeit des Angebots	jedes Semester																													
Fachsemester	-																													
Unterrichtssprache	Deutsch																													
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 Masterarbeit sein.																													
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>Seminar</td> <td>S</td> <td>o</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>ja</td> <td>R</td> <td>60-90</td> <td>b</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table> <p>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.</p>							Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote	Seminar	S	o	2	4	ja	R	60-90	b	100			
Titel	Art der Lehrform	Status	SWS	ECTS	Studienleistung	Prüfungsform	Prüfungsdauer (min)	Benotungssystem	Anteil an der Modulnote																					
Seminar	S	o	2	4	ja	R	60-90	b	100																					
Verwendbarkeit	Es handelt sich um eine vorgezogene Leistung aus dem konsekutiven Masterstudiengang.																													
Teilnahme-voraussetzungen	Die Teilnahme am Modul setzt den erfolgreichen Abschluss mindestens eines der Module Einführung Funktionentheorie und Gewöhnliche Differentialgleichungen oder Vertiefung spezielle Gebiete der Mathematik 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, SV=Seminar oder Vorlesung, Ü=Übungen, T=Repetitorium, P=Praktikum, PS=Proseminar, IC=Inverted Classroom																													
Status	: o=obligatorisch, f=fakultativ																													
Sonstiges	: h=Stunden, o.=oder, s.M.=siehe Modulbeschreibung, SWS=Semesterwochenstunden																													

4 Lehrveranstaltungen für das Modul Vertiefung spezielle Gebiete der Mathematik

4.1 Katalog der Lehrveranstaltungen

Im Folgenden werden die Lehrveranstaltungen aufgelistet, die im Modul Vertiefung spezielle Gebiete der Mathematik eingebracht werden können. Weitere Lehrveranstaltungen können auf schriftlichen Antrag an die Vorsitzende oder den Vorsitzenden des Prüfungsausschusses genehmigt werden.

• Algebraische Topologie 1	42
• Algorithmen der Numerischen Mathematik	42
• Einführung in Dynamische Systeme	46
• Einführung in Geometrische Maßtheorie	46
• Einführung in Geometrische Maßtheorie – Maßtheoretische Methoden	47
• Einführung in Geometrische Maßtheorie – Varifaltigkeiten	48
• Einführung in Kommutative Algebra und Algebraische Geometrie	48
• Einführung in Partielle Differentialgleichungen	49
• Einführung in Partielle Differentialgleichungen – Teil 1	50
• Einführung in die K-Theorie	43
• Einführung in die Mathematische Logik	44
• Einführung in die Mengenlehre	45
• Einführung in die Optimierung	45
• Elementare Zahlentheorie	51
• Funktionalanalysis	51
• Geometrie von Mannigfaltigkeiten 1	52
• Grundlagen der diskreten Mathematik	53
• Hyperbolische Geometrie: axiomatisch, spiegelungsgeometrisch, algebraisch	54
• Kommutative Algebra	55

• Konvexe Geometrie	55
• Kryptographie	56
• Lie-Gruppen	57
• Lineare Kontrolltheorie	58
• Nichtlineare Optimierung	58
• Topologie	59
• Variationsrechnung	60
• Wahrscheinlichkeitstheorie	61
• Zahlentheorie und Kryptographie	61

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	<ul style="list-style-type: none"> • Mengentheoretische Topologie. • Grundlagen der Kategorientheorie. • Die Fundamentalgruppe eines punktierten topologischen Raumes. • Überlagerungstheorie. • Grundlagen der singulären Homologietheorie. • Anwendungen. 		
Spezielle Qualifikationsziele	<p>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.</p>		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltungsverantwortliche	Anton Deitmar, Frank Loose		

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: <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • Peter Deuflhard, Andreas Hohmann: Numerische Mathematik 1. De Gruyter 2008. • Martin Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens. Vieweg 2009.
Veranstaltungsvorstand	Christian Lubich, Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Einführung in die K-Theorie		
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	<ul style="list-style-type: none"> • Vektorbündel. • Topologische K-Theorie. • Künneth-Formel und Bott-Periodizität. • Charakteristische Klassen. • Chern-Charakter. • Algebraische K-Theorie • Plus-Konstruktion. 		
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben ein wichtiges mathematisches Gebiet kennengelernt, das Analysis, Geometrie, Algebra und Zahlentheorie miteinander verbindet. Sie haben gelernt, Zusammenhänge zwischen verschiedenen Gebieten zu erkennen und zu nutzen. Sie können Begriffe wie Vektor- oder Faserbündel oder kategorische K-Gruppen verstehen und anwenden. Sie haben gelernt, in großen Zusammenhängen zu denken.		

Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • Michael Atiyah: K-theory. Addison-Wesley 1989. • Max Karoubi: K-theory. Springer 2008. • Emilio Lluis-Puebla, Jean-Louis Loday, Henri Gillet, Christophe Soule, Victor Snaith: Higher algebraic K-theory: an overview. Springer 1992.
Veranstaltung-verantwortliche	Anton Deitmar

Veranstaltungstitel:	Einführung in die Mathematische Logik		
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	<ul style="list-style-type: none"> • Aussagenlogik. • Sprachen erster Stufe: <ul style="list-style-type: none"> – Vollständigkeit und Kompaktheit. • Berechenbarkeitstheorie: <ul style="list-style-type: none"> – Registermaschinen; – Gödelsierung. • Unvollständigkeit der Arithmetik: <ul style="list-style-type: none"> – Erster und zweiter Unvollständigkeitssatz. • Mengenlehre: <ul style="list-style-type: none"> – 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.		
Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • Rautenberg, Wolfgang: Einführung in die Mathematische Logik. Vieweg+Teubner 2008. • Ziegler, Martin: Mathematische Logik. Birkhäuser 2016. 		
Veranstaltung-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		
Literatur	Exemplarische Literatur : •		
Veranstaltungsverantwortliche	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		

Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • Florian Jarre, Joseph Stoer: Optimierung: Einführung in mathematische Theorie und Methoden. Springer 2019. • Jorge Nocedal, Stephen J. Wright: Numerical optimization. Springer 2006.
Veranstaltungsvorstand/-verantwortliche	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 gewöhnlichen 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.		
Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltungsvorstand/-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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>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.</p>		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltungsvorstand	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Veranstaltung-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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltung-verantwortliche	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>Die Studierenden haben zentrale Begriffe, Ergebnisse und Methoden der kommutativen Algebra und der affinen algebraischen Geometrie kennengelernt. Dabei haben sie das tiefliegende 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.</p>		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltungsvorstand	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Veranstaltungsverantwortliche	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		

Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • 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:	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		
Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • Friedhelm Padberg: Elementare Zahlentheorie. Spektrum Akademischer Verlag 2001. • Stefan Müller-Stach, J. Pionkowski: Elementare und algebraische Zahlentheorie. Vieweg 2006. 		
Veranstaltungs-verantwortliche	Victor Batyrev, Thomas Markwig		

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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltung-verantwortliche	Carla Cederbaum, Anton Deitmar, Gerhard Huisken, 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Veranstaltung-verantwortliche	Christoph Bohle, Frank Loose

Veranstaltungstitel:	Grundlagen der diskreten Mathematik		
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	<ul style="list-style-type: none"> • Logik. • Mengen, Relationen, Funktionen. • Halbordnungen. • Kombinatorik. • Zahlentheorie. • Graphentheorie. • Algorithmen und formale Sprachen. • Diskrete Optimierung. 		

Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden haben die Verwendung von grundlegenden Methoden der diskreten Mathematik erlernt. Sie können diskrete Strukturen analysieren und diskrete Strukturen in verschiedenen Kontexten identifizieren.
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ronald Graham, Donald Knuth, Oren Patashnik: Concrete Mathematics. Addison-Wesley 1994. • Kenneth H. Rosen: Discrete Mathematics and Its Application. McGraw-Hill 2019. • Ralph P. Grimaldi: Discrete and Combinatorial Mathematics. Addison-Wesley 2004. • Norman L. Biggs: Discrete Mathematics. Oxford University Press 2002.
Veranstaltung-verantwortliche	Martin Möhle, Martin Zerner, Elmar Teufl

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.		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltung-verantwortliche	Hermann Hähl, Hannah Markwig		

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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltung-verantwortliche	Victor Batyrev, 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Günter M. Ziegler: Lectures on Polytopes. Springer 1998.
Veranstaltung-verantwortliche	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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 Angriffszenarien 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.
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Veranstaltungsvorstand	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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		

Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • 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.
Veranstaltungsvorstand	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.		
Literatur	Exemplarische Literatur : <ul style="list-style-type: none"> • 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. 		
Veranstaltungsvorstand	Rainer Nagel		

Veranstaltungstitel:	Nichtlineare Optimierung		
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
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> • Endlich-dimensionale Optimierung, Gradientenverfahren mit Armijos Regel, globalisiertes Newton-Verfahren. • Restringierte Optimierung, Lemma von Farkas, Tangentialkegel. • Abadie CQ, KKT Bedingungen, Slater Bedingungen. • Lineares Programm, Dualität, Simplexverfahren. • Penalty- und Barrieremethoden, Innere Punkte Verfahren. • Nichtlineare Programme, SQP Verfahren, nichtglatte Optimierung.
Spezielle Qualifikationsziele	Die Studierenden beherrschen die Grundprinzipien und Techniken zur Analysis und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben.
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carl Geiger, Christian Kanzow: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben. Springer 2002.
Veranstaltungsvorstand	Andreas Prohl

Veranstaltungstitel:	Topologie		
Studienschwerpunkt	Geometrie		
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	<ul style="list-style-type: none"> • Rückblick auf metrische Räume: Abgeschlossene Mengen, Umgebung, Stetigkeit, vollständige metrische Räume, Kompaktheit in metrischen Räumen. • Mengentheoretische Topologie: Topologische Räume, Stetigkeit und Konvergenz, Kompaktheit, Trennungssätze. • Räume stetiger Funktionen: Das Lemma von Urysohn und Anwendungen, Stone-Cech-Komplettifizierung, der Satz von Stone-Weierstraß, Konvergenzbegriffe in Funktionenräumen, Kompaktheit in Funktionenräumen. • Bairesche Räume und die Anwendung der Baireschen Theorie: Bairesche Funktionenklassen, 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.
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Felix Hausdorff: Grundzüge der Mengenlehre. Von Veit & Comp. 1914. • Boto von Querenburg: Mengentheoretische Topologie. Springer 2001. • Volker Runde: A Taste of Topology. Springer 2005.
Veranstaltung-verantwortliche	Rainer Nagel

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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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.		
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Heinz Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie und Grundzüge der Maßtheorie. De Gruyter 2010. • Richard Durrett: Probability, Theory and Examples. Cambridge University Press 2010. • Hans-Otto Georgii: Stochastik. De Gruyter 2009. • Jean Jacod, Philip E. Protter: Probability essentials. Springer 2004. • Olav Kallenberg. Foundations of Modern Probability. Springer 2002. • Achim Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie. Springer 2013. • David Meinstrup, Stefan Schäffler: Stochastik. Springer 2005. • Albert N. Shiryaev: Probability-1. Springer 2016. 		
Veranstaltungsvorstand	Martin Möhle, Martin Zerner		

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	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>Die Studierenden haben die grundlegenden Begriffe der elementaren Zahlentheorie und ihre Anwendungen auf die Kryptographie kennengelernt. Sie haben ihre Kenntnisse über Nachbardisziplinen 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.</p>
Literatur	<p>Exemplarische Literatur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jeffrey Hoffstein, Jill Pipher, Joseph H. Silverman: An introduction to mathematical cryptography. Springer 2008. • Stefan Müller-Stach, Jens Pionkowski: 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	Elena Klimenko, Thomas Markwig