

# Modulhandbuch Mathematik (M.Sc.)

Sommersemester 2016  
Kurzfassung  
Stand: 05.02.2016

Fakultät für Mathematik



Herausgegeben von:



Fakultät für Mathematik  
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
76128 Karlsruhe  
[www.math.kit.edu](http://www.math.kit.edu)

Fotograf: Arno Peil

Ansprechpartner: [daniel.hug@kit.edu](mailto:daniel.hug@kit.edu)

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Studienplan Master Mathematik</b>	<b>6</b>
1.1	Qualifikationsziele	6
1.2	Vorbemerkung	6
1.3	Gliederung des Studiums	6
1.4	Einführende Module in den mathematischen Fächern	8
1.5	Weiterführende Module in den mathematischen Fächern	10
1.6	Schlüsselqualifikationen	10
<b>2</b>	<b>Nützliches und Informatives</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Aktuelle Änderungen</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>Module</b>	<b>14</b>
4.1	Alle Module	14
	Differentialgeometrie- MATHMMAG04	14
	Algebra- MATHMMAG05	16
	Konvexe Geometrie- MATHMMAG07	17
	Algebraische Zahlentheorie- MATHMMAG09	19
	Algebraische Geometrie- MATHMMAG10	20
	Geometrie der Schemata- MATHMMAG11	21
	Geometrische Gruppentheorie- MATHMMAG12	22
	Modulformen- MATHAG23	23
	Geometrische Gruppentheorie II- MATHAG24	24
	Graphentheorie- MATHAG26	25
	Globale Differentialgeometrie- MATHAG27	26
	Kombinatorik in der Ebene- MATHAG28	27
	Vergleichsgeometrie- MATHAG30	28
	CAT(0) kubische Komplexe- MATHAG32	29
	Algebraische Topologie- MATHAG34	30
	Einführung in die geometrische Maßtheorie- MATHAG35	31
	Kombinatorik- MATHAG37	32
	L2-Invarianten- MATHAG38	33
	Gruppenwirkungen in der Riemannschen Geometrie- MATHAG40	34
	Algebraische Topologie II- MATHAG41	35
	Extremale Graphentheorie- MATHAG42	36
	Spin-Mannigfaltigkeiten, alpha-Invariante und positive Skalarkrümmung- MATHAG43	37
	Homotopietheorie- MATHAG44	38
	Die Riemannsche Zeta-Funktion- MATHAG45	39
	Funktionalanalysis- MATHMMAN05	40
	Integralgleichungen- MATHMMAN07	41
	Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen- MATHMMAN08	42
	Rand- und Eigenwertprobleme- MATHMMAN09	43
	Spektraltheorie- MATHMMAN10	44
	Computerunterstützte analytische Methoden für Rand- und Eigenwertprobleme- MATHMMAN11	45
	Evolutionsgleichungen- MATHMMAN12	46
	Fourieranalysis- MATHMMAN14	47
	Funktionentheorie II- MATHMMAN16	48
	Modelle der mathematischen Physik- MATHMMAN17	49
	Steuerungstheorie- MATHAN18	50
	Nichtlineare Evolutionsgleichungen- MATHMMAN19	51
	Potentialtheorie- MATHMMAN20	52
	Randwertprobleme für nichtlineare Differentialgleichungen- MATHMMAN21	53
	Spektraltheorie von Differentialoperatoren- MATHMMAN22	54
	Stochastische Differentialgleichungen- MATHMMAN24	55
	Variationsrechnung- MATHMMAN25	56
	Streutheorie- MATHMMAN26	57
	Maxwellgleichungen- MATHMMAN28	58

Nichtlineare Funktionalanalysis- MATHAN29	59
Monotoniemethoden in der Analysis- MATHAN31	60
Banachalgebren- MATHAN32	61
Spezielle Funktionen und Anwendungen in der Potentialtheorie- MATHAN33	62
Geometrische Analysis- MATHAN36	63
Sobolevräume- MATHAN37	64
Wandernde Wellen- MATHAN38	65
Stochastische Evolutionsgleichungen- MATHAN40	66
Nichtlineare Schrödinger- und Wellengleichungen- MATHAN41	67
Internetseminar für Evolutionsgleichungen- MATHANISEM	68
Numerische Methoden für Differentialgleichungen- MATHMMNM03	69
Einführung in das Wissenschaftliche Rechnen- MATHMMNM05	70
Inverse Probleme- MATHMMNM06	71
Finite Elemente Methoden- MATHMMNM07	72
Paralleles Rechnen- MATHMMNM08	73
Optimierung und optimale Kontrolle bei Differentialgleichungen- MATHMMNM09	74
Numerische Methoden in der Festkörpermechanik- MATHMMNM12	75
Numerische Methoden in der Elektrodynamik- MATHMMNM13	76
Wavelets- MATHMMNM14	77
Bildgebende Verfahren in der Medizintechnik- MATHMMNM15	78
Mathematische Methoden in Signal- und Bildverarbeitung- MATHMMNM16	79
Mehrgitter- und Gebietszerlegungsverfahren- MATHMMNM17	80
Numerische Methoden in der Finanzmathematik- MATHMMNM18	81
Adaptive Finite Elemente Methoden- MATHMMNM19	83
Numerische Methoden für zeitabhängige partielle Differentialgleichungen- MATHMMNM20	84
Numerische Optimierungsmethoden- MATHMMNM25	85
Numerische Methoden in der Finanzmathematik II- MATHNM26	86
Mathematische Modellierung und Simulation in der Praxis- MATHNM27	87
Numerische Methoden für hyperbolische Gleichungen- MATHNM28	88
Numerische Methoden für Integralgleichungen- MATHNM29	89
Spezielle Themen der numerischen linearen Algebra- MATHNM30	90
Geometrische numerische Integration- MATHNM31	91
Optimierung in Banachräumen- MATHNM32	92
Numerische Verfahren für die Maxwellgleichungen- MATHNM33	93
Numerische Methoden in der Strömungsmechanik- MATHNM34	94
Splitting-Verfahren- MATHNM35	95
Aspekte der Zeitintegration- MATHNM36	96
Compressive Sensing- MATHNM37	97
Operatorfunktionen- MATHNM38	98
Matrixfunktionen- MATHNM39	99
Projektorientiertes Softwarepraktikum- MATHNM40	100
Einführung in Partikuläre Strömungen- MATHNM41	101
Numerische Fortsetzungsmethoden- MATHNM42	102
Einführung in Matlab und numerische Algorithmen- MATHNM43	103
Advanced Inverse Problems: Nonlinearity and Banach Spaces- MATHNM44	104
Finanzmathematik in diskreter Zeit- MATHST04	105
Stochastische Geometrie- MATHMMST06	106
Asymptotische Stochastik- MATHMMST07	107
Finanzmathematik in stetiger Zeit- MATHMMST08	109
Generalisierte Regressionsmodelle- MATHMMST09	111
Brownsche Bewegung- MATHMMST10	112
Markovsche Entscheidungsprozesse- MATHMMST11	113
Steuerung stochastischer Prozesse- MATHMMST12	114
Perkolation- MATHMMST13	115
Räumliche Stochastik- MATHMMST14	116
Mathematische Statistik- MATHMMST15	117
Nichtparametrische Statistik- MATHMMST16	118
Zeitreihenanalyse- MATHMMST18	119

---

Der Poisson-Prozess- MATHST20	120
Designtheorie und ihre Anwendungen in der Statistik- MATHST22	121
Extremwerttheorie- MATHST23	122
Steinsche Methode- MATHST24	123
Wahrscheinlichkeitstheorie und kombinatorische Optimierung- MATHST27	124
Vorhersagen: Theorie und Praxis- MATHST28	126
Zufällige Graphen- MATHST29	127
Schlüsselqualifikationen- MATHMMSQ01	128
Einführung in Python- MATHSQ02	129
Seminar- MATHMMSE01	130
Masterarbeit- MMATHMAST	131
<b>5 Anhang: Studien- und Prüfungsordnung</b>	<b>132</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b>	<b>147</b>

# 1 Studienplan Master Mathematik<sup>1</sup>

## 1.1 Qualifikationsziele

Ausbildungsziel des Masterstudiengangs Mathematik ist die Qualifizierung für eine berufliche Tätigkeit in der Wirtschaft (insbesondere bei Banken, Versicherungen und Unternehmensberatungen), in der Industrie (insbesondere im Bereich der Simulation bzw. Interpretation von Simulationsergebnissen sowie im Bereich Softwareerstellung für verschiedene Belange) sowie für eine nachgelagerte wissenschaftliche Laufbahn (Promotion) in Mathematik, den Ingenieur- und Naturwissenschaften oder den Wirtschaftswissenschaften. Durch die forschungsorientierte Ausbildung werden die Absolventinnen und Absolventen insbesondere auf lebenslanges Lernen vorbereitet.

### **Fachliche Kernkompetenzen:**

Absolventinnen und Absolventen verfügen über ein erweitertes und vertieftes Wissen im Fach Mathematik und ggf. in einem frei wählbaren Ergänzungsfach. Sie sind in der Lage aktuelle, komplexe Fragestellungen in diesen Bereichen zu analysieren und zu erklären. Sie kennen die mathematischen Hauptdisziplinen, ihre methodischen Ansätze und ihre wechselseitigen Beziehungen. Die Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, die Besonderheiten, Grenzen und Terminologien in den gewählten Themenbereichen zu definieren, zu beschreiben, zu interpretieren, den aktuellen Forschungsstand wiederzugeben sowie punktuell weiterzuentwickeln.

### **Überfachliche Kompetenzen:**

Absolventinnen und Absolventen können Themen aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Sie können geeignete Handlungsalternativen zu forschungsrelevanten Themenkomplexen auswählen und kombinieren. Diese können sie auf spezifische Problemstellungen übertragen und anwenden. Umfangreiche Probleme sowie Informationen und aktuelle Anforderungen können sie differenziert betrachten und mit geeigneten Methoden und Konzepten analysieren, vergleichen und bewerten. Dabei schätzen sie Komplexität und Risiken ab, erkennen Verbesserungspotentiale und wählen nachhaltige Lösungsverfahren und Verbesserungsmethoden aus. Dadurch sind sie in der Lage, verantwortungsvolle und wissenschaftlich fundierte Entscheidungen zu treffen. Der interdisziplinäre Umgang mit dem Fachwissen erfolgt unter Berücksichtigung von gesellschaftlichen, wissenschaftlichen und ethischen Erkenntnissen. Absolventinnen und Absolventen entwickeln innovative Ideen und können diese umsetzen. Diese Vorgehensweisen können sie selbständig oder auch in internationalen Teams durchführen. Dabei sind sie in der Lage, ihre Entscheidungen zu erläutern und darüber zu diskutieren. Sie können sich auch mit Fachvertretern und Fachvertreterinnen auf wissenschaftlichem Niveau austauschen. Die gewonnenen Ergebnisse können sie eigenständig interpretieren, validieren und illustrieren. Insbesondere können sie souverän mit elektronischen Medien umgehen. Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage Lernstrategien für lebenslanges Lernen umzusetzen, wobei sie ein ausgeprägtes Durchhaltevermögen entwickelt haben.

### **Lernergebnisse:**

Die Absolventinnen und Absolventen können vertiefende mathematische Methoden benennen, erklären und selbständig anwenden. Sie erwerben ein vertieftes Verständnis mathematischer Methoden aus mindestens zwei der Bereiche Algebra und Geometrie, Analysis, Angewandte und numerische Mathematik und Stochastik.

Je nach Anwendungsfach besitzen die Absolventinnen und Absolventen ein breites Wissen über spezielle mathematische Modelle und Methoden. Dies befähigt sie, im jeweiligen Bereich komplexe und innovative Aufgaben zu analysieren und die Ergebnisse zu beurteilen.

## 1.2 Vorbemerkung

Es ist das Anliegen des Studienplans, die Studien- und Prüfungsordnung des Masterstudiengangs Mathematik zu ergänzen, zu erläutern und den Studierenden konkrete Beispiele zur Organisation des Studiums aufzuzeigen.

## 1.3 Gliederung des Studiums

Die Lehrveranstaltungen werden in Form von Modulen abgehalten, wobei die meisten Module aus einer Vorlesung (mit oder ohne Übung) oder einem Seminar bestehen. Es gilt grundsätzlich, dass nur solche Module gewählt

---

<sup>1</sup>Gültig ab Wintersemester 2012/13.

werden können, die noch nicht im Bachelorstudium verwendet worden sind.<sup>2</sup> Jedes Modul schließt mit einer Leistungskontrolle ab. Der durchschnittliche Arbeitsaufwand wird in Leistungspunkten (LP) gemessen. Im Allgemeinen werden Module benotet. Ausnahmen sind z.B. Seminarmodule, die nur bestanden oder nicht bestanden werden können. Die Note geht in die Endnote ein. Die Masterarbeit besteht aus einem eigenen Modul mit 30 LP. Insgesamt müssen im Masterstudium 120 LP erworben werden, etwa gleichmäßig verteilt auf 4 Semester.

(a) Es werden keine einzelnen Module verpflichtend vorgeschrieben. Allerdings müssen aus einem der folgenden **mathematischen Fächer** 16 Leistungspunkte und aus einem zweiten 24 Leistungspunkte erworben werden:

1. Algebra und Geometrie
2. Analysis
3. Angewandte und Numerische Mathematik
4. Stochastik

Mindestens eines dieser beiden Fächer muss Algebra und Geometrie oder Analysis sein.

(b) Des weiteren sind Prüfungen in einem **Ergänzungsfach** über Module im Umfang von 16–24 Leistungspunkten abzulegen. Dieses Ergänzungsfach kann eines der mathematischen Fächer von 1. – 4. sein, die in (a) nicht gewählt wurden, oder eines der folgenden Anwendungsfächer:

5. Informatik
6. Physik
7. Wirtschaftswissenschaften
8. Maschinenbau
9. Elektrotechnik

Die Module dieser Anwendungsfächer werden von den jeweiligen Fakultäten Informatik, Physik, Wirtschaftswissenschaften, Maschinenbau bzw. Elektrotechnik und Informationstechnik angeboten. Es können Module aus dem Master- und dem fortgeschrittenen Bachelorprogramm der jeweiligen Fakultät gewählt werden. Die Module werden durch den Studienberater individuell zugelassen. In Zweifelsfällen entscheidet der Prüfungsausschuss.

(c) Es müssen außerdem in einem **Wahlpflichtfach Mathematik** Module aus den mathematischen Fächern der Liste 1. – 4. im Umfang von 14–22 Leistungspunkten nachgewiesen werden. Diese Module können auch Seminarmodule sein.

Die in (b) und (c) nachgewiesenen Punkte müssen zusammen 38 Leistungspunkte erreichen. In den mathematischen Fächern in a) und b) können nur Vorlesungsmodule gewählt werden.

Ferner müssen zwei Seminarmodule der Fakultät für Mathematik über je 3 Leistungspunkte abgelegt werden sowie 6 Leistungspunkte an Schlüsselqualifikationen (siehe Abschnitt 1.6).

Es wird ein (freiwilliges) Praktikum empfohlen. Der Aufwand wird mit 8 Leistungspunkten angesetzt, wenn am Ende ein kurzer Bericht abgegeben und eine Kurzpräsentation gehalten wird. Diese Leistungspunkte werden als Zusatzqualifikation gewertet.

---

<sup>2</sup>Im Falle von Modulen, die im Bachelorstudium an einer anderen Universität eingebracht worden sind, wird im Rahmen der Zulassung zum Masterstudiengang Mathematik die Vergleichbarkeit mit den Modulen des Karlsruher Instituts für Technologie festgelegt.



Mathematisches Fach 1 (16 LP)	Mathematisches Fach 2 (24 LP)
Ergänzungsfach (16-24 LP)	Wahlpflichtfach Mathematik (14-22 LP)
Ergänzungsfach und Wahlpflichtfach müssen zusammen 38 LP ergeben.	
Zwei Seminare (6 LP)	Schlüsselqualifikationen (6 LP)
Masterarbeit (30 LP)	

## 1.4 Einführende Module in den mathematischen Fächern

Die folgenden Module eignen sich besonders gut zur Einführung in die mathematischen Fächer des Masterbereichs. Sie werden regelmäßig, d.h. mindestens in jedem zweiten Jahr angeboten, und entsprechen einem Arbeitsaufwand von 8 Leistungspunkten (falls nicht anders angegeben).

### • Fach Algebra und Geometrie

- Algebra (4+2 SWS, Ws)<sup>3</sup>
- Differentialgeometrie (4+2 SWS, Ws)
- Geometrische Gruppentheorie (4+2 SWS, Ss)

Diese Lehrveranstaltungen werden jährlich angeboten und unseren Studierenden im Bachelorstudium zur Vertiefung empfohlen. Wenn sie dort nicht belegt worden sind, so empfehlen wir sie als wichtige Einstiegsmodule in das Fach Algebra und Geometrie. Wurden diese Module schon im Bachelorstudium gehört, so empfehlen wir die folgenden Module zur Einführung. Sie setzen nur eine – und im Folgenden angegebene – der einführenden Vorlesungen voraus.

- Symmetrische Räume (4+2 SWS) (Voraussetzung: Riemannsche Geometrie)
- Algebraische Zahlentheorie (4+2 SWS) (Voraussetzung: Algebra)
- Algebraische Geometrie (4+2 SWS) (Voraussetzung: Algebra)
- Globale Differentialgeometrie (4+2 SWS) (Voraussetzung: Riemannsche Geometrie)
- Stochastische Geometrie (4+2 SWS)<sup>4</sup> (Voraussetzung: Modul Wahrscheinlichkeitstheorie aus dem Bachelorstudium)

### • Fach Analysis

- Funktionalanalysis (4+2 SWS, Ws)
- Spektraltheorie (4+2 SWS, Ss)
- Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen (4+2 SWS, Ws)
- Rand- und Eigenwertprobleme (4+2 SWS, Ss)

<sup>3</sup>SWS = Semesterwochenstunde in Vorlesung + Übung, Ws = Wintersemester, Ss = Sommersemester.

<sup>4</sup>Dieses Modul kann wahlweise dem Fach Stochastik oder dem Fach Algebra und Geometrie zugeordnet werden.



Die genannten Lehrveranstaltungen werden ebenfalls jährlich angeboten und unseren Studierenden im Bachelorstudium zur Vertiefung empfohlen. Wenn sie dort nicht belegt worden sind, so empfehlen wir sie als wichtige Einstiegsmodule in das Fach Analysis. Wurden diese Module schon im Bachelorstudium gehört, so empfehlen wir die folgenden Module zur Einführung. Sie setzen nur eine – und im Folgenden angegebene – der einführenden Vorlesungen voraus.

- Evolutionsgleichungen (4+2 SWS) (Voraussetzung: Funktionalanalysis)
- Fourieranalysis (4+2 SWS) (Voraussetzung: Funktionalanalysis)
- Integralgleichungen (4+2 SWS) (Voraussetzung: Funktionalanalysis)
- Modelle der Mathematischen Physik (4+2 SWS) (Voraussetzung: Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen)
- Randwertprobleme für nichtlineare Differentialgleichungen (4+2 SWS) (Voraussetzung: Rand- und Eigenwertprobleme)

#### • Fach Angewandte und Numerische Mathematik

- Numerische Methoden für Differentialgleichungen (4+2 SWS, Ws)
- Einführung in das Wissenschaftliche Rechnen (3+3 SWS, Ss)
- Löser für lineare und nichtlineare Gleichungssysteme (4+2 SWS, Ss)
- Inverse Probleme (4+2 SWS, Ws)

Die Vorlesung „Löser für lineare und nichtlineare Gleichungssysteme“ wird in der Regel jedes zweite Jahr gelesen. Die anderen drei dieser Lehrveranstaltungen werden jährlich angeboten. Alle vier Module können schon im Bachelorstudium zur Vertiefung gewählt werden. Wenn sie dort nicht belegt worden sind, so empfehlen wir sie als wichtige Einstiegsmodule in das Fach Angewandte und Numerische Mathematik. Wurden diese Module schon im Bachelorstudium gehört, so empfehlen wir die folgenden Module zur Einführung. Sie setzen nur eine – und im Folgenden angegebene – der einführenden Vorlesungen voraus.<sup>5</sup>

- Finite Elemente Methoden (4+2 SWS) (Voraussetzung: Numerische Methoden für Differentialgleichungen)
- Numerische Optimierungsmethoden (4+2 SWS) (Voraussetzung: Optimierungstheorie aus dem Bachelorstudium)
- Numerische Methoden für zeitabhängige partielle Differentialgleichungen (4+2 SWS) (Voraussetzung: Numerische Methoden für Differentialgleichungen)
- Numerische Methoden in der Finanzmathematik (4+2 SWS) (Voraussetzung: Numerische Methoden für Differentialgleichungen)

#### • Fach Stochastik

Generell wird das Modul „Wahrscheinlichkeitstheorie“ aus dem Bachelorstudium vorausgesetzt. Weitere Voraussetzungen werden nicht benötigt.

- Finanzmathematik in diskreter Zeit (4+2 SWS, Ws)
- Statistik (4+2 SWS, Ws)

Diese Lehrveranstaltungen werden jährlich angeboten und unseren Studierenden im Bachelorstudium zur Vertiefung empfohlen. Wenn sie dort nicht belegt worden sind, können sie auch im Masterstudium belegt werden. Wurden diese Module schon im Bachelorstudium gehört, so empfehlen wir die folgenden Module zur Einführung.

- Finanzmathematik in stetiger Zeit (4+2 SWS)
- Asymptotische Stochastik (4+2 SWS)
- Räumliche Stochastik (4+2 SWS)
- Stochastische Geometrie (4+2 SWS)<sup>6</sup>
- Brownsche Bewegung (2+1 SWS, 4 LP)
- Perkolation (2+1 SWS, 4 LP)
- Generalisierte Regressionsmodelle (2+1 SWS, 4 LP)

<sup>5</sup>Zum Teil sind zusätzliche Analysiskenntnisse erforderlich (etwa das Modul (G8) „Differentialgleichungen und Hilberträume“ aus dem Bachelorstudiengang), die in den jeweiligen Modulbeschreibungen genauer spezifiziert sind.

<sup>6</sup>Dieses Modul kann wahlweise dem Fach Stochastik oder dem Fach Algebra und Geometrie zugeordnet werden.

## 1.5 Weiterführende Module in den mathematischen Fächern

Im Modulhandbuch werden zahlreiche weitere, unregelmäßig angebotene Module aufgeführt. Diese bauen auf den in Abschnitt 1.4 genannten Modulen auf und vertiefen die jeweiligen Arbeitsgebiete. Sie ermöglichen, ergänzt durch den Besuch von Seminaren, die Anfertigung einer Masterarbeit in einem Spezialgebiet.

## 1.6 Schlüsselqualifikationen

Teil des Studiums ist auch der Erwerb von Schlüssel- und überfachlichen Qualifikationen. Zu diesem Bereich zählen überfachliche Veranstaltungen zu gesellschaftlichen Themen, fachwissenschaftliche Ergänzungsangebote, welche die Anwendung des Fachwissens im Arbeitsalltag vermitteln, Kompetenztrainings zur gezielten Schulung von Soft Skills sowie Fremdsprachentrainings im fachwissenschaftlichen Kontext.

Die innerhalb des Masterstudiengangs Mathematik integrativ vermittelten Schlüsselkompetenzen lassen sich dabei den folgenden Bereichen zuordnen:

- **Basiskompetenzen** (soft skills)

1. Teamarbeit, soziale Kommunikation (Arbeit in Kleingruppen, gemeinsames Bearbeiten der Hausaufgaben und Nacharbeiten des Vorlesungsstoffes)
2. Präsentationserstellung und -techniken (Seminarvorträge)
3. Logisches und systematisches Argumentieren und Schreiben (im Tutorium bzw. Seminar, beim Ausarbeiten der Vorträge und Verfassen der Hausaufgaben)
4. Englisch als Fachsprache

- **Orientierungswissen**

1. Vermittlung von interdisziplinärem Wissen über das Anwendungsfach
2. Medien, Technik und Innovation

Neben der integrativen Vermittlung von Schlüsselqualifikationen ist der additive Erwerb von Schlüsselqualifikationen im Umfang von mindestens 6 Leistungspunkten vorgesehen. Im Modul Schlüsselqualifikationen können Veranstaltungen des House of Competence (HoC), des Sprachenzentrums oder des Zentrums für Angewandte Kulturwissenschaften (ZAK) belegt werden. Das aktuelle Angebot ergibt sich aus dem semesterweise aktualisierten Veranstaltungsprogramm. Die Inhalte werden in den Beschreibungen der Veranstaltungen auf den Internetseiten des HoC (<http://www.hoc.kit.edu/studium>), des ZAK (<http://www.zak.kit.edu/sq>) und des Sprachenzentrums (<http://www.spz.kit.edu/>) detailliert erläutert. In dem hier integrierten Modulhandbuch werden deswegen im Gegensatz zu den fakultätsinternen Lehrveranstaltungen die einzelnen Lehrveranstaltungen nicht aufgeführt, sondern lediglich ein Überblick über die einzelnen Wahlbereiche gegeben.

## 2 Nützliches und Informatives

### Das Modulhandbuch

Grundsätzlich gliedert sich das Studium in das **Fach** Mathematik und ein Ergänzungsfach, die Mathematik wiederum ist in mathematische Fächer gegliedert. Das Lehrangebot jedes mathematischen Faches ist in Module aufgeteilt. Jedes **Modul** besteht aus einer oder mehreren aufeinander bezogenen **Lehrveranstaltungen**. Der Umfang jedes Moduls ist durch Leistungspunkte gekennzeichnet, die nach erfolgreichem Absolvieren des Moduls gutgeschrieben werden. Bei der Auswahl der Lehrveranstaltungen besteht eine dem interdisziplinären Charakter des Studiengangs angemessene große Anzahl von individuellen **Wahl- und Vertiefungsmöglichkeiten**. Damit wird es dem Studierenden möglich, das Studium sowohl inhaltlich als auch zeitlich auf die persönlichen Bedürfnisse, Interessen und beruflichen Perspektiven zuzuschneiden.

Das **Modulhandbuch** beschreibt die zum Studiengang gehörigen Module des Faches Mathematik, ihre Zusammensetzung und Größe, ihre Abhängigkeiten untereinander, ihre Lernziele, die Art der Erfolgskontrolle und die Bildung der Note eines Moduls. Es gibt somit die notwendige Orientierung und ist ein hilfreicher Begleiter im Studium.

Das Modulhandbuch ersetzt aber nicht das **Vorlesungsverzeichnis**, das zu jedem Semester über die aktuell stattfindenden Veranstaltungen und die entsprechenden variablen Daten (z.B. Zeit und Ort der Lehrveranstaltung) informiert.

### Beginn und Abschluss eines Moduls

Jedes Modul und jede Lehrveranstaltung darf nur jeweils einmal angerechnet werden. Die Entscheidung über die Zuordnung einer Lehrveranstaltung zu einem Gebiet oder Modul trifft der Studierende in dem Moment, in dem er sich zur entsprechenden Prüfung anmeldet. Um zu einer Prüfung in einem Modul zugelassen zu werden, muss beim Studienbüro eine Erklärung über die Wahl des betreffenden Moduls abgegeben werden.

**Abgeschlossen** bzw. bestanden ist ein Modul dann, wenn die Modulprüfung bestanden wurde (Note min. 4,0) oder wenn alle dem Modul zugeordneten Modulteilprüfungen bestanden wurden (Note min. 4,0).

### Gesamt- oder Teilprüfungen

Modulprüfungen können in einer Gesamtprüfung oder in Teilprüfungen abgelegt werden. Wird die **Modulprüfung als Gesamtprüfung** angeboten, wird der gesamte Umfang der Modulprüfung zu einem Termin geprüft. Ist die **Modulprüfung in Teilprüfungen** gegliedert, kann die Modulprüfung über mehrere Semester hinweg z.B. in Einzelprüfungen zu den dazugehörigen Lehrveranstaltungen abgelegt werden.

Die Anmeldung zu den jeweiligen Prüfungen erfolgt online über die Selbstbedienungsfunktion im Studierendenportal des KIT. Auf <https://studium.kit.edu> sind unter anderem folgende Funktionen möglich:

- Prüfung an-/abmelden
- Prüfungsergebnisse abfragen
- Notenauszüge erstellen

### Wiederholung von Prüfungen

Wer eine Prüfung nicht besteht, kann diese grundsätzlich einmal wiederholen. Wenn auch die **Wiederholungsprüfung** (inklusive evtl. vorgesehener mündlicher Nachprüfung) nicht bestanden wird, ist der **Prüfungsanspruch** verloren. Anträge auf eine **Zweitwiederholung** einer Prüfung müssen vom Prüfungsausschuss genehmigt werden. Ein Antrag auf Zweitwiederholung muss gleich nach Verlust des Prüfungsanspruches gestellt werden.

### Zusatzleistungen

Eine Zusatzleistung ist eine freiwillige, zusätzliche Prüfung, deren Ergebnis nicht für die Gesamtnote berücksichtigt wird. Sie muss bei Anmeldung zur Prüfung im Studienbüro als solche deklariert werden und kann nachträglich nicht als Pflichtleistung verbucht werden. Zusatzleistungen können im Umfang von höchstens 20 Leistungspunkten erworben werden. Das Ergebnis maximal zweier Module, die jeweils mindestens 9 Leistungspunkte umfassen

müssen, können in das Zeugnis mit aufgenommen werden. Im Rahmen der Zusatzmodule können alle im Modulhandbuch definierten Module abgelegt werden. Darüber hinaus kann der Prüfungsausschuss auf Antrag auch Module genehmigen, die dort nicht enthalten sind.

### **Alles ganz genau ...**

Alle Informationen rund um die rechtlichen und amtlichen Rahmenbedingungen des Studiums finden sich in der Studien- und Prüfungsordnung des Studiengangs.

### **Verwendete Abkürzungen**

LP	Leistungspunkte/ECTS
LV	Lehrveranstaltung
Sem.	Semester
SPO	Studien- und Prüfungsordnung
SWS	Semesterwochenstunde
Ü	Übung
V	Vorlesung
T	Tutorium

### **3 Aktuelle Änderungen**

An dieser Stelle sind hervorgehobene Änderungen zur besseren Orientierung zusammengetragen. Es besteht jedoch kein Anspruch auf Vollständigkeit.

## 4 Module

### 4.1 Alle Module

#### Modul: Differentialgeometrie [MATHMMAG04]

**Koordination:** W. Tuschmann  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Wintersemester	1	4

#### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
1036	Differentialgeometrie	4/2	W	8	S. Grensing , E. Leuzinger, G. Link, W. Tuschmann

#### Erfolgskontrolle

Prüfung: schriftliche Prüfung (ca. 120 Minuten).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

#### Bedingungen

Keine.

#### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Lineare Algebra I, II  
 Analysis I, II  
 Einführung in Geometrie und Topologie

#### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- können grundlegende Aussagen und Techniken der modernen Differentialgeometrie näher erörtern und anwenden,
- sind mit exemplarischen Anwendungen der Differentialgeometrie vertraut,
- können weiterführende Seminare und Vorlesungen im Bereich der Differentialgeometrie und Topologie besuchen.

#### Inhalt

Mannigfaltigkeiten  
 Tensoren  
 Riemannsche Metriken  
 Lineare Zusammenhänge  
 Kovariante Ableitung  
 Parallelverschiebung  
 Geodätische  
 Krümmungstensor und Krümmungsbegriffe

Optional:

Bündel  
 Differentialformen  
 Satz von Stokes

#### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



**Modul: Algebra [MATHMMAG05]**

**Koordination:** F. Herrlich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b> 8	<b>Zyklus</b> Jedes 2. Semester, Wintersemester	<b>Dauer</b> 1	<b>Level</b> 4
-------------------------	--	-------------------	-------------------

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
1031	Algebra	4/2	W	8	F. Herrlich, S. Kühnlein, C. Schmidt, G. Weitze- Schmithüsen

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (30 min.) (nach §4(2), 2 SPO).  
 Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Lineare Algebra  
 Einführung in Algebra und Zahlentheorie

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen können

- wesentliche Konzepte der Algebra nennen und erörtern,
- den Aufbau der Galoistheorie nachvollziehen und ihre Aussagen auf konkrete Fragestellungen anwenden,
- grundlegende Resultate über Bewertungsringe und ganze Ringerweiterungen nennen und zueinander in Beziehung setzen,
- und sind darauf vorbereitet, eine Abschlussarbeit im Bereich Algebra zu schreiben

**Inhalt**

- **Körper:** algebraische Körpererweiterungen, Galoistheorie, Einheitswurzeln und Kreisteilung, Lösen von Gleichungen durch Radikale
- **Bewertungen:** Beträge, Bewertungsringe
- **Ringtheorie:** Tensorprodukt von Moduln, ganze Ringerweiterungen, Normalisierung, noethersche Ringe, Hilbertscher Basissatz

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Konvexe Geometrie [MATHMMAG07]

**Koordination:** D. Hug  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
1044	Konvexe Geometrie	4/2	W/S	8	D. Hug

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

keine

### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen grundlegende kombinatorische, geometrische und analytische Eigenschaften von konvexen Mengen und konvexen Funktionen und wenden diese auf verwandte Problemstellungen an,
- sind mit grundlegenden geometrischen und analytischen Ungleichungen für Funktionale konvexer Mengen und ihren Anwendungen auf geometrische Extremalprobleme vertraut und können zentrale Beweisideen und Beweistechniken angeben,
- kennen ausgewählte Integralformeln für konvexe Mengen und die hierfür erforderlichen Grundlagen über invariante Maße.
- können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten

### Inhalt

1. Konvexe Mengen
  - 1.1. Kombinatorische Eigenschaften
  - 1.2. Trennungs- und Stützeigenschaften
  - 1.3. Extremale Darstellungen
2. Konvexe Funktionen
  - 2.1. Grundlegende Eigenschaften
  - 2.2. Regularität
  - 2.3. Stützfunktion
3. Brunn-Minkowski-Theorie
  - 3.1. Hausdorff-Metrik
  - 3.2. Volumen und Oberfläche
  - 3.3. Gemischte Volumina
  - 3.4. Geometrische Ungleichungen
  - 3.5. Oberflächenmaße
  - 3.6. Projektionsfunktionen
4. Integralgeometrische Formeln
  - 4.1. Invariante Maße
  - 4.2. Projektions- und Schnittformeln

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes

- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Algebraische Zahlentheorie [MATHMMAG09]

**Koordination:** C. Schmidt  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG09	Algebraische Zahlentheorie	4/2	W/S	8	F. Januszewski , S. Kühnlein, C. Schmidt

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (30 min.) (nach §4(2), 2 SPO).  
 Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Algebra“ werden vorausgesetzt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- verstehen grundlegende Strukturen und Denkweisen der Algebraischen Zahlentheorie,
- erkennen die Bedeutung der abstrakten Begriffsbildungen für konkrete Fragestellungen,
- sind grundsätzlich in der Lage, aktuelle Forschungsarbeiten zu lesen und eine Abschlussarbeit auf dem Gebiet der Algebraischen Zahlentheorie zu schreiben.

### Inhalt

- Algebraische Zahlkörper: Ganzheitsringe, Minkowskitheorie, Klassengruppe und Dirichletscher Einheitsensatz
- Erweiterung von Zahlkörpern: Verzweigungstheorie, Galoistheoretische Fragestellungen
- Lokale Körper: Satz von Ostrowski, Bewertungstheorie, Lemma von Hensel, Erweiterungen lokaler Körper

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Algebraische Geometrie [MATHMMAG10]**

**Koordination:** F. Herrlich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG10	Algebraische Geometrie	4/2	W/S	8	F. Herrlich, S. Kühnlein, G. Weitze-Schmithüsen

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (30 min.) (nach §4(2), 2 SPO).  
 Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Einführung in Algebra und Zahlentheorie  
 Algebra

**Qualifikationsziele**

Absolventen und Absolventinnen können

- grundlegende Konzepte der Theorie der algebraischen Varietäten nennen und erörtern,
- Hilfsmittel aus der Algebra, insbesondere der Theorie der Polynomringe, auf geometrische Fragestellungen anwenden,
- wichtige Resultate der klassischen algebraischen Geometrie erläutern und auf Beispiele anwenden,
- und sind darauf vorbereitet, Forschungsarbeiten aus der algebraischen Geometrie zu lesen und eine Abschlussarbeit in diesem Bereich zu schreiben.

**Inhalt**

- Hilbertscher Nullstellensatz
- affine und projektive Varietäten
- Morphismen und rationale Abbildungen
- nichtsinguläre Varietäten
- algebraische Kurven
- Satz von Riemann-Roch

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Geometrie der Schemata [MATHMMAG11]

**Koordination:** F. Herrlich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG11	Geometrie der Schemata	4/2	W/S	8	F. Herrlich, S. Kühnlein, G. Weitze-Schmithüsen

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (30 min.) (nach §4(2), 2 SPO).  
 Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Algebra  
 Algebraische Geometrie

### Qualifikationsziele

Absolventen und Absolventinnen können

- das Konzept der algebraischen Schemata erläutern und in Zusammenhang mit algebraischen Varietäten bringen,
- grundlegende Eigenschaften von Schemata nennen und erörtern,
- mit Garben auf Schemata umgehen und Eigenschaften von Garben untersuchen,
- und sind grundsätzlich in der Lage, Forschungsarbeiten zur algebraischen Geometrie zu lesen und eine Abschlussarbeit in diesem Bereich anzufertigen.

### Inhalt

- Garben von Moduln
- affine Schemata
- Varietäten und Schemata
- Morphismen zwischen Schemata
- kohärente und quasikohärente Garben
- Kohomologie von Garben

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Geometrische Gruppentheorie [MATHMMAG12]**

**Koordination:** R. Sauer  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG12	Geometrische Gruppentheorie	4/2	S	8	F. Herrlich, E. Leuzinger, G. Link, R. Sauer, P. Schwer, W. Tuschmann, G. Weitzschmuth

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (30min) (nach §4(2), 2 SPO). Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung. Die Prüfung wird jedes Semester angeboten und kann zu jedem ordentlichen Prüfungstermin wiederholt werden.

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Die Inhalte des Moduls „Einführung in Geometrie und Topologie“ werden benötigt. Das Modul „Einführung in Algebra und Zahlentheorie“ ist hilfreich.

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen

- erkennen Wechselwirkungen zwischen Geometrie und Gruppentheorie,
- verstehen grundlegende Strukturen und Techniken der Geometrischen Gruppentheorie und können diese nennen, diskutieren und anwenden,
- kennen und verstehen Konzepte und Resultate aus der Grobgeometrie,
- sind darauf vorbereitet, aktuelle Forschungsarbeiten aus dem Bereich der Geometrischen Gruppentheorie zu lesen.

**Inhalt**

- Endlich erzeugte Gruppen und Gruppenpräsentationen
- Cayley-Graphen und Gruppenaktionen
- Quasi-Isometrien von metrischen Räumen, quasi-isometrische Invarianten und der Satz von Schwarz-Milnor
- Beispielklassen für Gruppen, z.B. hyperbolische Gruppen, Fuchssche Gruppen, amenable Gruppen, Zopfgruppen, Thompson-Gruppe

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



**Modul: Modulformen [MATHAG23]**

**Koordination:** C. Schmidt  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b> 8	<b>Zyklus</b> Unregelmäßig	<b>Dauer</b> 1	<b>Level</b> 4
-------------------------	-------------------------------	-------------------	-------------------

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
Modulformen	Modulformen	4/2		8	F. Januszewski , S. Kühnlein, C. Schmidt

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (30 min.) (nach §4(2), 2 SPO).  
 Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung.

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Die Inhalte der Module „Einführung in Algebra und Zahlentheorie“ und „Funktionentheorie“ werden vorausgesetzt.

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen

- verstehen grundlegende Fragestellungen aus der Theorie der Modulformen,
- erkennen die Relevanz analytischer Resultate für arithmetische Probleme,
- sind grundsätzlich in der Lage, aktuelle Forschungsarbeiten zu lesen und eine Abschlussarbeit auf dem Gebiet der Modulformen zu schreiben.

**Inhalt**

- Modulgruppe: Obere Halbebene und Möbiustransformationen, Fundamentalbereiche, Eisensteinreihen, Modulformen, Dimensionsformel
- Kongruenzuntergruppen: Petersson-Skalarprodukt, Hecke-Operatoren, Atkin-Lehner-Theorie der Neufolgen
- L-Reihen: Mellintransformation, Funktionalgleichung, Eulerprodukt der L-Reihe von Hecke-Eigenformen

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Geometrische Gruppentheorie II [MATHAG24]

**Koordination:** G. Weitze-Schmithüsen  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
GGTIIVorl	Geometrische Gruppentheorie II	4+2		8	F. Herrlich, E. Leuzinger, R. Sauer, P. Schwer, G. Weitze-Schmithüsen

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (30min) (nach §4(2), 2 SPO). Die Modulnote ist die Note der mündlichen Prüfung. Die Prüfung wird jedes Semester angeboten und kann zu jedem ordentlichen Prüfungstermin wiederholt werden.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Geometrische Gruppentheorie I, Differentialgeometrie

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- haben ein tieferes Verständnis für exemplarische Objekte und Konzepte im Bereich der geometrischen Gruppentheorie
- können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten
- sind darauf vorbereitet, aktuelle Forschungsarbeiten zu lesen und Abschlussarbeiten im Umfeld der geometrischen Gruppentheorie zu schreiben

### Inhalt

Ausgewählte Themen der geometrischen Gruppentheorie wie z.B.

- Gromov-hyperbolische Räume
- Lie-Gruppen und diskrete Untergruppen
- Symmetrische Räume und arithmetische Gruppen
- Automorphismen-Gruppen von freien Gruppen
- Teichmüller-Räume und Abbildungsklassengruppen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Graphentheorie [MATHAG26]**

**Koordination:** M. Axenovich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
GraphTH	Graphentheorie	4+2	W/S	8	M. Axenovich

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Prüfung (3h). Durch die erfolgreiche Teilnahme am Übungsbetrieb als Erfolgskontrolle anderer Art kann ein Bonus erworben werden. Liegt die Note der schriftlichen Prüfung zwischen 4,0 und 1,3, so verbessert der Bonus die Note um eine Notenstufe (0,3 oder 0,4).

Der Bonus gilt nur für die Haupt- und Nachklausur des Semesters, in dem er erworben wurde.

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein (Empfehlung):  
 Lineare Algebra 1+2, Analysis 1+2

**Qualifikationsziele**

Die Lernziele umfassen: Verständnis struktureller und algorithmischer Eigenschaften von Graphen, Kenntnisse über Färbung von Graphen, unvermeidliche Strukturen in Graphen, probabilistische Methoden, Eigenschaften großer Graphen

**Inhalt**

Der Kurs über Graphentheorie spannt den Bogen von den grundlegenden Grapheneigenschaften, die auf Euler zurückgehen, bis hin zu modernen Resultaten und Techniken in der extremalen Graphentheorie. Insbesondere werden die folgenden Themen behandelt: Struktur von Bäumen, Pfade, Zykel, Wege in Graphen, unvermeidliche Teilgraphen in dichten Graphen, planare Graphen, Graphenfärbung, Ramsey-Theorie, Regularität in Graphen.

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Globale Differentialgeometrie [MATHAG27]

**Koordination:** W. Tuschmann  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG27	Globale Differentialgeometrie	4/2	W/S	8	S. Grensing , W. Tuschmann

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung (ca. 30 Minuten).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Empfehlenswert sind Vorkenntnisse im Rahmen der Vorlesungen „Einführung in Geometrie und Topologie“ und „Differentialgeometrie“.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- haben ein tieferes Verständnis exemplarischer Konzepte und Methoden der Globalen Differentialgeometrie und Riemannschen Geometrie erworben,
- sind auf eigenständige Forschung und weiterführende Seminare im Gebiet der Differentialgeometrie vorbereitet.

### Inhalt

- Existenz- und Hindernissätze für Metriken mit besonderen Eigenschaften
- Geometrische Endlichkeits- und Klassifikationsresultate
- Geometrische Limiten
- Gromov-Hausdorff- und Lipschitz-Konvergenz Riemanscher Mannigfaltigkeiten

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Kombinatorik in der Ebene [MATHAG28]**

**Koordination:** M. Axenovich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
7	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG28	Kombinatorik in der Ebene	3/2	W/S	7	M. Axenovich, T. Ueckerdt

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: mündliche Prüfung, Dauer 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Qualifikationsziele**

Kennenlernen einiger grundlegender Konzepte der kombinatorischen Geometrie wie ebene Punktmengen, Ueberschneidungsmuster, partielle Ordnungen und geometrische Arrangements.

Erlernen von Fertigkeiten zum Umgang mit Faerbungsproblemen, Darstellungsfragen, Zaehlproblemen und Online-Problemen.

**Inhalt**

Diese Vorlesung ist eine Einfuehrung in eine Vielzahl von Standard- und Nichtstandard-Konzepten der ebenen Kombinatorik. Dies beinhaltet unter anderem ebene Punktmengen, Ueberschneidungsmuster, partielle Ordnungen und geometrische Arrangements.

Alle Konzepte werden problemorientiert vorgestellt, werden also mit typischen Fragestellungen aus diesem Gebiet motiviert. Dies sind zum Beispiel Faerbungsprobleme, extremale Fragen, strukturelle Fragen oder Darstellbarkeitsprobleme.

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 210 Stunden

Präsenzzeit: 75 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 135 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes

- Bearbeitung von Übungsaufgaben

- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche

- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Vergleichsgeometrie [MATHAG30]

**Koordination:** W. Tuschmann  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG30	Vergleichsgeometrie	2/2	W/S	5	W. Tuschmann, M. Radeschi

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung (ca. 20 Minuten).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Vorlesung 'Differentialgeometrie'.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen haben ein tieferes Verständnis exemplarischer Konzepte und Methoden der Vergleichsgeometrie, einem Teilgebiet der modernen Differentialgeometrie und Riemannschen Geometrie erworben und sind auf eigenständige Forschung und weiterführende Seminare im Gebiet der Differentialgeometrie vorbereitet.

### Inhalt

The course provides a thorough introduction to comparison theory in Riemannian geometry:

What can be said about a complete Riemannian manifold when (mainly lower) bounds for the sectional or Ricci curvature are given? Starting from the comparison theory for the Riccati ODE which describes the evolution of the principal curvatures of equidistant hypersurfaces, we discuss the global estimates for volume and length given by Bishop-Gromov and Toponogov. An application is Gromov's estimate of the number of generators of the fundamental group and the Betti numbers when lower curvature bounds are given. Using convexity arguments, we prove the "soul theorem" of Cheeger and Gromoll and the sphere theorem of Berger and Klingenberg for nonnegative curvature. If lower Ricci curvature bounds are given we exploit subharmonicity instead of convexity and show the rigidity theorems of Myers-Cheng and the splitting theorem of Cheeger and Gromoll. The Bishop-Gromov inequality shows polynomial growth of finitely generated subgroups of the fundamental group of a space with nonnegative Ricci curvature (Milnor). We also discuss briefly Bochner's method.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: CAT(0) kubische Komplexe [MATHAG32]

**Koordination:** P. Schwer  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG32	CAT(0) kubische Komplexe	4/2	W/S	8	P. Schwer

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30min.).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Einführung in Geometrie und Topologie“ werden benötigt. Das Modul „Geometrische Gruppentheorie“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- lernen Methoden und Ergebnisse aus dem Bereich der CAT(0) Räume und darauf wirkender Gruppen kennen. Sie verstehen die besondere Rolle der CAT(0) kubischen Komplexe.
- sind in der Lage, Methoden und Techniken aus dem Bereich der CAT(0) Räume und Gruppen zu benennen, zu diskutieren und anzuwenden.
- sind darauf vorbereitet, aktuelle Forschungsarbeiten im Gebiet der kubischen Komplexe und darauf wirkender Gruppen zu lesen.

### Inhalt

- Geometrie der CAT(0) Räume
- Elementare Eigenschaften von CAT(0) Gruppen
- Geometrische Struktur von CAT(0) kubischen Komplexen
- Kubulierung von Gruppen und Posets
- Beispielklassen für CAT(0) Räume (z.B. symmetrische Räume, Gebäude), CAT(0) Gruppen, sowie CAT(0) kubischen Gruppen (z.B. Coxetergruppen)

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Algebraische Topologie [MATHAG34]

**Koordination:** R. Sauer  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG34	Algebraische Topologie	4/2	W/S	8	H. Kammeyer, R. Sauer

### Erfolgskontrolle

Mündliche Prüfung im Umfang von 25 min.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Einführung in die Geometrie und Topologie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- können die Homologie grundlegender Beispielsräume berechnen,
- beherrschen elementare Techniken der homologischen Algebra (Diagrammjagd),
- können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten

### Inhalt

- CW-Komplexe
- Satz von Seifert und van Kampen
- Homotopiegruppen
- Singuläre Homologie und Kohomologie
- Grundzüge der homologischen Algebra (Projektive Auflösung, Tor, Ext)

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Einführung in die geometrische Maßtheorie [MATHAG35]

**Koordination:** S. Winter  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG35	Einführung in die geometrische Maß- theorie	3/1	W/S	6	S. Winter

### Erfolgskontrolle

Prüfung: mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Lineare Algebra 1+2, Analysis 1-3

### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen grundlegende Aussagen und Beweistechniken der geometrischen Maßtheorie,
- sind mit exemplarischen Anwendungen von Methoden der geometrischen Maßtheorie vertraut und wenden diese an,
- können reflexiv und selbstorganisiert arbeiten.

### Inhalt

- Maß und Integral
- Überdeckungssätze
- Hausdorff-Maße
- Differentiation von Maßen
- Lipschitzfunktionen und Rektifizierbarkeit
- Flächen- und Koflächenformel
- Ströme
- Anwendungen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Kombinatorik [MATHAG37]

**Koordination:** M. Axenovich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG37	Kombinatorik	4/2	S	8	M. Axenovich, T. Ueckerdt

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Prüfung (3h). Durch die erfolgreiche Teilnahme am Übungsbetrieb als Erfolgskontrolle anderer Art kann ein Bonus erworben werden. Liegt die Note der schriftlichen Prüfung zwischen 4,0 und 1,3, so verbessert der Bonus die Note um eine Notenstufe (0,3 oder 0,4).

Der Bonus gilt nur für die Haupt- und Nachklausur des Semesters, in dem er erworben wurde.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Lineare Algebra“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Techniken der Kombinatorik nennen, erörtern und anwenden,
- typische kombinatorische Fragestellungen analysieren und lösen,
- spezifische Themenbereiche interpretieren und beurteilen,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Abzählen und Bijektionen  
- Inklusion-Exklusion
- Catalan-Familien
- Permutationen und Young Tableaux
  - Erzeugende Funktionen
  - Partielle Ordnungen
  - Kombinatorische Designs und Codes
  - Polya Theorie

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: L2-Invarianten [MATHAG38]**

**Koordination:** H. Kammeyer  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
5	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG38	L2-Invarianten	2/2	W/S	5	H. Kammeyer, R. Sauer

**Erfolgskontrolle**

Mündliche Prüfung (ca. 25 Minuten).  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Inhalte der Module „Einführung in Geometrie und Topologie“ (Fundamentalgruppe und Überlagerungen) sowie „Algebraische Topologie“ (CW-Komplexe, Kettenkomplexe, Homologie) werden benötigt.

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen

- verstehen Motivation und Umsetzung der Definitionen von L2-Invarianten,
- kennen Methodik und Werkzeuge, sie in einfachen Beispielen zu berechnen,
- wissen um die Relevanz der L2-Invarianten in verschiedenen mathematischen Gebieten und können sie in diesen Zusammenhängen einsetzen.

**Inhalt**

- Hilbertmoduln und von-Neumann-Dimension
- L2-Betti-Zahlen von CW-Komplexen und Gruppen
- Novikov-Shubin-Invarianten
- Fuglede-Kadison-Determinante und L2-Torsion

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Gruppenwirkungen in der Riemannschen Geometrie [MATHAG40]

**Koordination:** W. Tuschmann  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG40	Gruppenwirkungen in der Riemannschen Geometrie	2/2	W/S	5	W. Tuschmann

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung (ca. 20min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Differentialgeometrie“ werden empfohlen.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- verstehen grundlegende Fragestellungen aus der Theorie der Gruppenwirkungen auf Riemannschen Mannigfaltigkeiten,
- erkennen die Relevanz der Gruppenwirkungen für Probleme in der Riemannschen Geometrie,
- sind grundsätzlich in der Lage, aktuelle Forschungsarbeiten zu lesen und eine Abschlussarbeit auf dem Gebiet der Gruppenwirkungen auf Riemannschen Mannigfaltigkeiten zu schreiben.

### Inhalt

Gruppenwirkungen

- Isotropiegruppen, Bahnen, Bahnenraum.
- Scheibensatz.
- Homogene Räume, Kohomogenität-Eins-Mannigfaltigkeiten.

Geometrie der Bahnenräume

- Elementare Alexandrov-Geometrie.
- Positive Krümmung und Abstandsfunktion.

Krümmung und Gruppenwirkungen

- Der Satz von Hsiang-Kleiner und seine Verallgemeinerungen.
- Symmetrierang von Mannigfaltigkeiten mit positiver Krümmung.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Algebraische Topologie II [MATHAG41]

**Koordination:** R. Sauer  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG41	Algebraische Topologie II	4/2	W/S	8	R. Sauer

### Erfolgskontrolle

Mündliche Prüfung im Umfang von 25 min.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte der Module „Einführung in die Geometrie und Topologie“ und „Algebraische Topologie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- können die Kohomologieringe grundlegender Beispielsräume berechnen,
- beherrschen grundlegende Techniken der homologischen Algebra,
- können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten

### Inhalt

- Singuläre Kohomologie
- Produktstrukturen in der Kohomologie
- Universelle Koeffiziententheoreme der homologischen Algebra
- Poincare Dualität

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Extremale Graphentheorie [MATHAG42]

**Koordination:** M. Axenovich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG42	Extremale Graphentheorie	4/2	W/S	8	M. Axenovich, T. Ueckerdt

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Prüfung (3h).

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Lineare Algebra“ und „Graphentheorie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Techniken der extremalen Graphentheorie nennen, erörtern und anwenden,
- typische graphentheoretische Fragestellungen analysieren und lösen,
- spezifische Themenbereiche interpretieren und beurteilen,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Extremale Funktionen und Graphen
- Turans Satz, Erdos-Stone Satz, Szemerédi Lemma
- Graphenfärbungen
- Ramseytheorie für Graphen und Hypergraphen
- Flüsse und Zirkulationen
- Probabilistische Techniken
- Minoren, Bäume, Wohlquasiordnungen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Spin-Mannigfaltigkeiten, alpha-Invariante und positive Skalarkrümmung [MATHAG43]

**Koordination:** W. Tuschmann  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG43	Spin-Mannigfaltigkeiten, alpha-Invariante und positive Skalarkrümmung	2/2	W/S	5	S. Klaus, W. Tuschmann

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Differentialgeometrie und Globale Differentialgeometrie, Algebraische Topologie

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- verstehen grundlegende Fragestellungen aus der Theorie der Spin-Geometrie und Riemannschen Mannigfaltigkeiten mit positiver Skalarkrümmung;
- erkennen die Relevanz der charakteristischen Klassen und Bordismustheorien für Probleme in der Differentialgeometrie und Riemannschen Geometrie;
- sind grundsätzlich in der Lage, aktuelle Forschungsarbeiten zu lesen und eine Abschlussarbeit auf dem Gebiet der Spin-Geometrie und Riemannschen Mannigfaltigkeiten mit positiver Skalarkrümmung zu schreiben.

### Inhalt

Atiyah-Singer-Index-Theorem, alpha-Invariante von Atiyah und A-Geschlecht, Beweis der Vermutung von Gromov und Lawson über die Existenz von Metriken mit positiver Skalarkrümmung auf einfach einfach-zusammenhängenden Spin-Mannigfaltigkeiten nebst den dazu benötigten Grundlagen aus der Differentialtopologie und Homotopietheorie, wie z.B. K-Theorie, charakteristische Klassen, Chirurgie, Spin-Bordismus, Pontrjagin-Thom-Konstruktion und Adams-Spektralsequenz.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Homotopietheorie [MATHAG44]**

**Koordination:** R. Sauer  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG44	Homotopietheorie	4/2	W/S	8	R. Sauer

**Erfolgskontrolle**

Mündliche Prüfung im Umfang von 25 min.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Die Inhalte der Module „Einführung in die Geometrie und Topologie“ und „Algebraische Topologie I,II“ werden benötigt.

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen

- können Homotopiegruppen und Kohomologiealgebren grundlegender Beispielsräume berechnen
- beherrschen fortgeschrittene Techniken der homologischen Algebra
- können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten

**Inhalt**

- Bordismustheorie
- höhere Homotopiegruppen
- Spektralsequenzen

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Die Riemannsche Zeta-Funktion [MATHAG45]

**Koordination:** F. Januszewski  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Algebra/Geometrie

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAG45	Die Riemannsche Zeta-Funktion	2/1	W/S	4	F. Januszewski

### Erfolgskontrolle

Prüfung: mündliche Prüfung (ca. 20min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Einführung in Algebra und Zahlentheorie, Funktionentheorie

### Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen

- die fundamentalen Eigenschaften der Riemannschen Zeta-Funktion kennenlernen, als Prototyp allgemeiner L-Funktionen
- Relevanz der Zeta-Funktion für zahlentheoretische Fragestellungen, insbesondere Primzahlverteilungen im Rahmen der Riemannschen Vermutung begreifen

### Inhalt

- Definition und Konvergenz, Euler-Produkt-Entwicklung
- Analytische Fortsetzung und Funktionalgleichung
- Anwendungen auf den Primzahlsatz, Riemannsche Vermutung

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Funktionalanalysis [MATHMMAN05]

**Koordination:** R. Schnaubelt  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b> 8	<b>Zyklus</b> Jedes 2. Semester, Wintersemester	<b>Dauer</b> 1	<b>Level</b> 4
-------------------------	--	-------------------	-------------------

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
01048	Funktionalanalysis	4/2	W	8	G. Herzog, D. Hundertmark, T. Lamm, M. Plum, W. Reichel, C. Schmoeger, R. Schnaubelt, L. Weis

### Erfolgskontrolle

Prüfung: schriftliche Prüfung von ca. 120 min.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein (Empfehlung):

Lineare Algebra 1+2

Analysis 1-3

### Qualifikationsziele

Die Studierenden können im Rahmen der metrischen Räume topologische Grundbegriffe wie Kompaktheit erläutern und in Beispielen anwenden. Sie können das Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit, den Banachschen Homomorphiesatz und den Satz von Hahn-Banach wiedergeben und aus ihnen Folgerungen ableiten. Die Theorie dualer Banachräume, (insbesondere schwache Konvergenz, Reflexivität und Banach-Alaoglu) können sie beschreiben und in Beispielen diskutieren. Sie können die Theorie der Fouriertransformation und insbesondere den Satz von Plancherel erläutern und sind in der Lage die  $L^2$  Theorie der Sobolevräume wiederzugeben, und mit diesen Methoden partielle Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten zu lösen.

### Inhalt

- Metrische Räume (topologische Grundbegriffe, Kompaktheit)
- Stetige lineare Operatoren auf Banachräumen (Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit, Homomorphiesatz)
- Dualräume mit Darstellungssätzen, Sätze von Hahn-Banach und Banach-Alaoglu, schwache Konvergenz, Reflexivität
- Fouriertransformation, Satz von Plancherel, schwache Ableitung, Sobolevräume in  $L^2$ , partielle Differentialgleichungen mit konstanten Koeffizienten

Literatur: D. Werner, Funktionalanalysis.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Integralgleichungen [MATHMMAN07]

**Koordination:** F. Hettlich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
IG	Integralgleichungen	4/2		8	T. Arens, F. Hettlich, A. Kirsch

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30min.).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:

Lineare Algebra 1+2

Analysis 1-3

### Qualifikationsziele

Die Studierenden können Integralgleichungen klassifizieren und hinsichtlich Existenz und Eindeutigkeit mittels Methoden der Störungstheorie und der Fredholmtheorie untersuchen. Beweisideen der Herleitung der Fredholmtheorie sowie der Störungstheorie insbesondere bei Faltungsgleichungen können sie beschreiben und erläutern. Darüberhinaus können die Studierenden klassische Randwertprobleme zu gewöhnlichen linearen Differentialgleichungen und zur Potentialtheorie durch Integralgleichungen formulieren und analysieren.

### Inhalt

- Riesz- und Fredholmtheorie
- Fredholmsche und Volterrasche Integralgleichungen
- Anwendungen in der Potentialtheorie
- Faltungsgleichungen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen [MATHMMAN08]**

**Koordination:** M. Plum  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Wintersemester	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
KMPD	Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen	4/2	W	8	D. Hundertmark, T. Lamm, M. Plum, W. Reichel, J. Rottmann-Matthes, R. Schnaubelt, L. Weis

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Gesamtprüfung (120 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Analysis 1+2+3  
 Lineare Algebra 1+2  
 Differentialgleichungen und Hilberträume

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen sind am Ende des Moduls mit grundlegenden Konzepten und Denkweisen auf dem Gebiet der partiellen Differentialgleichungen vertraut. Sie sind in der Lage, explizite Lösungen für gewisse Klassen partieller Differentialgleichungen zu berechnen und kennen Methoden zum Nachweis von qualitativen Eigenschaften von Lösungen.

**Inhalt**

- Beispiele partieller Differentialgleichungen
- Wellengleichung
- Laplace- und Poisson-Gleichung
- Wärmeleitungsgleichung
- Klassische Lösungsmethoden

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Rand- und Eigenwertprobleme [MATHMMAN09]

**Koordination:** W. Reichel  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
RUPEP	Rand- und Eigenwertprobleme	4/2	S	8	D. Hundertmark, T. Lamm, M. Plum, W. Reichel, J. Rottmann-Matthes, R. Schnaubelt, L. Weis

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:

Lineare Algebra 1+2

Analysis 1-3

Differentialgleichungen und Hilberträume

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- die Bedeutung von Rand- und Eigenwertproblemen innerhalb der Mathematik und/oder Physik beurteilen und an Hand von Beispielen illustrieren,
- qualitative Eigenschaften von Lösungen beschreiben,
- mit Hilfe funktionalanalytischer Methoden die Existenz von Lösungen von Randwertproblemen beweisen,
- Aussagen über Existenz von Eigenwerten, Eigenfunktionen von elliptischen Differentialoperatoren treffen sowie deren Eigenschaften beschreiben.

### Inhalt

- Beispiele von Rand- und Eigenwertproblemen
- Maximumprinzipien für Gleichungen 2. Ordnung
- Funktionenräume, z.B. Sobolev-Räume
- Schwache Formulierung linearer elliptischer Gleichungen 2. Ordnung
- Existenz- und Regularitätstheorie elliptischer Gleichungen
- Eigenwerttheorie für schwach formulierte elliptische Eigenwertprobleme

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Spektraltheorie [MATHMMAN10]**

**Koordination:** L. Weis  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
SpekTheo	Spektraltheorie	4/2	S	8	G. Herzog, C. Schmoeger, R. Schnaubelt, L. Weis

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: mündliche Prüfung, ca 30 min.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Lineare Algebra 1+2  
 Analysis 1-3  
 Funktionalanalysis oder Differentialgleichungen und Hilberträume

**Qualifikationsziele**

Die Studenten kennen das Spektrum und die Resolventenfunktion von abgeschlossenen Operatoren auf Banachräumen sowie deren grundlegende Eigenschaften und können diese an einfachen Beispielen erläutern. Sie können die speziellen Spektraleigenschaften kompakter Operatoren sowie die Fredholm'sche Alternative begründen. Sie können mit Hilfe des Funktionalkalküls von Dunford und dem Spektralkalkül für selbstadjungierte Operatoren algebraische Identitäten und Normabschätzungen für Operatoren herleiten. Dies gilt insbesondere für Spektralprojektionen und Spektralabbildungssätze. Sie sind in der Lage diese allgemeine Theorie auf Integral- und Differentialoperatoren anzuwenden und erkennen die Bedeutung der spektraltheoretischen Methoden in der Analysis.

**Inhalt**

- Abgeschlossene Operatoren auf Banachräumen
- Spektrum und Resolvente
- Kompakte Operatoren und Fredholm'sche Alternative
- Funktionalkalkül von Dunford, Spektralprojektionen
- Unbeschränkte selbstadjungierte Operatoren auf Hilberträumen
- Spektralsatz
- Durch Formen definierte Operatoren
- Sektorielle Operatoren
- Anwendungen auf partielle Differentialgleichungen

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Computerunterstützte analytische Methoden für Rand- und Eigenwertprobleme [MATHMMAN11]

**Koordination:** M. Plum  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN11	Computerunterstützte analytische Methoden für Rand- und Eigenwertprobleme	4/2	W/S	8	M. Plum

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Analysis 1+2+3  
 Lineare Algebra 1+2  
 Differentialgleichungen und Hilberträume  
 Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen  
 Rand- und Eigenwertprobleme  
 Funktionalanalysis

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen kennen am Ende des Moduls die Grundlagen computerunterstützter analytischer Methoden zum Nachweis der Existenz und zur Einschließung von Lösungen von Rand- und Eigenwertproblemen, sowie die Bedeutung solcher Methoden als Ergänzung zu anderen (rein analytischen) Methoden.

### Inhalt

Formulierung von nichtlinearen Randwertproblemen als Nullstellen- und als Fixpunkt-Problem. Nachweis der Voraussetzungen eines geeigneten Fixpunktsatzes mit computerunterstützten Methoden: Explizite Sobolev-Ungleichungen, Eigenwertschranken mittels variationeller Charakterisierungen, Intervall-Arithmetik

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Evolutionsgleichungen [MATHMMAN12]**

**Koordination:** R. Schnaubelt  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN12	Evolutionsgleichungen	4/2	W/S	8	R. Schnaubelt, L. Weis

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: Mündliche Prüfung von ca. 30 min.

Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein (Empfehlung):

Funktionalanalysis

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:

Funktionalanalysis

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die Grundlagen der Theorie stark stetiger Operatorhalbgruppen und ihrer Erzeuger und insbesondere die Theoreme zur Erzeugung und Wohlgestelltheit erläutern und auf Beispiele anwenden. Sie sind ferner in der Lage analytische Halbgruppen zu konstruieren und ihre Erzeuger zu charakterisieren. Mit Hilfe dieser Resultate und von Störungssätzen können sie partielle Differentialgleichungen lösen. Sie beherrschen die Lösungstheorie inhomogener Cauchyprobleme und können damit semilineare Gleichungen behandeln. Sie können die Grundzüge der Stabilitäts- und Spektraltheorie von Operatorhalbgruppen beschreiben und an Beispielen diskutieren.

**Inhalt**

stark stetige Operatorhalbgruppen und ihre Erzeuger,  
 Erzeugungssätze und Wohlgestelltheit,  
 analytische Halbgruppen,  
 inhomogene und semilineare Cauchyprobleme,  
 Störungstheorie,  
 Einführung in Stabilitäts- und Spektraltheorie von Operatorhalbgruppen,  
 Anwendungen auf partielle Differentialgleichungen  
 Literatur: K.-J. Engel und R. Nagel, One-Parameter Semigroups for Linear Evolution Equations.

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Fourieranalysis [MATHMMAN14]**

**Koordination:** L. Weis  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN14	Fourieranalysis	4/2	W/S	8	R. Schnaubelt, L. Weis

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: schriftliche Prüfung 120 min.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Funktionalanalysis oder Differentialgleichungen und Hilberträume

**Qualifikationsziele**

Die Studenten kennen die Darstellung von (quadrat-)integrierbaren Funktionen durch Fourierreihen, die Konvergenztheorie dieser Reihen sowie den Zusammenhang zwischen Glattheit der Funktion und dem Abfall der Fourierkoeffizienten und können dies an einfachen Beispielen demonstrieren. Eigenschaften der Fouriertransformation beherrschen sie im Rahmen der Lebesgueräume und der Distributionen. Anhand expliziter Lösungen für die Wärmeleitungs-, die Wellen- und die Schrödinger-gleichung erkennen sie die Bedeutung der Fourieranalysis für die angewandte Mathematik. Sie beherrschen die grundlegenden Beschränktheitsaussagen für singuläre Integrale, z.B. für die Hilberttransformation. Dabei erkennen sie die Bedeutung und Anwendbarkeit von Interpolationsmethoden und Fouriermultiplikatorenansätzen.

**Inhalt**

- Fourier Reihen
- Die Fourier Transformation auf  $L_1$  und  $L_2$
- Temperierte Distributionen und ihre Fourier Transformation
- Explizite Lösungen der Wärmeleitungs-, Schrödinger- und Wellengleichung im  $\mathbb{R}^n$
- Hilbert Transformation
- Der Interpolationssatz von Marcinkiewicz
- Singuläre Integraloperatoren
- Der Fourier Multiplikatorenansatz von Mihlin

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Funktionentheorie II [MATHMMAN16]**

**Koordination:** C. Schmoeger  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN16	Funktionentheorie II	4/2	W/S	8	G. Herzog, M. Plum, W. Reichel, C. Schmoeger, R. Schnaubelt, L. Weis

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung Funktionentheorie II erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Funktionentheorie

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen können die Grundzüge der unten genannten Inhalte nennen, erörtern und anwenden.

**Inhalt**

- unendliche Produkte
- Satz von Mittag-Leffler
- Satz von Montel
- Riemannscher Abbildungssatz
- Konforme Abbildungen
- schlichte Funktionen
- Automorphismen spezieller Gebiete
- harmonische Funktionen
- Schwarzsches Spiegelungsprinzip
- reguläre und singuläre Punkte von Potenzreihen

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Modelle der mathematischen Physik [MATHMMAN17]**

**Koordination:** W. Reichel  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b> 8	<b>Zyklus</b> Unregelmäßig	<b>Dauer</b> 1	<b>Level</b> 4
-------------------------	-------------------------------	-------------------	-------------------

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN17	Modelle der mathematischen Physik	4/2	W/S	8	D. Hundertmark, M. Plum, W. Reichel

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Analysis 1-3

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen können

- die Modellierung grundlegender physikalischer Effekte nachvollziehen,
- die wichtigsten mathematischen Eigenschaften dieser Differentialgleichungsmodelle erfassen,
- exemplarisch Lösungen berechnen,
- aus den beweisbaren Eigenschaften der Differentialgleichungen bzw. der Lösungen Schlußfolgerungen hinsichtlich der Modelle ziehen.

**Inhalt**

- Reaktions-Diffusionsmodelle
- Wellenphänomene
- Maxwellgleichungen und Elektrodynamik
- Schrödingergleichung und Quantenmechanik
- Navier-Stokes-Gleichung und Flüssigkeitsdynamik
- Elastizität
- Oberflächenspannung

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Steuerungstheorie [MATHAN18]**

**Koordination:** R. Schnaubelt  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
6	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN18	Steuerungstheorie	3/1	W/S	6	R. Schnaubelt, L. Weis

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: Mündliche Prüfung von ca. 20 min.

Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden können die zentralen Konzepte der Behandlung kontrollierter linearer Differentialgleichungssysteme (Steuerbarkeit, Beobachtbarkeit, Stabilisierbarkeit und Entdeckbarkeit) und die zugehörigen Charakterisierungen erläutern und in Beispielen anwenden. Sie sind in der Lage die Grundzüge der Theorie der Transferfunktionen und der Realisierungstheorie zu beschreiben. Die Lösung des quadratischen optimalen Kontrollproblems können sie diskutieren und auf die Feedback Synthese anwenden. Sie können die Grundbegriffe der Steuerungstheorie samt der zugehörigen Kriterien auch für nichtlineare System beschreiben und auf Beispiele anwenden.

**Inhalt**

Kontrollierte lineare Differentialgleichungssysteme: Steuerbarkeit und Beobachtbarkeit, Stabilisierbarkeit und Entdeckbarkeit, Transferfunktionen, Realisierungstheorie,

Quadratische optimale Kontrolle, Feedback-Synthese

Nichtlineare Kontrolltheorie: Grundbegriffe, Kriterien via Linearisierung, Lie Klammern und Lyapunov Funktionen

Literatur: J. Zabczyk, Mathematical Control Theory. An Introduction.

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes

- Bearbeitung von Übungsaufgaben

- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche

- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Nichtlineare Evolutionsgleichungen [MATHMMAN19]

**Koordination:** R. Schnaubelt  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN19	Nichtlineare Evolutionsgleichungen	4/2	W/S	8	R. Schnaubelt, L. Weis

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung von ca. 30 min.

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:

Evolutionsgleichungen

Funktionalanalysis

### Qualifikationsziele

Die Studierenden können die Theorie semilinearer Evolutionsgleichungen erläutern und auf nichtlineare partielle Wellengleichungen anwenden. Sie sind in der Lage die lokale Wohlgestelltheit quasilinearer parabolischer Gleichungen zu zeigen. Sie können das Langzeitverhalten mit Hilfe von Lyapunovfunktionen und dem Prinzip der linearisierten Stabilität untersuchen. Aufbauend auf die Strichartzabschätzungen können sie die Wohlgestelltheit und das Langzeitverhalten der nichtlinearen Schrödingergleichung behandeln.

### Inhalt

semilineare Gleichungen,  
 quasilineare parabolische Gleichungen,  
 Lyapunovfunktionen, linearisierte Stabilität  
 nichtlineare Wellen- und Schrödingergleichungen  
 Strichartzungleichung

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes

- Bearbeitung von Übungsaufgaben

- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche

- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Potentialtheorie [MATHMMAN20]**

**Koordination:** A. Kirsch  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN20	Potentialtheorie	4/2	W/S	8	T. Arens, F. Hettlich, A. Kirsch, W. Reichel

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: mündliche Prüfung (30 Min)  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Erwünscht sind grundlegende Kenntnisse aus der Funktionalanalysis

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die Begriffe der Potentialtheorie in der Theorie und an Beispielen zu erläutern und die Hauptsätze anhand von Beweisskizzen zu verdeutlichen.

**Inhalt**

Eigenschaften harmonischer Funktionen, Existenz und Eindeutigkeit der Randwertaufgaben für die Laplace- und Poissongleichung, Greensche Funktion für die Kugel, Kugelflächenfunktionen, Flächenpotentiale, räumliche Potentiale

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Randwertprobleme für nichtlineare Differentialgleichungen [MATHMMAN21]

**Koordination:** W. Reichel  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN21	Randwertprobleme für nichtlineare Differentialgleichungen	4/2	W/S	8	M. Plum, W. Reichel

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Funktionalanalysis  
 Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen  
 Rand- und Eigenwertprobleme

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- die Bedeutung von nichtlinearen Randwertproblemen in Bezug auf ihre Anwendungen in den Natur- und Ingenieurwissenschaften beurteilen und an Hand von Beispielen illustrieren,
- qualitative Eigenschaften von Lösungen beschreiben,
- mit Hilfe funktionalanalytischer Methoden die Existenz von Lösungen beweisen,
- nichtlineare Phänomene (z.B. Verzweigung, Vielfachheit von Lösungen) erkennen, analysieren und anhand von prototypischen Beispiele illustrieren.

### Inhalt

- Methode der Ober- und Unterlösungen
- Existenz mittels Fixpunktmethoden
- Qualitative Eigenschaften
- Variationelle Methoden und/oder Verzweigungstheorie

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Spektraltheorie von Differentialoperatoren [MATHMMAN22]

**Koordination:** M. Plum  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN22	Spektraltheorie von Differentialoperatoren	4/2	W/S	8	M. Plum

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Analysis 1+2+3  
 Lineare Algebra 1+2  
 Differentialgleichungen und Hilberträume  
 Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen  
 Rand- und Eigenwertprobleme  
 Funktionalanalysis

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen kennen am Ende des Moduls die Bedeutung von spektralen Problemen und können mit spektralen Grundbegriffen umgehen. Sie können diese auf verschiedene im Zusammenhang mit Differentialgleichungen auftretende spektrale Probleme anwenden.

### Inhalt

Spektrale Eigenschaften selbstadjungierter Operatoren. Anwendung auf gewöhnliche und elliptische Differentialoperatoren regulärer Art, singulärer Art (Weylsche Theorie) sowie auf periodische Differentialoperatoren (Floquet-Bloch-Theorie). Ergänzend: nicht-selbstadjungierte Differentialoperatoren.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Stochastische Differentialgleichungen [MATHMMAN24]

**Koordination:** L. Weis  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN24	Stochastische Differentialgleichungen	4/2	W/S	8	R. Schnaubelt, L. Weis

### Erfolgskontrolle

Prüfung: mündliche Prüfung, ca 30 min.

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:

Funktionalanalysis oder Differentialgleichungen und Hilberträume

### Qualifikationsziele

Die Studenten beherrschen die stochastischen Methoden, die den stochastischen Differentialgleichungen zu Grunde liegen, z.B. die Brownsche Bewegung, Martingale und Martingalungleichungen. Sie kennen die Konstruktion stochastischer Integrale und sie können die Itô-Formel formulieren und auf konkrete Beispiele anwenden. Sie können stochastische Differentialgleichungen auf Existenz, Eindeutigkeit und Stabilität untersuchen und erkennen dabei das Zusammenspiel analytischer und stochastischer Methoden. Sie sind in der Lage, die allgemeine Theorie auf konkrete Gleichungen aus den Naturwissenschaften und den Wirtschaftswissenschaften anzuwenden.

### Inhalt

- Brownsche Bewegung
- Martingale und Martingalungleichungen
- Stochastische Integrale und Ito-Formel
- Existenz- und Eindeutigkeitssätze für Systeme von stochastischen Differentialgleichungen
- Störungs- und Stabilitätstheorie
- Anwendung auf Gleichungen der Finanzmathematik, Physik und technische Systeme
- Zusammenhang mit Diffusionsgleichungen und Potentialtheorie

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Variationsrechnung [MATHMMAN25]

**Koordination:** W. Reichel  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN25	Variationsrechnung	4/2	W/S	8	A. Kirsch, T. Lamm, M. Plum, W. Reichel

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Funktionalanalysis  
 Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen  
 Rand- und Eigenwertprobleme

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- die Bedeutung von Variationsproblemen in Bezug auf ihre Anwendungen in den Natur- bzw. Ingenieurwissenschaften oder der Geometrie beurteilen und an Hand von Beispielen illustrieren,
- eigenständig variationelle Probleme formulieren,
- die spezifischen Schwierigkeiten innerhalb der Variationsrechnung erkennen,
- konkrete, prototypische Probleme analysieren und lösen,
- Techniken einsetzen, um die Existenz von Lösungen gewisser Klassen variationeller Probleme zu beweisen, und in Spezialfällen diese Lösungen berechnen.

### Inhalt

- eindimensionale Variationsprobleme
- Euler-Lagrange-Gleichung
- notwendige und hinreichende Kriterien
- mehrdimensionale Variationsprobleme
- direkte Methoden der Variationsrechnung
- Existenz kritischer Punkte von Funktionalen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Streutheorie [MATHMMAN26]**

**Koordination:** F. Hettlich  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN26	Streutheorie	4/2	W/S	8	T. Arens, F. Hettlich, A. Kirsch

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30min.).

Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein: Funktionalanalysis oder lineare Integralgleichungen

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden können grundlegende Eigenschaften von Lösungen der Helmholtzgleichung in Innen- und Aussengebieten beweisen und anwenden. Sie beherrschen die Darstellungssätze zu solchen Funktionen. Sie können die Existenztheorie zugehöriger Randwertprobleme mittels Integralgleichungen und/oder Variationsformulierungen inklusive der entsprechenden Beweise erläutern. Darüberhinaus können die Studierenden Abhängigkeiten des gestreuten Feldes vom Streuobjekt und der Wellenzahl sowie den Zusammenhang zum Fernfeld zeigen und anwenden.

**Inhalt**

- Helmholtzgleichung und elementare Lösungen
- Greensche Darstellungsätze
- Existenz und Eindeutigkeit bei Streuproblemen
- Ausstrahlungsbedingung und Fernfeld

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Maxwellgleichungen [MATHMMAN28]

**Koordination:** A. Kirsch  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN28	Maxwellgleichungen	4/2	W/S	8	T. Arens, F. Hettlich, A. Kirsch

### Erfolgskontrolle

Prüfung: mündliche Prüfung (30 Min)  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Erwünscht sind grundlegende Kenntnisse aus der Funktionalanalysis

### Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, die Fragestellungen aus der Theorie der Maxwellgleichungen an Beispielen zu erläutern, die Hauptsätze anhand von Beweisskizzen zu verdeutlichen und den Zusammenhang mit einfacheren Differentialgleichungen (z. B. der Helmholtzgleichung) zu erkennen.

### Inhalt

Spezielle Beispiele von Lösungen der Maxwellgleichungen, Eigenschaften der Lösungen (z. B. Darstellungssätze), Spezialfälle (E-Mode, H-Mode), Randwertaufgaben

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Nichtlineare Funktionalanalysis [MATHAN29]

**Koordination:** G. Herzog  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
3	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
NichtlinFA	Nichtlineare Funktionalanalysis	2		3	G. Herzog

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min.)  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Lineare Algebra 1+2, Analysis 1-3

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Techniken der Nichtlinearen Funktionalanalysis nennen, erörtern und anwenden,
- die Konstruktion des Abbildungsgrades erläutern,
- spezifische Techniken der Abbildungsgradtheorie auf nichtlineare Probleme anwenden.

### Inhalt

- Der Brouwersche Abbildungsgrad und seine Anwendungen
- Der Leray-Schaudersche Abbildungsgrad und seine Anwendungen
- Nichtkompaktheitsmaße und ihre Anwendungen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 90 Stunden

Präsenzzeit: 30 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 60 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Monotoniemethoden in der Analysis [MATHAN31]

**Koordination:** G. Herzog  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
3	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
01577	Monotoniemethoden in der Analysis	2	W/S	3	G. Herzog

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min.)

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Lineare Algebra 1+2, Analysis 1-3  
 Das Modul Funktionalanalysis ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Techniken der ordnungstheoretischen Methoden der Analysis nennen, erörtern und anwenden,
- spezifische ordnungstheoretische Techniken auf Fixpunktprobleme und Differentialgleichungen anwenden.

### Inhalt

- 1.) Fixpunktsätze in geordneten Mengen und geordneten metrischen Räumen.
- 2.) Geordnete Banachräume.
- 3.) Quasimonotonie.
- 4.) Differentialgleichungen und Differentialungleichungen in geordneten Banachräumen.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 90 Stunden

Präsenzzeit: 30 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 60 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Banachalgebren [MATHAN32]

**Koordination:** G. Herzog  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
3	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN32	Banachalgebren	2	W/S	3	G. Herzog, C. Schmoeger

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min.)

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Funktionentheorie 1

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Aussagen der Theorie der Banachalgebren nennen, erörtern und anwenden,
- spezifische Techniken der Idealtheorie, der Spektraltheorie und des Funktionalkalküls in Banachalgebren gebrauchen.

### Inhalt

- 1.) Banach- und Operatoralgebren.
- 2.) Multiplikative lineare Funktionale.
- 3.) Spektrum und Resolvente.
- 4.) Kommutative Banachalgebren.
- 5.) Corona Theorem.
- 6.) Funktionalkalkül in Banachalgebren.
- 7.)  $B^*$ -Algebren.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 90 Stunden

Präsenzzeit: 30 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 60 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Spezielle Funktionen und Anwendungen in der Potentialtheorie [MATHAN33]**

**Koordination:** A. Kirsch  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
5	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN33	Spezielle Funktionen und Anwendungen in der Potentialtheorie	2/2	W/S	5	A. Kirsch

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: mündliche Prüfung (20 Min)  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Grundvorlesungen Mathematik (Analysis I-III, LA I, II) oder HM I-III

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden sollen die grundlegenden Eigenschaften einiger spezieller Funktionen reproduzieren und in der Potentialtheorie anwenden können. Sie sollen in die Lage versetzt werden, zusätzliche Eigenschaften der in der Vorlesung behandelten spezieller Funktionen herzuleiten, in der Potentialtheorie anzuwenden und die Techniken auf verwandte, nicht in der Vorlesung behandelte, Funktionen zu übertragen.

**Inhalt**

Gammafunktion, orthogonale Polynome, Kugelfunktionen, Eigenschaften harmonischer Funktionen (z.B. Integralformeln, Maximumprinzip), Randwertaufgaben

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Geometrische Analysis [MATHAN36]

**Koordination:** T. Lamm  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN36	Geometrische Analysis	4/2	W/S	8	T. Lamm

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Einführung in die Geometrie und Topologie, Klassische Methoden partieller Differentialgleichungen

### Qualifikationsziele

Die Studierenden können

- grundlegende Techniken der geometrischen Analysis anwenden
- Zusammenhänge zwischen der Differentialgeometrie und den partiellen Differentialgleichungen erkennen.

### Inhalt

Geometrische Evolutionsgleichungen

Geometrische Variationsprobleme

Minimalflächen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes

- Bearbeitung von Übungsaufgaben

- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche

- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Sobolevräume [MATHAN37]

**Koordination:** A. Kirsch  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN37	Sobolevräume	2/2	W/S	5	A. Kirsch

### Erfolgskontrolle

Prüfung: mündliche Prüfung (20 Min)  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Basisvorlesungen der Mathematik oder HM I-III

### Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen die Bedeutung der Sobolevräume in der Theorie partieller Differentialgleichungen kennen und die Beweisideen ihrer grundlegenden Eigenschaften nachvollziehen können.

### Inhalt

Definition der Sobolevräume für skalare und vektorwertige Funktionen für Lipschitzgebiete, Fortsetzungs- und Spursätze, kompakte Einbettungen, Helmholtzzerlegung, einfache Randwertprobleme

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Wandernde Wellen [MATHAN38]

**Koordination:** J. Rottmann-Matthes  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN38	Wandernde Wellen	3/1	W/S	6	J. Rottmann-Matthes

### Erfolgskontrolle

Mündliche Prüfung am Ende des Semester. Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Zu einem besseren Verständnis ist Vorwissen aus den folgenden Vorlesungen hilfreich, aber nicht erforderlich: Differentialgleichungen und Hilberträume, Funktionalanalysis, Spektraltheorie, Dynamische Systeme, Numerische Methoden für Differentialgleichungen

### Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen die grundlegenden, aktuellen analytische und numerische Methoden zur Untersuchung wandernder Wellen. Sie sollen in der Lage sein, diese auf ähnliche Problemstellungen anzuwenden.

### Inhalt

- Beispiele für partielle Differentialgleichungen mit wandernden Wellen Lösungen
- Stabilitätsanalyse wandernder Wellen
- Analyse der spektralen Stabilität, unter anderem Evansfunktionstechniken
- Lineare Stabilität
- Nichtlineare Stabilität
- Techniken zur Approximation und numerischen Untersuchung

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Stochastische Evolutionsgleichungen [MATHAN40]

**Koordination:** L. Weis  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik, Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN40-1	Stochastische Evolutionsgleichungen	4	W/S	6	L. Weis
MATHAN40-2	Ergänzung aus der Stochastischen Analysis	2	W/S	2	L. Weis

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung (30 Minuten).  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Wahrscheinlichkeitstheorie, Differentialoperatoren in Hilberträumen oder Spektraltheorie.

### Qualifikationsziele

Die Studenten können stochastische Störungen von PDE's als stochastische partielle Differentialgleichungen modellieren. Sie kennen grundlegende Existenzaussagen für stochastische PDE und wesentliche qualitative Eigenschaften ihrer Lösungen. Sie verstehen das Zusammenspiel analytischer und stochastischer Methoden (Fernique), insbesondere beherrschen sie Methoden der stochastischen Analysis und die Besonderheiten, die bei der stochastischen Integration Banachraumwertiger Prozesse auftreten.

### Inhalt

- Gauß'sche Maße auf Banachräumen, Satz von Fernique
- Wiener Prozesse auf Banachräumen und die Loeve- Kahunen Darstellung
- Banachraumwertige Martingale und die UMD- Eigenschaft eines Banachraumes
- Ito- Integrale für Prozesse in UMD-Räumen und Burkholder-Gundy Ungleichungen, Decoupling
- Modellierung stochastischer Störungen von PDE's
- Existenz- Eindeutigkeits-Aussagen und Regularitäts-Aussagen für parabolische stochastische Differentialgleichungen
- Stochastische Wärmeleitungsgleichung.
- Beispiele für stochastische Schrödinger- und Wärmeleitungsgleichungen.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Nichtlineare Schrödinger- und Wellengleichungen [MATHAN41]

**Koordination:** L. Weis  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHAN41	Nichtlineare Schrödinger- und Wellengleichungen	4/2	W/S	8	L. Weis

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung (ca. 30 Min.)  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Qualifikationsziele

Die Studenten kennen die grundlegenden Eigenschaften der Fouriertransformationen und können damit explizite Lösungen von Evolutionsgleichungen mit konstanten Koeffizienten berechnen. Sie verstehen die Bedeutung der Dispersionsrelation für das Lösungsverhalten der Gleichung. Sie kennen die grundlegenden Methoden zum Beweis von Strichartz Ungleichungen, wie z.B. den Satz von Marcinkiewicz, oszillatorische Integrale und die Paley- Littlewood- Theorie. Die Studenten beherrschen die grundlegenden Aussagen zur Lösungstheorie von Schrödinger- und Wellengleichungen, sowohl zu lokalen und globalen Lösungen und der Entwicklung von Singularitäten.

### Inhalt

- Fouriertransformation auf  $S(\mathbb{R}^d)$  und  $L^2(\mathbb{R}^d)$
- Lösungsformeln für lineare Schrödinger- und Wellengleichungen
- Oszillatorische Integrale
- Interpolationssatz von Marcinkiewicz
- Paley- Littlewood- Theorie
- Strichartz- Ungleichungen für lineare Schrödingergleichung
- Lösungstheorie nichtlinearer Schrödingerleichungen: lokal, global, blow-up
- Strichartz- Ungleichungen für die Wellengleichung
- Lösungstheorie für nichtlineare Wellengleichungen: lokal, global, blow-up

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Internetseminar für Evolutionsgleichungen [MATHANISEM]

**Koordination:** R. Schnaubelt  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Wintersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHANISEM	Internetseminar für Evolutionsgleichungen	2	W	8	R. Schnaubelt

### Erfolgskontrolle

Prüfung: schriftliche Prüfung von ca. 120 min.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein: Funktionanalysis.

### Qualifikationsziele

Die Studenten können die Grundideen, Begriffe und Aussagen eines Teilbereichs der Theorie der Evolutionsgleichungen erläutern und an Beispielen anwenden. Sie können sich diese Thematik ausgehend von einem Skriptum erarbeiten und in einem Lektürekurs diskutieren.

### Inhalt

Das Internetseminar behandelt jedes Jahr einen anderen Aspekt der Theorie der Evolutionsgleichungen. Die genaue Thematik wird rechtzeitig bekannt gegeben.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 30 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 210 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

### Anmerkungen

Das Internetseminar hat jährlich wechselnde Hauptorganisatoren, die ein Manuskript mit Übungen verschicken und ein Web-seite mit Diskussionsforen bereitstellen. In Karlsruhe wird im Wintersemester in einem zweistündigen Lektürekurs das Material besprochen, das etwa den Umfang einer vierstündigen Vorlesung mit Übung hat. Es besteht die Möglichkeit (außerhalb unserer Module) während des Sommersemesters an einem Projekt zu arbeiten und dies auf einem Abschlussworkshop im Juni vorzustellen.



## Modul: Numerische Methoden für Differentialgleichungen [MATHMMNM03]

**Koordination:** W. Dörfler, T. Jahnke  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b> 8	<b>Zyklus</b> Jedes 2. Semester, Wintersemester	<b>Dauer</b> 1	<b>Level</b> 4
-------------------------	--	-------------------	-------------------

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
NMDG	Numerische Methoden für Differentialgleichungen	4/2	W	8	W. Dörfler, M. Hochbruck, T. Jahnke, A. Rieder, C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Schriftliche Prüfung im Umfang von 120 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte der Module „Analysis 1+2“, „Lineare Algebra 1+2“, „Numerische Mathematik 1+2“ sowie „Programmieren: Einstieg in die Informatik und algorithmische Mathematik“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- die grundlegenden Methoden, Techniken und Algorithmen zur Behandlung von Differentialgleichungen nennen, erörtern und anwenden (insbesondere die Stabilität, Konvergenz und Komplexität der numerischen Verfahren)
- Konzepte der Modellierung mit Differentialgleichungen wiedergeben
- Differentialgleichungen numerisch lösen

### Inhalt

- Numerische Methoden für Anfangswertaufgaben (Runge-Kutta-Verfahren, Mehrschrittverfahren, Ordnung, Stabilität, steife Probleme)
- Numerische Methoden für Randwertaufgaben (Finite Differenzenverfahren für elliptische Gleichungen zweiter Ordnung)
- Numerische Methoden für Anfangsrandwertaufgaben (Finite Differenzenverfahren, Parabolische Gleichungen, Hyperbolische Gleichungen)

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Einführung in das Wissenschaftliche Rechnen [MATHMMNM05]

**Koordination:** W. Dörfler, T. Jahnke  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
EWR	Einführung in das Wissenschaftliche Rechnen	3/3	S	8	W. Dörfler, M. Hochbruck, T. Jahnke, A. Rieder, C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte der Module „Analysis 1+2“, „Lineare Algebra 1+2“, „Numerische Mathematik 1+2“, „Numerische Methoden für Differentialgleichungen“ sowie „Programmieren: Einstieg in die Informatik und algorithmische Mathematik“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- die Verzahnung aller Aspekte des Wissenschaftlichen Rechnens an einfachen Beispielen entwickeln: von der Modellbildung über die algorithmische Umsetzung bis zur Stabilitäts- und Fehleranalyse.
- Konzepte der Modellierung mit Differentialgleichungen erklären
- Einfache Anwendungsbeispiele algorithmisch umsetzen, den Code evaluieren und die Ergebnisse darstellen und diskutieren.

### Inhalt

- Numerische Methoden für Anfangswertaufgaben, Randwertaufgaben und Anfangsrandwertaufgaben (Finite Differenzen, Finite Elemente)
- Modellierung mit Differentialgleichungen
- Algorithmische Umsetzung von Anwendungsbeispielen
- Präsentation der Ergebnisse wissenschaftlicher Rechnungen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

### Anmerkungen

3 Stunden Vorlesung und 3 Stunden Praktikum

**Modul: Inverse Probleme [MATHMMNM06]**

**Koordination:** A. Kirsch  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b> 8	<b>Zyklus</b> Jedes 2. Semester, Wintersemester	<b>Dauer</b> 1	<b>Level</b> 4
-------------------------	--	-------------------	-------------------

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
01052	Inverse Probleme	4/2	W	8	T. Arens, F. Hettlich, A. Kirsch, A. Rieder

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: mündliche Prüfung (30 Min)  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein:  
 Lineare Algebra 1+2  
 Analysis 1-3  
 Funktionalanalysis

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden können gegebene Probleme hinsichtlich Gut- oder Schlechtgestellttheit unterscheiden. Sie können die allgemeine Theorie zu schlecht gestellten linearen Problemen und deren Regularisierung in Hilberträumen zusammen mit den Beweisideen beschreiben. Darüberhinaus können die Studierenden Regularisierungsverfahren wie etwa die Tikhonovregularisierung analysieren und hinsichtlich ihrer Konvergenz beurteilen.

**Inhalt**

- Lineare Gleichungen 1. Art
- Schlecht gestellte Probleme
- Regularisierungstheorie
- Tikhonov Regularisierung bei linearen Gleichungen
- Iterative Regularisierungsverfahren
- Beispiele schlecht gestellter Probleme

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Finite Elemente Methoden [MATHMMNM07]

**Koordination:** W. Dörfler, C. Wieners  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Wintersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM07	Finite Elemente Methoden	4/2	W	8	W. Dörfler, M. Hochbruck, T. Jahnke, A. Rieder, C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundlagenkenntnisse in Numerischer Mathematik und der Analysis von Randwertproblemen werden benötigt. Kenntnisse in Funktionalanalysis sind hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- die grundlegenden Methoden, Techniken und Algorithmen der Behandlung elliptischer Randwertprobleme mit Finiten Elementen erklären (insbesondere die Stabilität, Konvergenz und Komplexität der Diskretisierungen)
- Konzepte der Modellierung mit partiellen Differentialgleichungen wiedergeben
- Einfache Randwertaufgaben mit Finiten Elementen numerisch lösen

### Inhalt

- Theorie der Finiten Elemente für elliptische Randwertaufgaben zweiter Ordnung im  $\mathbb{R}^n$
- Grundlegende Konzepte der Implementierung
- Elliptische Eigenwertprobleme
- Gemischte Methoden

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Paralleles Rechnen [MATHMMNM08]

**Koordination:** C. Wieners  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM08	Paralleles Rechnen	2/2	W/S	5	C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfungsvorleistung: beständenes Praktikum.  
 Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Kenntnisse in einer höheren Programmiersprache (C++, Java, Fortran). Grundlagenkenntnisse in der numerischen Behandlung von Differentialgleichungen (Finite Differenzen oder Finite Elemente).

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- beherrschen die Grundlagen des parallelen Rechnens.
- haben einen Überblick zu wissenschaftlichem Rechnen auf parallelen Rechnern
- verfügen über theoretische und praktische Erfahrungen mit parallelen Programmiermodellen und parallelen Lösungsmethoden
- können einfache praktische Aufgaben eigenständig skalierbar implementieren

### Inhalt

- Parallele Programmiermodelle
- Paralleles Lösen linearer Gleichungssysteme
- Parallele Finite Differenzen, Finite Elemente, Finite Volumen
- Methoden der Gebietszerlegung
- Matrix-Matrix und Matrix-Vektor-Operationen
- Konvergenz- und Leistungsanalyse
- Lastverteilung
- Anwendungen aus den Natur- und Ingenieurwissenschaften

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Optimierung und optimale Kontrolle bei Differentialgleichungen [MATHMMNM09]**

**Koordination:** C. Wieners  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM09	Optimierung und optimale Kontrolle bei Differentialgleichungen	2/1	W/S	4	W. Dörfler, M. Hochbruck, T. Jahnke, A. Rieder, C. Wieners

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen können

- den Überblick zur Modellierung mit optimaler Kontrolle gewinnen
- erlangen Kenntnisse zum funktionalanalytischen Rahmen
- Lösungsverfahren auf elliptische und parabolische Kontrollprobleme anwenden

**Inhalt**

- Einleitung und Motivation
- Linear-quadratische elliptische Probleme
- Parabolische Probleme
- Steuerung semilinear elliptischer Gleichungen
- semilineare parabolische Kontrollprobleme

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Numerische Methoden in der Festkörpermechanik [MATHMMNM12]

**Koordination:** C. Wieners  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Einmalig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM12	Numerische Methoden in der Festkörpermechanik	4+2	W/S	8	C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Finite Elemente Methoden

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- Die Studierenden lernen numerische Methoden zur Approximation von Problemen aus der Festkörpermechanik kennen. Sie lernen Algorithmen, Aussagen über Konvergenz und exemplarische Anwendungen kennen.

### Inhalt

- Finite Elemente für Lineare Elastizität
- Einführung in die Plastizität
- Nichtlineare Lösungsverfahren für inkrementelle Plastizität
- Einführung in die Theorie der Porösen Medien
- Dynamische Probleme in Festkörpern und porösen Medien

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Numerische Methoden in der Elektrodynamik [MATHMMNM13]

**Koordination:** W. Dörfler  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM13	Numerische Methoden in der Elektrodynamik	3/1	W/S	6	W. Dörfler, M. Hochbruck, T. Jahnke, A. Rieder, C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 25 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundkenntnisse in der Analysis von Randwertproblemen und der Finite Elemente Methode.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- können elektrostatische oder -dynamische Effekte mit mathematischen Modellen beschreiben,
- erkennen die grundlegenden Probleme der korrekten Approximation,
- können stabile Diskretisierungen der Maxwellgleichungen angeben.

### Inhalt

- Die Maxwell Gleichungen, Modellierung
- Rand- und Übergangsbedingungen
- Analytische Hilfsmittel
- Das Quellenproblem
- Das Eigenwertproblem
- Finite Elemente für die Maxwell-Gleichungen
- Interpolationsabschätzungen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



**Modul: Wavelets [MATHMMNM14]**

**Koordination:** A. Rieder  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
Wave	Wavelets	4/2		8	A. Rieder

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Die Inhalte der Module „Analysis 1+2“, „Lineare Algebra 1+2“ sowie „Analysis 3“ werden benötigt.  
 Das Modul „Funktionalanalysis“ ist hilfreich.

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen können

- die funktionalanalytischen Grundlagen der kontinuierlichen und diskreten Wavelet-Transformation nennen, erörtern und analysieren.
- die Wavelet-Transformation als Analysewerkzeug in der Signal- und Bildverarbeitung anwenden sowie die erzielten Ergebnisse bewerten.
- Designaspekte von Wavelet-Systemen erläutern.

**Inhalt**

- Gefensterter Fourier-Transformation
- Integrale Wavelet-Transformation
- Wavelet-Frames
- Wavelet-Basen
- Schnelle Wavelet-Transformation
- Konstruktion orthogonaler und bi-orthogonaler Wavelets
- Anwendungen in Signal- und Bildverarbeitung

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Bildgebende Verfahren in der Medizintechnik [MATHMMNM15]

**Koordination:** A. Rieder  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM15	Bildgebende Verfahren in der Medizintechnik	4/2	W/S	8	A. Rieder

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Das Modul „Funktionalanalysis“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen lernen einige Methoden der medizinischen Bildgebung kennen und können die zugrunde liegenden mathematischen Aspekte erörtern und analysieren. Insbesondere die funktionalanalytischen Eigenschaften der Radon-Transformation können sie erläutern. Die darauf aufbauenden Rekonstruktionsalgorithmen können sie implementieren, die auftretenden Artefakte erklären und bewerten. Sie sind in der Lage, die gelernten Techniken auf verwandte Fragestellungen anzuwenden.

### Inhalt

- Varianten der Computer-Tomographie (Röntgen-, Impedanz-, etc.)
- Eigenschaften der Radon-Transformation
- Abtastung und Auflösung
- Schlechtgestelltheit und Regularisierung
- Rekonstruktionsalgorithmen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Mathematische Methoden in Signal- und Bildverarbeitung [MATHMMNM16]**

**Koordination:** A. Rieder  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM16	Mathematische Methoden in Signal- und Bildverarbeitung	4/2	W/S	8	A. Rieder

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Das Modul „Funktionalanalysis“ ist hilfreich.

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen lernen die wesentlichen mathematischen Werkzeuge der Signal- und Bildverarbeitung sowie deren Eigenschaften kennen. Sie sind in der Lage, diese Werkzeuge adäquat anzuwenden, die erhaltenen Resultate zu hinterfragen und zu beurteilen.

**Inhalt**

- Digitale und analoge Systeme
- Integrale Fourier-Transformation
- Abtastung und Auflösung
- Diskrete und schnelle Fourier-Transformation
- Nichtuniforme Abtastung
- Anisotrope Diffusionsfilter
- Variationsmethoden

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Mehrgitter- und Gebietszerlegungsverfahren [MATHMMNM17]

**Koordination:** C. Wieners  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Einmalig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM17	Mehrgitter- und Gebietszerlegungsver- fahren	2/1	W/S	4	C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein (Empfehlung):  
 Finite Elemente Methoden

### Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen Mehrgitter- und Gebietszerlegungsverfahren zur approximativen Lösung von elliptischen Differentialgleichungen kennen. Sie lernen Algorithmen, Aussagen über Konvergenz und exemplarische Anwendungen kennen.

### Inhalt

1. Das Zweigitter-Verfahren
2. Klassische Mehrgittertheorie
3. Additive Subspace-Correction
4. Multiplicative Subspace-Correction
5. Mehrgitter-Verfahren für Sattelpunktprobleme

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Numerische Methoden in der Finanzmathematik [MATHMMNM18]

**Koordination:** T. Jahnke  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM18	Numerische Methoden in der Finanz- mathematik	4/2	W/S	8	T. Jahnke

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundlegende Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ und Grundkenntnisse über gewöhnliche Differentialgleichungen sowie Programmierkenntnisse (möglichst in MATLAB) werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Im Mittelpunkt der Vorlesung steht die Bewertung von Optionen durch numerische Verfahren. Absolventinnen und Absolventen sind in der Lage, die dynamische Wertentwicklung von verschiedenen Optionstypen durch Binomialbäume, stochastische oder partielle Differentialgleichungen zu modellieren und die Unterschiede zwischen diesen Modellen bzw. ihre jeweiligen Vor- und Nachteile zu beurteilen. Insbesondere kennen sie die Annahmen, auf denen diese Modelle beruhen, und können dadurch deren Aussagekraft und Zuverlässigkeit kritisch hinterfragen. Absolventinnen und Absolventen kennen grundlegende numerische Verfahren zur Lösung von stochastischen bzw. partiellen Differentialgleichungen. Sie können diese Verfahren nicht nur implementieren und zur Bewertung von verschiedenen Optionen anwenden, sondern auch die Stabilität und Konvergenz der Verfahren analysieren und durch theoretische Resultate erklären.

### Inhalt

Modellierung:

- Optionen, Arbitrage und andere Grundbegriffe
- Wiener-Prozess, Ito-Integral, Ito-Formel
- Black-Scholes-Gleichung und Black-Scholes-Formel

Numerische Verfahren:

- Binomialbaumverfahren
- Erzeugung von Pseudo-Zufallszahlen, Monte-Carlo-Methode, Quasi-Monte-Carlo-Methode
- Numerische Verfahren für stochastische Differentialgleichungen
- Finite-Differenzen-Verfahren für eindimensionale Black-Scholes-Gleichungen
- Asiatische Optionen, Upwind-Verfahren
- Bewertung von amerikanischen Optionen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes

- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Adaptive Finite Elemente Methoden [MATHMMNM19]

**Koordination:** W. Dörfler  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM19	Adaptive Finite Elemente Methoden	3/1	W/S	6	W. Dörfler

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 25 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundlagenkenntnisse in Finite Element Methoden, in einer Programmiersprache und der Analysis von Randwertproblemen werden benötigt. Kenntnisse in Funktionalanalysis sind hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- können die Notwendigkeit adaptiver Methoden darstellen
- die grundlegenden Methoden, Techniken und Algorithmen der Behandlung elliptischer Randwertprobleme mit Adaptiven Finiten Elementen erklären
- Konzepte der Modellierung mit partiellen Differentialgleichungen wiedergeben
- Einfache Randwertaufgaben mit Adaptiven Finiten Elementen numerisch lösen

### Inhalt

- Notwendigkeit adaptiver Methoden
- Residuenfehlerschätzer
- Aspekte der Implementierung
- Optimalität der adaptiven Methode
- Funktionalfehlerschätzer
- hpFinite Elemente

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Numerische Methoden für zeitabhängige partielle Differentialgleichungen [MATHMMNM20]

**Koordination:** M. Hochbruck  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM20	Numerische Methoden für zeitabhängige partielle Differentialgleichungen	4/2	W/S	8	M. Hochbruck, T. Jahnke

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Numerische Methoden für Differentialgleichungen, Einführung in das Wissenschaftliche Rechnen

### Qualifikationsziele

Die Studierenden können numerische Verfahren für abstrakte Evolutionsgleichungen analysieren. Sie können aktuelle Forschungsergebnisse verstehen und beherrschen verschiedene Techniken zum Beweis von Stabilität und Fehlerabschätzungen impliziter und exponentieller Zeitintegrationsverfahren. Sie können dazu selbständig Übungsaufgaben lösen, Lösungen präsentieren und diskutieren.

### Inhalt

- Runge-Kutta-Verfahren und Exponentielle Integratoren für lineare, semilineare und quasilineare Evolutionsgleichungen
- Zeitintegration für hochoszillatorische Probleme, z. B. exponentielle Integratoren, Magnus-Methoden, trigonometrische Integratoren

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Numerische Optimierungsmethoden [MATHMMNM25]

**Koordination:** C. Wieners  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM25	Numerische Optimierungsmethoden	4/2	W/S	8	W. Dörfler, M. Hochbruck, T. Jahnke, A. Rieder, C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Optimierungstheorie

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- verschiedene numerische Verfahren für restringierte und unrestringierte Optimierungsprobleme beschreiben.
- Aussagen über lokale und globale Konvergenz erklären
- exemplarische Anwendungen skizzieren

### Inhalt

- Allgemeine unrestringierte Minimierungsverfahren
- Newton-Verfahren
- Inexakte Newton-Verfahren
- Quasi-Newton-Verfahren
- Nichtlineare cg-Verfahren
- Trust-Region-Verfahren
- Innere-Punkte-Verfahren
- Penalty-Verfahren
- Aktive-Mengen Strategien
- SQP-Verfahren
- Nicht-glatte Optimierung

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Numerische Methoden in der Finanzmathematik II [MATHNM26]

**Koordination:** T. Jahnke  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM26	Numerische Methoden in der Finanz- mathematik II	4/2	W/S	8	T. Jahnke

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Empfehlungen: Grundlegende Inhalte des Moduls "Numerische Methoden in der Finanzmathematik" und Programmierkenntnisse (möglichst in MATLAB) werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Im Mittelpunkt der Vorlesung steht die Bewertung von Optionen durch numerische Verfahren, wobei die Kenntnisse aus Teil 1 der Vorlesung erweitert und vertieft werden. Absolventinnen und Absolventen kennen nicht nur grundlegende, sondern auch raffiniertere numerische Verfahren zur Lösung von stochastischen bzw. partiellen Differentialgleichungen und hochdimensionalen Problemen. Sie können diese Verfahren nicht nur implementieren und zur Bewertung von verschiedenen Optionen anwenden, sondern auch die Stabilität und Konvergenz der Verfahren analysieren und durch theoretische Resultate erklären.

### Inhalt

- Multi-Level Monte-Carlo-Methoden
- Historische, implizite und lokale Volatilität
- Sprung-Diffusions-Prozesse und Integro-Differentialgleichungen,
- Lösung von Black-Scholes-Gleichungen mit der Methode der Finiten Elemente
- Dünngittermethoden (Sparse Grids) für die Bewertung von Basketoptionen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Mathematische Modellierung und Simulation in der Praxis [MATHNM27]

**Koordination:** G. Thäter  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM27	Mathematische Modellierung und Simulation in der Praxis	2/1	W/S	4	G. Thäter

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Analysis I-III, Numerische Mathematik 1,2 sowie Numerische Methoden für differentialgleichungen bzw. vergleichbare HM-Vorlesungen.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- Projektorientiert arbeiten,
- Überblickswissen verknüpfen,
- Typische Modellansätze weiterentwickeln

### Inhalt

Mathematisches Denken (als Modellieren) und mathematische Techniken (als Handwerkszeug) treffen auf Anwendungsprobleme wie:

- Differenzgleichungen
- Bevölkerungsmodelle
- Verkehrsflussmodelle
- Wachstumsmodelle
- Spieltheorie
- Chaos
- Probleme aus der Mechanik

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

### Anmerkungen

Die Veranstaltung findet immer auf Englisch statt.

## Modul: Numerische Methoden für hyperbolische Gleichungen [MATHNM28]

**Koordination:** W. Dörfler  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM28	Numerische Methoden für hyperbolische Gleichungen	3/1	W/S	6	W. Dörfler

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 25 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundlagenkenntnisse in Finite Element Methoden, in einer Programmiersprache und der Analysis von Randwertproblemen werden benötigt. Kenntnisse in Funktionalanalysis sind hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- die grundlegenden Methoden, Techniken und Algorithmen der Behandlung
- hyperbolischer Anfangswertprobleme erklären
- Konzepte der Modellierung mit hyperbolischen Differentialgleichungen wiedergeben
- Einfache skalare oder vektorwertige hyperbolische Gleichungen numerisch lösen

### Inhalt

- Modellierung mit Erhaltungsgleichungen
- Schocks, Verdünnungswellen und schwache Lösungen
- Aspekte der Existenz und Regularitätstheorie skalarer Probleme
- Diskretisierung von skalarer Erhaltungsgleichungen
- Eigenschaften und Diskretisierung hyperbolischer Systeme

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Numerische Methoden für Integralgleichungen [MATHNM29]

**Koordination:** T. Arens  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM29	Numerische Methoden für Integralgleichungen	4/2	W/S	8	T. Arens, F. Hettlich, A. Kirsch

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30min.).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Numerische Mathematik 1  
 Integralgleichungen

### Qualifikationsziele

Die Studierenden können die grundlegenden Methoden zur numerischen Lösung von linearen Integralgleichungen der zweiten Art wie degenerierte Kernapproximation, Nyström-Verfahren, Kollokations-Verfahren und Galerkin-Verfahren und ihnen zu Grunde liegender Konzepte wie Interpolation und numerische Integration nennen und beschreiben. Sie sind in der Lage, diese Verfahren zur numerischen Lösung von Integralgleichungen auf konkrete Aufgabenstellungen anzuwenden und für konkrete Beispiele auf einem Computer zu implementieren. Die Studierenden können die Konvergenzresultate für diese Verfahren darlegen und beherrschen die Anwendung der dafür notwendigen Beweistechniken. Sie können entsprechende Resultate für einfache Variationen der Verfahren selbst ableiten und in konkreten Anwendungen eine Analyse des Konvergenzverhaltens durchführen.

### Inhalt

Interpolation  
 Quadraturformeln  
 Approximation durch degenerierte Kernfunktionen  
 Nyström-Verfahren  
 Projektionsverfahren

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Spezielle Themen der numerischen linearen Algebra [MATHNM30]

**Koordination:** M. Hochbruck  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM30	Spezielle Themen der numerischen linearen Algebra	4/2	W/S	8	M. Hochbruck

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Numerische Mathematik 1 und 2

### Qualifikationsziele

Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse der zentralen Methoden und Konzepte der numerischen linearen Algebra. Für verschiedene Anwendungsbereiche können sie die richtigen numerischen Verfahren auswählen und implementieren sowie deren Konvergenzeigenschaften und Effizienz beurteilen und begründen. Sie können dazu selbständig Übungsaufgaben lösen, Lösungen präsentieren und diskutieren.

### Inhalt

- Direkte Verfahren für dünn besetzte Gleichungssysteme
- Krylov-Verfahren zur Lösung großer linearer Gleichungssysteme und Eigenwertprobleme
- Verfahren für strukturierte Matrizen (optional)
- Matrixfunktionen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Geometrische numerische Integration [MATHNM31]

**Koordination:** T. Jahnke  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM31	Geometrische numerische Integration	3/1	W/S	6	M. Hochbruck, T. Jahnke

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundkenntnisse über gewöhnliche Differentialgleichungen und Runge-Kutta-Verfahren (Konstruktion, Ordnung, Stabilität usw.) werden vorausgesetzt. Diese Kenntnisse werden z.B. im Modul „Numerische Methoden für Differentialgleichungen“ vermittelt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen verstehen die zentralen Eigenschaften von endlichdimensionalen Hamiltonsystemen (Energieerhaltung, symplektischer Fluss, Erhaltungsgrößen usw.). Sie kennen wichtige Klassen von geometrischen Zeitintegrationsverfahren wie z.B. symplektische (partitionierte) Runge-Kutta-Verfahren, Splitting-Verfahren, SHAKE und RATTLE. Sie können diese Verfahren nicht nur implementieren und auf praxisnahe Probleme anwenden, sondern auch das beobachtete Langzeitverhalten (z.B. fast-Energieerhaltung über lange Zeiten) analysieren und erklären.

### Inhalt

- Newton'sche Bewegungsgleichung, Lagrange-Gleichungen, Hamiltonsysteme
- Eigenschaften von Hamiltonsystemen: symplektischer Fluss, Energieerhaltung, weitere Erhaltungsgrößen
- Symplektische numerische Verfahren: symplektisches Euler-Verfahren, Störmer-Verlet-Verfahren, symplektische (partitionierte) Runge-Kutta-Verfahren
- Konstruktion von symplektischen Verfahren, z.B. durch Komposition und Splitting
- Backward error analysis und Energieerhaltung über lange Zeitintervalle

In der danach noch verbleibenden Zeit können weiterführende Themen behandelt werden wie z.B.

- KAM-Theorie und lineares Fehlerwachstum
- Verfahren auf Mannigfaltigkeiten (Magnus-Verfahren, Liegruppenmethoden)
- Mechanische Systeme mit Zwangsbedingungen
- Trigonometrische Verfahren für oszillatorische Probleme
- Modulierte Fourierentwicklungen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Optimierung in Banachräumen [MATHNM32]

**Koordination:** A. Kirsch  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Analysis, Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM32	Optimierung in Banachräumen	4/2	W/S	8	A. Kirsch

### Erfolgskontrolle

Prüfung: mündliche Prüfung (30 Min)  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Erwünscht sind grundlegende Kenntnisse aus der Funktionalanalysis

### Qualifikationsziele

Die Studierenden sollen in die Lage versetzt werden, Eigenschaften endlichdimensionaler Optimierungsprobleme auf unendlich-dimensionale Fälle zu übertragen und diese auf Probleme der Approximationstheorie, der Variationsrechnung und der optimalen Steuerungstheorie anzuwenden.

### Inhalt

Funktionalanalytische Grundlagen (insbes. Trennungssätze konvexer Mengen, Eigenschaften konvexer Funktionen, Differenzierbarkeitsbegriffe). Dualitätstheorie linearer und konvexer Probleme, differenzierbare Optimierungsaufgaben (Lagrangesche Multiplikatorenregel), hinreichende Optimalitätsbedingungen, Existenzaussagen, Anwendungen in der Approximationstheorie, der Variationsrechnung und der optimalen Steuerungstheorie.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Numerische Verfahren für die Maxwellgleichungen [MATHNM33]

**Koordination:** T. Jahnke  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM33	Numerische Verfahren für die Maxwellgleichungen	3/1	W/S	6	T. Jahnke

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundkenntnisse über gewöhnliche und/oder partielle Differentialgleichungen  
 Das Modul „Numerische Methoden für Differentialgleichungen“ sollte besucht worden sein.

### Qualifikationsziele

Thema der Vorlesung sind numerische Verfahren für die zeitabhängigen Maxwell-Gleichungen. Absolventinnen und Absolventen können die in den Maxwellgleichungen auftretenden Terme physikalisch interpretieren und die Existenz und Eindeutigkeit der Lösung unter geeigneten Bedingungen beweisen. Die Absolventinnen und Absolventen kennen grundlegende Verfahren und Techniken zur numerischen Approximation der Lösung. Sie sind in der Lage, die Konvergenz und Stabilität dieser Verfahren zu analysieren und die Vor- und Nachteile der einzelnen Ansätze zu beurteilen.

### Inhalt

- Maxwellgleichungen in Integral- und Differentialform, Materialgesetze, Randbedingungen
- Die lineare Wellengleichung als Modellproblem: Herleitung, analytische Eigenschaften, explizite Lösungsformeln
- Finite-Differenzen-Verfahren für die lineare Wellengleichung
- Wohlgestelltheit und andere Eigenschaften der Maxwell-Gleichungen
- Das Yee-Schema
- Splitting-Verfahren
- Raumdiskretisierung durch Nedelec-Elemente

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Numerische Methoden in der Strömungsmechanik [MATHNM34]

**Koordination:** W. Dörfner, G. Thäter  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM34	Numerische Methoden in der Strömungsmechanik	2/1	W/S	4	W. Dörfner, G. Thäter

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundlagenkenntnisse in der numerischen Behandlung von Differentialgleichungen (z. B. von Randwertproblemen oder Anfangsrandwertproblemen) werden benötigt. Kenntnisse in Funktionalanalysis sind hilfreich.

### Qualifikationsziele

Studierende können die Modellierung und die physikalischen Annahmen erläutern, die zu den Navier-Stokes Gleichungen führen. Sie können die Finite Elemente Methode auf die Strömungsrechnung anwenden und insbesondere mit der Inkompressibilität numerisch umgehen. Sie können die Konvergenz und Stabilität der Verfahren erläutern und begründen.

### Inhalt

- Modellbildung und Herleitung der Navier-Stokes Gleichungen
- Mathematische und physikalische Repräsentation von Energie und Spannung
- Analytische und numerische Behandlung des Stokes-Problems
- Stabilitäts- und Konvergenztheorie
- Lax-Milgram Theorem, Céa-Lemma und Sattelpunkttheorie
- Numerische Behandlung der stationären nichtlinearen Gleichung
- Numerische Verfahren für das instationäre Problem
- Turbulenzmodelle

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Splitting-Verfahren [MATHNM35]

**Koordination:** K. Schratz  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
5	Jedes 2. Semester, Wintersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM35	Splitting-Verfahren	2/2	W	5	M. Hochbruck, T. Jahnke, K. Schratz

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundlagenkenntnis der Zeitintegration von gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen (z.B. Modul „Numerische Methoden für Differentialgleichungen“).

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- Aspekte von Splitting-Verfahren für gewöhnliche und lineare partielle Differentialgleichungen erörtern und analysieren, insbesondere bzgl. ihrer Konvergenz-, Stabilitäts- und Strukturerhaltungseigenschaften
- Splitting-Verfahren für ausgewählte gewöhnliche und lineare partielle Differentialgleichungen implementieren

### Inhalt

Splitting-Verfahren als Zeitintegratoren für gewöhnliche und lineare partielle Differentialgleichungen, unter anderem

- Einführung zu Splitting-Verfahren (Vorteil gegenüber Standardverfahren, Anwendungsbeispiele)
- Fehleranalyse von Splitting-Verfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen mittels der Baker-Campbell-Hausdorff Formel
- Konstruktion von Splitting-Verfahren hoher Ordnung
- Konvergenz- und Stabilitätsanalyse von Splitting-Verfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen
- Strukturerhaltung von Splitting-Verfahren für Hamiltonsche Systeme von gewöhnlichen Differentialgleichungen
- Splitting-Verfahren für lineare partielle Differentialgleichungen (unter anderem lineare Schrödinger-Gleichung mit Potential, Dimensions-Splitting)

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Aspekte der Zeitintegration [MATHNM36]

**Koordination:** K. Schratz  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
5	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM36	Aspekte der Zeitintegration	2/2	S	5	M. Hochbruck, T. Jahnke, K. Schratz

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundlagenkenntnis der Zeitintegration von gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen (z.B. Modul „Numerische Methoden für Differentialgleichungen“). Das Modul „Splitting-Verfahren“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- Aspekte von Splitting-Verfahren für partielle Differentialgleichungen erörtern und analysieren, insbesondere bzgl. ihrer Konvergenz-, Stabilitäts- und Strukturerehaltungsseigenschaften
- Splitting-Verfahren für ausgewählte partielle Differentialgleichungen implementieren
- Aspekte von Zeitintegratoren für hochfrequente Gleichungen analysieren um insbesondere deren Effizienz zu erörtern

### Inhalt

- Splitting-Verfahren als Zeitintegratoren für partielle Differentialgleichungen (unter anderem Korrekturverfahren für parabolische Differentialgleichungen mit Randbedingungen, Konstruktion von Verfahren hoher Ordnung für parabolische Differentialgleichungen, Analyse von Splitting-Verfahren für nichtlineare Schrödinger-Gleichungen mit polynomialen Nichtlinearitäten insbesondere deren Konvergenz-, Stabilitäts- und Strukturerehaltung)
- Zeitintegratoren für hochfrequente gewöhnliche und partielle Differentialgleichungen (unter anderem Ansätze aus der asymptotischen Analysis)

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Compressive Sensing [MATHNM37]

**Koordination:** A. Rieder  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM37	Compressive Sensing	2/2	W/S	5	A. Rieder

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte der Module „Analysis 1+2“, „Lineare Algebra 1+2“ werden benötigt.  
 Das Modul „Einführung in die Stochastik“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können die Ideen des Compressive Sensing erläutern und Anwendungsgebiete nennen. Die grundlegenden Algorithmen können sie anwenden, vergleichen und ihr Konvergenzverhalten analysieren.

### Inhalt

- Was ist Compressive Sensing und wo kommt es zum Einsatz
- Dünnbesetzte Lösungen unterbestimmter Gleichungssysteme
- Grundlegende Algorithmen
- Restricted Isometry Property
- Dünnbesetzte Lösungen unterbestimmter Gleichungssysteme mit Zufallsmatrizen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Operatorfunktionen [MATHNM38]**

**Koordination:** V. Grimm  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
6	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM38	Operatorfunktionen	3/1	W/S	6	V. Grimm

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Numerische Mathematik 1 und 2, Funktionalanalysis

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse der Approximation von Operatorfunktionen. Sie können die Verfahren auf deren Konvergenzeigenschaften und Effizienz untersuchen. Bei Anwendung in der Numerik von Evolutionsgleichungen können sie die besprochenen Verfahren analysieren, selbständig die geeigneten Verfahren auswählen und ihre Wahl begründen.

**Inhalt**

Definition von Operatorfunktionen  
 Stark stetige und analytische Halbgruppen  
 Feste rationale Approximationen an Operatorfunktionen  
 Rationale Krylov-Verfahren zur Approximation von Operatorfunktionen  
 Anwendungen in der Numerik von Evolutionsgleichungen

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Matrixfunktionen [MATHNM39]**

**Koordination:** V. Grimm  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM39	Matrixfunktionen	4/2	W/S	8	V. Grimm

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Numerische Mathematik 1 und 2

**Qualifikationsziele**

Die Studierenden kennen die grundlegenden Definitionen und Eigenschaften von Matrixfunktionen. Sie können die Verfahren zur Approximation von Matrixfunktionen hinsichtlich Konvergenz und Effizienz beurteilen, selbständig Übungsaufgaben lösen, eigene Lösungen präsentieren und die diskutierten Verfahren implementieren.

**Inhalt**

Definition von Matrixfunktionen  
 Approximation an Matrixfunktionen für große Matrixen  
 Krylov-Verfahren und rationale Krylov-Verfahren  
 Anwendung auf die numerische Lösung partieller Differentialgleichungen

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes  
 - Bearbeitung von Übungsaufgaben  
 - Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche  
 - Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Projektorientiertes Softwarepraktikum [MATHNM40]

**Koordination:** G. Thäter  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM40	Projektorientiertes Softwarepraktikum	4	W/S	4	G. Thäter

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Schriftliche Ausarbeitung und Vortrag zu jedem Projekt.  
 Notenbildung: Mittel aus den Teilnoten der Projekte.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Kenntnisse einer Programmiersprache  
 Grundkenntnisse in der Analysis von Randwertproblemen, der numerischen Methoden für Differentialgleichungen und der Finite Elemente Methode.

### Qualifikationsziele

Die Studierenden können über die eigene Fachdisziplin hinaus Probleme gemeinsam modellieren und simulieren. Sie haben eine kritische Distanz zu Ergebnissen und deren Darstellung erworben. Sie können die Ergebnisse der Projekte im Disput verteidigen. Sie haben die Bedeutung von Stabilität und Konvergenz von numerischen Verfahren aus eigener Erfahrung verstanden und sind in der Lage, Fehler aus der Modellbildung, der Approximation, der Berechnung und in der Darstellung zu bewerten.

### Inhalt

**Vorlesungsanteil:** Einführung in Modellbildung und Simulationen, Wiederholung zugehöriger numerischer Verfahren, Einführung in zugehörige Software

**Eigene Gruppenarbeit:** Bearbeitung von 1-2 Projekten in denen Modellbildung, Diskretisierung, Simulation und Auswertung (z.B. Visualisierung) für konkrete Themen aus dem Katalog durchgeführt werden. Der Katalog umfasst z.B:

Solving the Poisson equation: Diffusion im Rechteckgebiet;  
 Incompressible Navier-Stokes equations: Strömung im Kanal;  
 Applying an Inexact Newton Method in HiFlow3: Nutzen nichtlinearer Tools;  
 Distributed Control Problem for Poisson Equation: Backofensteuerung;  
 Stabilization Schemes for Advection Dominated Steady Convection-Diffusion

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 60 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes  
 - Bearbeitung von Übungsaufgaben  
 - Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche  
 - Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Einführung in Partikuläre Strömungen [MATHNM41]

**Koordination:** W. Dörfler  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
3	Einmalig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM41	Einführung in Partikuläre Strömungen	2	W	3	W. Dörfler

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung.

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundlagenkenntnisse in der numerischen Behandlung von Differentialgleichungen, in numerischer Strömungsmechanik und in einer Programmiersprache.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- die grundlegenden Modelle der mathematischen Beschreibung von Strömungen erklären
- Konzepte der Modellierung teilchenbehafter Strömung erklären
- verstehen die numerischen Ansätze zur Berechnung solcher Strömungen

### Inhalt

- Mathematische Beschreibung von Strömungen
- Modelle zur Beschreibung von Teilchen in einer Strömung
- Bewegung starrer Körper in einer Strömung
- Bewegung starrer Körper in einer viskosen Strömung
- Einbeziehung verschiedener Kräfte zwischen Strömung und Partikel, zum Beispiel bei ionischen Strömungen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 90 Stunden

Präsenzzeit: 30 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 60 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Numerische Fortsetzungsmethoden [MATHNM42]

**Koordination:** J. Rottmann-Matthes  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM42	Numerische Fortsetzungsmethoden	2/2	W/S	5	J. Rottmann-Matthes

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20-30min.).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Gute Kenntnisse der Linearen Algebra, Analysis, Numerik I und gewöhnlichen Differentialgleichungen

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Verfahren zur Parameterfortsetzung und Bestimmung von Verzweigungspunkten beschreiben und anwenden,
- die benutzten numerischen Algorithmen analysieren,
- selbstständig Verzweigungsdiagramme in konkreten Fällen mit den numerischen Algorithmen erzeugen und interpretieren.

### Inhalt

- Beispiele parameterabhängiger Differentialgleichungen
- Prädiktor-Korrektorverfahren zur Parameterfortsetzung
- Detektion von Umkehrpunkten
- Detektion einfacher Verzweigungspunkte
- Newtonverfahren in der Nähe von Verzweigungspunkten

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Einführung in Matlab und numerische Algorithmen [MATHNM43]

**Koordination:** D. Weiß  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM43	Einführung in Matlab und numerische Algorithmen	2/2	W/S	5	D. Weiß, C. Wieners

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Schriftliche Prüfung im Umfang von 75 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte der Module „Analysis 1+2“ und „Lineare Algebra 1+2“ bzw. vergleichbarer HM-Vorlesungen werden benötigt. Die Module „Numerische Mathematik 1+2“ sind sehr hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende numerische Algorithmen auch in Hinblick auf die Implementierung verstehen und in der Programmierumgebung Matlab effizient programmieren.
- vorhandene Tools und Toolboxen numerischer Algorithmen, welche in Matlab bereits implementiert sind, benutzen und in ihrer Funktionsweise verstehen.
- Matlab als Schnittstelle zu anderen Programmiersprachen und zu anderer mathematischer Software nutzen.

### Inhalt

- Matlab als Programmierumgebung:
  1. Programmierung
  2. Debugging
  3. Visualisierung
    - Funktionsweise elementarer Matlab-Funktionen
    - Verschiedene Toolboxen von Matlab, z.B. PDE-Toolbox
    - Spezielle Speicherformate
    - Parallelisierung

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Advanced Inverse Problems: Nonlinearity and Banach Spaces [MATHNM44]**

**Koordination:** A. Rieder  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Angewandte und numerische Mathematik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
5	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHNM44	Advanced Inverse Problems: Nonlinearity and Banach Spaces	2/2	W/S	5	A. Rieder

**Erfolgskontrolle**

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 20 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Inverse Probleme, Funktionalanalysis

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen lernen Regularisierungsverfahren für nichtlineare schlecht-gestellte Probleme in Hilbert- und Banach-Räumen kennen und können die zugrunde liegenden analytischen sowie numerischen Aspekte erörtern. Sie können darüber hinaus die konzeptionellen Unterschiede von Regularisierungsverfahren in Hilbert- und Banach-Räumen bestimmen.

**Inhalt**

Inexakte Newton-Verfahren in Hilbert-Räumen,  
 Approximative Inverse in Banach-Räumen,  
 Tikhonov-Regularisierung mit konvexem Strafterm,  
 Kaczmarz-Newton Verfahren in Banach-Räumen

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Finanzmathematik in diskreter Zeit [MATHST04]

**Koordination:** N. Bäuerle  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b> 8	<b>Zyklus</b> Jedes 2. Semester, Wintersemester	<b>Dauer</b> 1	<b>Level</b> 4
-------------------------	--	-------------------	-------------------

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
FMDZ	Finanzmathematik in diskreter Zeit	4/2	W	8	N. Bäuerle, V. Fasen

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer schriftlichen Gesamtprüfung (120 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Techniken der modernen diskreten Finanzmathematik nennen, erörtern und anwenden,
- spezifische probabilistische Techniken gebrauchen,
- ökonomische Fragestellungen im Bereich der diskreten Bewertung und Optimierung mathematisch analysieren,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Endliche Finanzmärkte
- Das Cox-Ross-Rubinstein-Modell  
- Grenzübergang zu Black-Scholes
- Charakterisierung von No-Arbitrage
- Charakterisierung der Vollständigkeit
- Unvollständige Märkte
- Amerikanische Optionen
- Exotische Optionen
- Portfolio-Optimierung
- Präferenzen und stochastische Dominanz
- Erwartungswert-Varianz Portfolios
- Risikomaße

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Stochastische Geometrie [MATHMMST06]

**Koordination:** D. Hug  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik, Algebra/Geometrie

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST06	Stochastische Geometrie	4/2	S	8	D. Hug, G. Last

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

keine

### Empfehlungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein (Empfehlung):  
 Wahrscheinlichkeitstheorie, Räumliche Stochastik

### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen die grundlegenden geometrischen Modelle und Kenngrößen der Stochastischen Geometrie,
- sind mit Eigenschaften von Poissonprozessen geometrischer Objekte vertraut,
- kennen exemplarisch Anwendungen von Modellen der Stochastischen Geometrie,
- können reflexiv und selbstorganisiert arbeiten.

### Inhalt

- Zufällige Mengen
- Geometrische Punktprozesse
- Stationarität und Isotropie
- Keim-Korn-Modelle
- Boolesche Modelle
- Grundlagen der Integralgeometrie
- Geometrische Dichten und Kenngrößen
- Zufällige Mosaike

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes

- Bearbeitung von Übungsaufgaben

- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche

- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Asymptotische Stochastik [MATHMMST07]

**Koordination:** N. Henze  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Wintersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST07	Asymptotische Stochastik	4/2	W	8	V. Fasen, N. Henze, B. Klar

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Die Absolvent(inn)en

- sind mit grundlegenden probabilistischen Techniken im Zusammenhang mit dem Nachweis der Verteilungskonvergenz von Zufallsvektoren vertraut und können diese anwenden ,
- kennen das asymptotische Verhalten von Maximum-Likelihood-Schätzern und des verallgemeinerten Likelihood-Quotienten bei parametrischen Testproblemen,
- können das Limesverhalten von nichtdegenerierten und einfach degenerierten U-Statistiken erläutern,
- kennen den Satz von Donsker und können dessen Beweis skizzieren.

### Inhalt

- Poissonscher Grenzwertsatz für Dreiecksschemata,
- Momentenmethode,
- Zentraler Grenzwertsatz für stationäre m-abhängige Folgen,
- allgemeine multivariate Normalverteilung,
- Verteilungskonvergenz und Zentraler Grenzwertsatz im  $\mathbb{R}^d$ ,
- Satz von Glivenko-Cantelli,
- Grenzwertsätze für U-Statistiken,
- asymptotische Schätztheorie (Maximum-Likelihood- und Momentenschätzer),
- asymptotische Effizienz und relative Effizienz von Schätzern,
- asymptotische Tests in parametrischen Modellen, parametrischer Bootstrap,
- schwache Konvergenz in metrischen Räumen,
- Satz von Prokhorov,
- Brown-Wiener-Prozess, Satz von Donsker, funktionaler Zentraler Grenzwertsatz, Brownsche Brücke
- Anpassungstests.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Finanzmathematik in stetiger Zeit [MATHMMST08]

**Koordination:** N. Bäuerle  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST08	Finanzmathematik in stetiger Zeit	4/2	S	8	N. Bäuerle, V. Fasen

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Das Modul kann nicht zusammen mit der Lehrveranstaltung *Stochastic Calculus and Finance* [2521331] geprüft werden.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt. Das Modul „Finanzmathematik in diskreter Zeit“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Techniken der modernen zeitstetigen Finanzmathematik nennen, erörtern und anwenden,
- spezifische probabilistische Techniken gebrauchen,
- ökonomische Fragestellungen im Bereich der Bewertung und Optimierung mathematisch analysieren,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Stochastische Prozesse und Filtrationen
  - Martingale in stetiger Zeit
  - Stopzeiten
  - Quadratische Variation
- Stochastisches Ito-Integral bzgl. stetiger Semimartingale
- Ito-Kalkül
  - Ito-Doebelin Formel
  - Stochastische Exponentiale
  - Satz von Girsanov
  - Martingaldarstellung
- Black-Scholes Finanzmarkt
  - Arbitrage und äquivalente Martingalmaße
  - Optionen und No-Arbitragepreise
  - Vollständigkeit
- Portfolio Optimierung
- Bonds, Forwards und Zinsstrukturmodelle

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Generalisierte Regressionsmodelle [MATHMMST09]

**Koordination:** B. Klar  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST09	Generalisierte Regressionsmodelle	2/1	S	4	N. Henze, B. Klar

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Das Modul kann nicht zusammen mit der Lehrveranstaltung Statistische Modellierung von allgemeinen Regressionsmodellen [2521350] geprüft werden.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Statistik“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen die wichtigsten Regressionsmodelle und deren Eigenschaften,
- können die Anwendbarkeit dieser Modelle beurteilen und die Ergebnisse interpretieren,
- sind in der Lage, die Modelle zur Analyse komplexerer Datensätze einzusetzen.

### Inhalt

Die Vorlesung behandelt grundlegende Modelle der Statistik, die es ermöglichen, Zusammenhänge zwischen Größen zu erfassen. Themen sind:

- Lineare Regressionsmodelle
  - Modelldiagnostik
  - Multikollinearität
  - Variablen-Selektion
- Verallgemeinerte Kleinste-Quadrate-Methode
- Nichtlineare Regressionsmodelle
  - Parameterschätzung
  - Asymptotische Normalität der Maximum-Likelihood-Schätzer
- Regressionsmodelle für Zähldaten
  - Verallgemeinerte lineare Modelle
  - Parameterschätzung
  - Modelldiagnose
  - Überdispersion und Quasi-Likelihood

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Brownsche Bewegung [MATHMMST10]

**Koordination:** N. Bäuerle  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST10	Brownsche Bewegung	2/1	W/S	4	N. Bäuerle, V. Fasen, N. Henze, G. Last

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- Eigenschaften der Brownschen Bewegung nennen, erklären und begründen,
- die Brownsche Bewegung zur Modellierung von stochastischen Phänomenen anwenden,
- spezifische probabilistische Techniken gebrauchen,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Existenz und Konstruktion der Brownschen Bewegung
- Pfadigenschaften der Brownschen Bewegung
- Starke Markov-Eigenschaft der Brownschen Bewegung mit Anwendungen
- Skorohod Darstellung der Brownschen Bewegung

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Markovsche Entscheidungsprozesse [MATHMMST11]

**Koordination:** N. Bäuerle  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST11	Markovsche Entscheidungsprozesse	2/2	W/S	5	N. Bäuerle

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Das Modul „Wahrscheinlichkeitstheorie“ sollte bereits absolviert sein. Das Modul „Markovsche Ketten“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- Die mathematischen Grundlagen der Markovschen Entscheidungsprozesse nennen und Lösungsverfahren anwenden,
- stochastische, dynamische Optimierungsprobleme als Markovschen Entscheidungsprozess formulieren,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- MDPs mit endlichem Horizont
  - Die Bellman Gleichung
  - Strukturierte Probleme
  - Anwendungsbeispiele
- MDPs mit unendlichem Horizont
  - kontrahierende MDPs
  - positive MDPs
  - Howards Politikverbesserung
  - Lösung durch lineare Programme
- Stopp-Probleme
  - endlicher und unendlicher Horizont
  - One-step-look-ahead-Regel

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Steuerung stochastischer Prozesse [MATHMMST12]

**Koordination:** N. Bäuerle  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST12	Steuerung stochastischer Prozesse	2/1	W/S	4	N. Bäuerle

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Das Modul „Wahrscheinlichkeitstheorie“ sollte bereits absolviert sein. Die Module „Brownsche Bewegung“ und „Finanzmathematik in stetiger Zeit“ sind hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- Die mathematischen Grundlagen der Stochastischen Steuerung nennen und Lösungsverfahren anwenden,
- Zeitstetige, stochastische, dynamische Optimierungsprobleme als stochastisches Steuerproblem formulieren,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Verifikationstechnik, Hamilton-Jacobi-Bellman Gleichung
- Viskositätslösung
- Singuläre Steuerung
- Feynman-Kac Darstellungen
- Anwendungsbeispiele aus der Finanz- und Versicherungsmathematik

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Perkolation [MATHMMST13]

**Koordination:** G. Last  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST13	Perkolation	3/1	W/S	6	G. Last

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein (Empfehlung):  
 Wahrscheinlichkeitstheorie

### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen grundlegende Modelle der diskreten und stetigen Perkolation,
- erwerben die Fähigkeit, spezifische probabilistische und graphentheoretische Methoden zur Analyse dieser Modelle einzusetzen,
- können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Kanten- und Knoten-Perkolation auf Graphen
- Satz von Harris-Kesten
- Asymptotik der Clustergröße im sub- und superkritischen Fall
- Eindeutigkeit des unendlichen Clusters im quasitransitiven Fall
- Perkolation auf dem Gilbert-Graphen
- Stetige Perkolation

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Räumliche Stochastik [MATHMMST14]

**Koordination:** G. Last  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
8	Jedes 2. Semester, Wintersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST14	Räumliche Stochastik	4/2	S	8	D. Hug, G. Last

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Folgende Module sollten bereits belegt worden sein (Empfehlung):

Wahrscheinlichkeitstheorie

### Qualifikationsziele

Die Studierenden kennen grundlegende räumliche stochastische Prozesse. Dabei verstehen sie nicht nur allgemeine Verteilungseigenschaften, sondern können auch konkrete Modelle (Poissonscher Prozess, Gaußsche Zufallsfelder) beschreiben und anwenden. Sie können ferner selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Punktprozesse
- Zufällige Maße
- Poissonprozess
- Gibbssche Punktprozesse
- Palm'sche Verteilung
- Räumlicher Ergodensatz
- Spektraltheorie zufälliger Felder
- Gaußsche Felder

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes

- Bearbeitung von Übungsaufgaben

- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche

- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung



## Modul: Mathematische Statistik [MATHMMST15]

**Koordination:** B. Klar  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST15	Mathematische Statistik	2/1	W/S	4	N. Henze, B. Klar

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt. Das Modul „Statistik“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen die grundlegenden Konzepte der mathematischen Statistik,
- können diese bei einfachen Fragestellungen und Beispielen eigenständig anwenden,
- kennen spezifische probabilistische Techniken und können damit Schätz- und Test-Verfahren mathematisch analysieren.

### Inhalt

Die Vorlesung behandelt grundlegende Konzepte der mathematischen Statistik, insbesondere die finite Optimalitätstheorie von Schätzern und Tests. Themen sind:

- Optimale erwartungstreue Schätzer
- Beste lineare erwartungstreue Schätzer
- Cramér-Rao-Schranke in Exponentialfamilien
- Suffizienz und Vollständigkeit
- Satz von Lehmann-Scheffé
- Neyman-Pearson-Tests
- Optimale unverfälschte Tests

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Nichtparametrische Statistik [MATHMMST16]

**Koordination:** N. Henze  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST16	Nichtparametrische Statistik	2/1	W/S	4	N. Henze, B. Klar

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls 'Wahrscheinlichkeitstheorie' werden benötigt. Das Modul 'Asymptotische Stochastik' ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

- Absolventinnen und Absolventen können verschiedene nichtparametrische statistische Testmethoden an Hand folgender Beispiele erklären und gegen parametrische Methoden abgrenzen:
  - Einstichproben-Lage-Problem
  - Zweistichproben-Lage-Problem

Sie können die Effizienz verschiedener Tests mittels asymptotischer Methoden vergleichen.

- Sie können verschiedene Abhängigkeitsmaße nennen und gegeneinander abgrenzen.
- Sie können verschiedene nichtparametrische Schätzmethode an Hand folgender Beispiele nennen und erklären:
  - Dichteschätzung
  - Nichtparametrische Regression

### Inhalt

- Ordnungsstatistiken und Quantilschätzung
- Rang-Statistiken
- Abhängigkeitsmaße
- Nichtparametrische Dichte- und Regressionsschätzung

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Zeitreihenanalyse [MATHMMST18]

**Koordination:** B. Klar  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Jedes 2. Semester, Sommersemester	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST18	Zeitreihenanalyse	2/1	S	4	N. Henze, B. Klar

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Das Modul kann nicht zusammen mit der Lehrveranstaltung Financial Econometrics [2520022] geprüft werden.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt. Das Modul „Statistik“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen und verstehen die Standardmodelle der Zeitreihenanalyse,
- kennen exemplarisch statistische Methoden zur Modellwahl und Modellvalidierung,
- wenden Modelle und Methoden der Vorlesung eigenständig auf reale und simulierte Daten an,
- kennen spezifische mathematische Techniken und können damit Zeitreihenmodelle analysieren.

### Inhalt

Die Vorlesung behandelt die grundlegenden Begriffe der klassischen Zeitreihenanalyse:

- Stationäre Zeitreihen
- Trends und Saisonalitäten
- Autokorrelation
- Autoregressive Modelle
- ARMA-Modelle
- Parameterschätzung
- Vorhersage
- Spektraldichte und Periodogramm

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Der Poisson-Prozess [MATHST20]

**Koordination:** G. Last  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
5	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST20	Der Poisson-Prozess	2/2	W/S	5	V. Fasen, D. Hug, G. Last

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).

Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Kenntnisse der Wahrscheinlichkeitstheorie.

### Qualifikationsziele

Die Studierenden lernen wichtige Eigenschaften des Poisson-Prozesses kennen. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den probabilistischen Methoden und Resultaten, die unabhängig vom zugrunde liegenden Phasenraum sind. Die Studierenden verstehen die zentrale Rolle des Poisson-Prozesses als spezieller Punktprozess und als zufälliges Maß.

Die Studierenden können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Verteilungseigenschaften des Poisson-Prozesses
- Der Poisson-Prozess als spezieller Punktprozess
- Stationäre Poisson- und Punktprozesse
- Zufällige Maße und Coxprozesse
- Poisson-Cluster Prozesse und zusammengesetzte Poisson-Prozesse
- Der räumliche Gale-Shapley Algorithmus

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Designtheorie und ihre Anwendungen in der Statistik [MATHST22]

**Koordination:** B. Ebner  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST22	Designtheorie und ihre Anwendungen in der Statistik	4/2	W/S	8	B. Ebner, M. Folkers

### Erfolgskontrolle

Prüfung: mündliche Prüfung (ca 30 Minuten).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte der folgenden Module werden vorausgesetzt:  
 Lineare Algebra und Einführung in die Stochastik  
 Die Inhalte des folgenden Moduls wird empfohlen:  
 Einführung in Algebra und Zahlentheorie

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- haben grundlegende Kenntnisse in der kombinatorischen Designtheorie,
- kennen die Grundbegriffe der endlichen Geometrie,
- haben Grundkenntnisse der statistischen Designtheorie und deren Anwendung in der statistischen Versuchsplanung,
- und kennen Lineare Modelle in der Statistik.

### Inhalt

- Endliche Körper
- Balancierte unvollständige Blockdesigns
- Endliche Geometrien
- Differenzenmengen
- Lateinische Quadrate
- Das lineare Modell
- Die verallgemeinerte Inverse
- Grundbegriffe der statistischen Designtheorie
- Anwendungen in der statistischen Versuchsplanung
- Optimale Designs

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Extremwerttheorie [MATHST23]

**Koordination:** V. Fasen  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
4	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST23	Extremwerttheorie	2/1	W/S	4	V. Fasen, N. Henze

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- statistische Methoden zur Schätzung von Risikomaßen nennen, erklären, begründen und anwenden,
- extreme Ereignisse modellieren und quantifizieren,
- spezifische probabilistische Techniken gebrauchen,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Satz von Fisher und Tippett
- verallgemeinerte Extremwert- und Paretoverteilung (GED und GPD)
- Anziehungsbereiche von verallgemeinerten Extremwertverteilungen
- Satz von Pickands-Balkema-de Haan
- Schätzen von Risikomaßen
- Hill-Schätzer
- Blockmaximamethode
- POT-Methode

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 120 Stunden

Präsenzzeit: 45 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 75 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

**Modul: Steinsche Methode [MATHST24]**

**Koordination:** M. Schulte  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
5	Unregelmäßig	1	4

**Lehrveranstaltungen im Modul**

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST24	Steinsche Methode	2/2	W/S	5	M. Schulte

**Erfolgskontrolle**

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 20 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

**Bedingungen**

Keine.

**Empfehlungen**

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt.

**Qualifikationsziele**

Absolventinnen und Absolventen können

- die Grundlagen der Steinschen Methode und ihrer Anwendungen auf ausgewählte Probleme nennen und erörtern,
- können zentrale Grenzwertsätze und Poissonsche Grenzwertsätze mit Hilfe der Steinschen Methode beweisen,
- selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

**Inhalt**

- Steinsche Gleichungen für die uni- und multivariate Normalverteilung sowie für die Poisson-Verteilung
- Kopplungen (Zero Bias und Size Bias)
- Austauschbare Paare
- lokale Abhängigkeiten und Abhängigkeitsgraphen
- Anwendungen der o.g. Techniken auf ausgewählte Probleme wie z.B. Zufallsgraphen

**Arbeitsaufwand in h**

Gesamter Arbeitsaufwand: 150 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 90 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Wahrscheinlichkeitstheorie und kombinatorische Optimierung [MATHST27]

**Koordination:** D. Hug  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST27	Wahrscheinlichkeitstheorie und kombinatorische Optimierung	4/2	W/S	8	D. Hug, G. Last

### Erfolgskontrolle

Die Modulprüfung erfolgt in Form einer mündlichen Gesamtprüfung (ca. 30 min).  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen

- kennen die behandelten Fragestellungen der kombinatorischen Optimierung und können diese erläutern,
- kennen typische Methoden zur probabilistischen Analyse von Algorithmen und kombinatorischen Optimierungsproblemen und können diese zur Lösung von konkreten Optimierungsproblemen einsetzen,
- können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

Gegenstand der Vorlesung ist die Analyse von Algorithmen und kombinatorischen Optimierungsproblemen in einem probabilistischen Rahmen. Die behandelten Fragestellungen lassen sich häufig mit Hilfe von (geometrischen) Graphen beschreiben. Untersucht wird dann das zu erwartende oder wahrscheinliche Verhalten eines Zielfunktional des betrachteten Systems (Graphen). Neben asymptotischen Resultaten, die das Verhalten eines Systems zum Beispiel für wachsende Systemgröße beschreiben, werden quantitative Gesetzmäßigkeiten für Systeme fester Größe vorgestellt. Insbesondere behandelt werden

- das Problem langer gemeinsamer Teilfolgen,
- Packungsprobleme,
- das euklidische Problem des Handlungsreisenden,
- minimale euklidische Paarungen,
- minimale euklidische Spannbäume.

Für die Analyse von Problemen dieser Art wurden Techniken und Konzepte entwickelt, die in der Vorlesung vorgestellt und angewendet werden. Hierzu gehören

- Konzentrationsungleichungen und Konzentration von Maßen,
- Subadditivität und Superadditivität,
- Martingalmethoden,
- Isoperimetrie,
- Entropie.

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden



- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Vorhersagen: Theorie und Praxis [MATHST28]

**Koordination:** T. Gneiting  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
8	Unregelmäßig	2	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST28I	Vorhersagen: Theorie und Praxis I	2	W/S	3	T. Gneiting
MATHST28II	Vorhersagen: Theorie und Praxis II	2/2	W/S	5	T. Gneiting

### Erfolgskontrolle

Prüfung: mündliche Prüfung im Umfang von ca. 30 Minuten. Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt. Das Modul „Statistik“ ist hilfreich.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- grundlegende Begriffe der maß- und wahrscheinlichkeitstheoretisch begründeten Theorie der Vorhersage nennen und an Beispielen verdeutlichen
- grundlegende Begriffe der entscheidungstheoretisch begründeten Evaluierung von Vorhersagen nennen und an Beispielen verdeutlichen
- Regressionsverfahren für Vorhersagen adaptieren, interpretieren und implementieren
- prinzipielle Vorgehensweisen bei der Erstellung und Evaluierung meteorologischer und ökonomischer Prognosen erläutern
- in Simulationsstudien und Fallbeispielen Vorhersage- und Evaluierungsverfahren selbständig entwickeln und programmieren

### Inhalt

- Fallstudien aus Meteorologie und Ökonomie
- Punktvorhersagen und Wahrscheinlichkeitsvorhersagen
- Vorhersageräume, Kalibration und Schärfe
- Proper scoring rules und consistent scoring functions
- Aggregation von Vorhersagen
- prädiktive Aspekte von Regressionsverfahren

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 240 Stunden

Präsenzzeit: 90 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 150 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Zufällige Graphen [MATHST29]

**Koordination:** M. Schulte  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Stochastik

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
6	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHST29	Zufällige Graphen	3/1	W/S	6	M. Schulte

### Erfolgskontrolle

Prüfung: Mündliche Prüfung im Umfang von ca. 25 Minuten.  
 Notenbildung: Note der Prüfung

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Die Inhalte des Moduls „Wahrscheinlichkeitstheorie“ werden benötigt.

### Qualifikationsziele

Die Studierenden

- kennen die grundlegenden Modelle für zufällige Graphen und deren Eigenschaften,
- sind mit probabilistischen Techniken zur Untersuchung zufälliger Graphen vertraut,
- können selbstorganisiert und reflexiv arbeiten.

### Inhalt

- Erdős-Renyi-Graphen
- Konfigurationsmodelle
- Preferential-Attachment-Graphen
- Geometrische zufällige Graphen

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 180 Stunden

Präsenzzeit: 60 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 120 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche
- Vorbereitung auf die studienbegleitende Modulprüfung

## Modul: Schlüsselqualifikationen [MATHMMSQ01]

**Koordination:** Studiendekan/Studiendekanin  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Schlüsselqualifikationen

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
6			1

### Erfolgskontrolle

entsprechend den gewählten Lehrveranstaltungen, frei wählbar aus dem Angebot des HOC, des ZAK und Sprachkurse des Sprachenzentrums unter  
 House of Competence (HOC) ->  
<http://www.hoc.kit.edu/lehrangebot>  
 Schlüsselqualifikationen am ZAK ->  
<http://www.zak.kit.edu/sq>  
 Lehrveranstaltungen des Sprachenzentrums ->  
<http://www.spz.kit.edu/>

### Bedingungen

Keine.

### Qualifikationsziele

Lernziele lassen sich in drei Hauptkategorien einteilen, die sich wechselseitig ergänzen:

#### 1. Orientierungswissen

- Die Studierenden sind sich der kulturellen Prägung ihrer Position bewusst und sind in der Lage, die Sichtweisen und Interessen anderer (über Fach-, Kultur- und Sprachgrenzen hinweg) zu berücksichtigen.
- Sie haben ihre Fähigkeiten erweitert, sich an wissenschaftlichen oder öffentlichen Diskussionen sachgerecht und angemessen zu beteiligen.

#### 2. Praxisorientierung

- Studierende haben Einsicht in die Routinen professionellen Handelns erhalten.
- Sie haben ihre Lernfähigkeit weiter entwickelt.
- Sie haben durch Ausbau ihrer Fremdsprachenkenntnisse ihre Handlungsfähigkeit erweitert.
- Sie können grundlegende betriebswirtschaftliche und rechtliche Sachverhalte mit ihrem Erfahrungsfeld verbinden.

#### 3. Basiskompetenzen

- Die Studierenden erwerben geplant und zielgerichtet sowie methodisch fundiert selbständig neues Wissen und setzen dieses bei der Lösung von Aufgaben und Problemen ein.
- Sie können die eigene Arbeit auswerten.
- Sie verfügen über effiziente Arbeitstechniken, können Prioritäten setzen, Entscheidungen treffen und Verantwortung übernehmen.

### Inhalt

Das House of Competence (HoC) und das ZAK | Zentrum für Angewandte Kulturwissenschaft und Studium Generale bieten eine breite Auswahl an Schwerpunkten an, die zur besseren Orientierung thematisch zusammengefasst sind. Die Inhalte werden in den Beschreibungen der Veranstaltungen auf den oben genannten Internetseiten detailliert erläutert.

### Arbeitsaufwand in h

## Modul: Einführung in Python [MATHSQ02]

**Koordination:** D. Weiß  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Schlüsselqualifikationen

<b>ECTS-Punkte</b>	<b>Zyklus</b>	<b>Dauer</b>	<b>Level</b>
3	Unregelmäßig	1	4

### Lehrveranstaltungen im Modul

Nr.	Lehrveranstaltung	SWS V/Ü/T	Sem.	LP	Lehrveranstaltungs- verantwortliche
MATHSQ02	Einführung in Python	2/1	W/S	3	D. Weiß

### Erfolgskontrolle

Unbenotetes Abschlussprojekt

### Bedingungen

Keine.

### Empfehlungen

Grundkenntnisse der Programmierung

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- mit grundlegenden, Python spezifischen Techniken der Programmierung umgehen.
- Python-Programme in Hinblick auf Effizienz implementieren und optimieren.
- naturwissenschaftliche und technische Anwendungen mit graphischer Oberfläche auch in Netzwerken realisieren.

### Inhalt

Programmieren mit Python:

1. Laufzeitmodell (Speicherverwaltung)
2. Elementare Datentypen
3. Funktionen, Namensräume
4. Ein- und Ausgabe
5. Debugging
6. Objektorientierung
7. reguläre Ausdrücke
8. parallele Programmierung
9. Fehlerbehandlung
10. Graphische Oberflächen
11. Verwendung von vorhanden Bibliotheken
12. Iterator- und Generatorkonzept
13. Comprehension

### Arbeitsaufwand in h

Gesamter Arbeitsaufwand: 90 Stunden

Präsenzzeit: 30 Stunden

- Lehrveranstaltung einschließlich studienbegleitender Modulprüfung

Selbststudium: 60 Stunden

- Vertiefung der Studieninhalte durch häusliche Nachbearbeitung des Vorlesungsinhaltes
- Bearbeitung von Übungsaufgaben
- Vertiefung der Studieninhalte anhand geeigneter Literatur und Internetrecherche

## Modul: Seminar [MATHMMSE01]

**Koordination:** Studiendekan/Studiendekanin  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:** Seminar

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
3	Jedes Semester	1	3

### Erfolgskontrolle

Erfolgskontrolle: Vortrag von mindestens 45 min.  
 Notenbildung: keine

### Bedingungen

Keine.

### Qualifikationsziele

Absolventinnen und Absolventen können

- Ein abgegrenztes Problem in einem speziellen Gebiet analysieren,
- Fachspezifische Probleme innerhalb der vorgegebenen Aufgabenstellung erörtern, präsentieren und verteidigen,
- Zusammenfassungen der wichtigsten Ergebnisse des Themas selbständig erstellen.

Die Absolventinnen und Absolventen verfügen über kommunikative, organisatorische u. didaktische Kompetenzen bei komplexen Problemanalysen. Sie können Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens anwenden.

### Inhalt

Der konkrete Inhalt richtet sich nach den angebotenen Seminarthemen.

### Arbeitsaufwand in h

Arbeitsaufwand gesamt: 90 h  
 Präsenzstudium: 30 h  
 Eigenstudium: 60 h

## Modul: Masterarbeit [MMATHMAST]

**Koordination:** Studiendekan/Studiendekanin  
**Studiengang:** Mathematik (M.Sc.)  
**Fach/Gebiet:**

ECTS-Punkte	Zyklus	Dauer	Level
30	Jedes Semester		4

### Erfolgskontrolle

Weitere Details werden in §11 der Studien- und Prüfungsordnung geregelt.

### Bedingungen

Der Student bzw. die Studentin muss mindestens 70 Leistungspunkte erbracht haben.

### Qualifikationsziele

Die Absolventinnen und Absolventen können ein zugeordnetes Thema selbständig und wissenschaftlich auf dem Stand der Forschung bearbeiten. Sie beherrschen die dafür erforderlichen betreffenden wissenschaftlichen Methoden und Verfahren, setzen diese korrekt an, passen sie an und entwickeln sie weiter. Alternative Ansätze werden kritisch verglichen. Die Absolventinnen und Absolventen schreiben ihre Ergebnisse klar strukturiert und in akademisch angemessener Form in ihrer Arbeit auf.

### Inhalt

Nach §11 SPO soll die Masterarbeit zeigen, dass die Studentin in der Lage ist, ein Problem aus ihrem Fach selbstständig und in begrenzter Zeit nach wissenschaftlichen Methoden, die dem Stand der Forschung entsprechen, zu bearbeiten. Der Studentin ist Gelegenheit zu geben, für das Thema eigene Vorschläge zu machen. Auf Antrag der Studentin sorgt ausnahmsweise die Vorsitzende des Prüfungsausschusses dafür, dass die Studentin innerhalb von vier Wochen nach Antragstellung von einer Betreuerin ein Thema für die Masterarbeit erhält.

### Arbeitsaufwand in h

Arbeitsaufwand gesamt: 900 h

Präsenzstudium: 0 h

Eigenstudium: 900 h



Universität Karlsruhe (TH) | Der Rektor  
Forschungsuniversität · gegründet 1825

# Amtliche Bekanntmachung

---

2009

Ausgegeben Karlsruhe, den 28. August 2009

Nr. 74

## Inhalt

Seite

Studien- und Prüfungsordnung der Universität Karlsruhe (TH) 442  
für den Masterstudiengang Mathematik



## **Studien- und Prüfungsordnung der Universität Karlsruhe (TH) für den Masterstudiengang Mathematik**

Aufgrund von § 34 Abs. 1, Satz 1 des Landeshochschulgesetzes (LHG) vom 1. Januar 2005 hat die beschließende Senatskommission für Prüfungsordnungen der Universität Karlsruhe (TH) am 13. Februar 2009 die folgende Studien- und Prüfungsordnung für den Masterstudiengang Mathematik beschlossen.

Der Rektor hat seine Zustimmung am 28. August 2009 erteilt.

### **Inhaltsverzeichnis**

#### **I. Allgemeine Bestimmungen**

- § 1 Geltungsbereich, Ziele
- § 2 Akademischer Grad
- § 3 Regelstudienzeit, Studienaufbau, Leistungspunkte
- § 4 Aufbau der Prüfungen
- § 5 Anmeldung und Zulassung zu den Prüfungen
- § 6 Durchführung von Prüfungen und Erfolgskontrollen
- § 7 Bewertung von Prüfungen und Erfolgskontrollen
- § 8 Erlöschen des Prüfungsanspruchs, Wiederholung von Prüfungen und Erfolgskontrollen
- § 9 Versäumnis, Rücktritt, Täuschung, Ordnungsverstoß
- § 10 Mutterschutz, Elternzeit, Wahrnehmung von Familienpflichten
- § 11 Masterarbeit
- § 12 Berufspraktikum
- § 13 Zusatzleistungen, Zusatzmodule, Schlüsselqualifikationen
- § 14 Prüfungsausschuss
- § 15 Prüferinnen und Beisitzende
- § 16 Anrechnung von Studienzeiten, Anerkennung von Studienleistungen und Modulprüfungen

#### **II. Masterprüfung**

- § 17 Umfang und Art der Masterprüfung
- § 18 Bestehen der Masterprüfung, Bildung der Gesamtnote
- § 19 Masterzeugnis, Masterurkunde, Transcript of Records und Diploma Supplement

#### **III. Schlussbestimmungen**

- § 20 Bescheid über Nicht-Bestehen, Bescheinigung von Prüfungsleistungen
- § 21 Ungültigkeit der Masterprüfung, Entziehung des Mastergrades
- § 22 Einsicht in die Prüfungsakten
- § 23 In-Kraft-Treten

Die Universität Karlsruhe (TH) hat sich im Rahmen der Umsetzung des Bolognaprozesses zum Aufbau eines Europäischen Hochschulraumes zum Ziel gesetzt, dass am Abschluss der Studierendenausbildung an der Universität Karlsruhe (TH) der Mastergrad stehen soll. Die Universität Karlsruhe (TH) sieht daher die an der Universität Karlsruhe (TH) angebotenen konsekutiven Bachelor- und Masterstudiengänge als Gesamtkonzept mit konsekutivem Curriculum.

In dieser Satzung wird nur die weibliche Sprachform gewählt. Alle personenbezogenen Aussagen gelten jedoch stets für Frauen und Männer gleichermaßen.

## I. Allgemeine Bestimmungen

### § 1 Geltungsbereich, Ziele

(1) Diese Masterprüfungsordnung regelt Studienablauf, Prüfungen und den Abschluss des Studiums im Masterstudiengang Mathematik an der Universität Karlsruhe (TH).

(2) Im Masterstudium sollen die im Bachelorstudium erworbenen wissenschaftlichen Qualifikationen weiter vertieft oder ergänzt werden. Die Studentin soll in der Lage sein, die wissenschaftlichen Erkenntnisse und Methoden selbstständig anzuwenden und ihre Bedeutung und Reichweite für die Lösung komplexer wissenschaftlicher und gesellschaftlicher Problemstellungen zu bewerten.

### § 2 Akademischer Grad

Aufgrund der bestandenen Masterprüfung wird der akademische Grad „Master of Science“ (abgekürzt: „M.Sc.“) verliehen.

### § 3 Regelstudienzeit, Studienaufbau, Leistungspunkte

(1) Die Regelstudienzeit beträgt vier Semester. Sie umfasst neben den Lehrveranstaltungen Prüfungen und die Masterarbeit.

(2) Die Studentin wählt zu Beginn des Studiums ein Ergänzungsfach. Es kann eines der folgenden Fächer gewählt werden:

1. Informatik,
2. Physik,
3. Wirtschaftswissenschaften,
4. Maschinenbau,
5. Elektrotechnik,
6. Mathematisches Ergänzungsfach, das nicht zu den zwei gewählten Fächern gehört (siehe § 17 Abs. 2).

Auf Antrag können auch andere Ergänzungsfächer vom Prüfungsausschuss genehmigt werden.

(3) Die im Studium zu absolvierenden Lehrinhalte sind in Module gegliedert, die jeweils aus einer Lehrveranstaltung oder mehreren, thematisch und zeitlich aufeinander bezogenen Lehrveranstaltungen bestehen. Art, Umfang und Zuordnung der Module zu einem Fach sowie die Möglichkeiten, Module untereinander zu kombinieren, beschreibt der Studienplan. Die Fächer und ihr Umfang werden in § 17 definiert.

**(4)** Der für das Absolvieren von Lehrveranstaltungen und Modulen vorgesehene Arbeitsaufwand wird in Leistungspunkten (Credits) ausgewiesen. Die Maßstäbe für die Zuordnung von Leistungspunkten entsprechen dem ECTS (European Credit Transfer System). Ein Leistungspunkt entspricht einem Arbeitsaufwand von etwa 30 Stunden.

**(5)** Der Umfang der für den erfolgreichen Abschluss des Studiums erforderlichen Studienleistungen wird in Leistungspunkten gemessen und beträgt insgesamt 120 Leistungspunkte.

**(6)** Die Verteilung der Leistungspunkte im Studienplan auf die Semester hat in der Regel gleichmäßig zu erfolgen.

**(7)** Lehrveranstaltungen können auch in englischer Sprache angeboten werden.

#### **§ 4 Aufbau der Prüfungen**

**(1)** Die Masterprüfung besteht aus einer Masterarbeit und Fachprüfungen, jede der Fachprüfungen aus einer oder mehreren Modulprüfungen, jede Modulprüfung aus einer oder mehreren Modulteilprüfungen. Eine Modulteilprüfung besteht aus mindestens einer Erfolgskontrolle.

**(2)** Erfolgskontrollen sind:

1. schriftliche Prüfungen,
2. mündliche Prüfungen oder
3. Erfolgskontrollen anderer Art.

Erfolgskontrollen anderer Art sind z.B. Vorträge, Übungsscheine, Projekte, schriftliche Arbeiten, Berichte, Seminararbeiten und Klausuren, sofern sie nicht als schriftliche oder mündliche Prüfung in der Modul- oder Lehrveranstaltungsbeschreibung im Studienplan ausgewiesen sind.

**(3)** In der Regel sind mindestens 50 % einer Modulprüfung in Form von schriftlichen oder mündlichen Prüfungen (Absatz 2, Nr. 1 und 2) abzulegen, die restlichen Prüfungen erfolgen durch Erfolgskontrollen anderer Art (Absatz 2, Nr. 3). Hiervon ausgenommen sind Seminarmodule.

#### **§ 5 Anmeldung und Zulassung zu den Prüfungen**

**(1)** Um an den Modulprüfungen teilnehmen zu können, muss sich die Studentin schriftlich oder per Online-Anmeldung beim Studienbüro anmelden. Hierbei sind die gemäß dem Studienplan für die jeweilige Modulprüfung notwendigen Studienleistungen nachzuweisen. Darüber hinaus muss sich die Studentin für jede einzelne Modulteilprüfung, die in Form einer schriftlichen oder mündlichen Prüfung (§ 4 Abs. 2, Nr. 1 und 2) durchgeführt wird, beim Studienbüro anmelden. Dies gilt auch für die Anmeldung zur Masterarbeit.

**(2)** Um zu schriftlichen und/oder mündlichen Prüfungen (§ 4 Abs. 2, Nr. 1 und 2) in einem bestimmten Modul zugelassen zu werden, muss die Studentin vor der ersten schriftlichen oder mündlichen Prüfung in diesem Modul beim Studienbüro eine bindende Erklärung über die Wahl des betreffenden Moduls und dessen Zuordnung zu einem Fach, wenn diese Wahlmöglichkeit besteht, abgeben.

**(3)** Die Zulassung darf nur abgelehnt werden, wenn die Studentin in einem mit der Mathematik vergleichbaren oder einem verwandten Studiengang bereits eine Diplomvorprüfung, Diplomprüfung, Bachelor- oder Masterprüfung nicht bestanden hat, sich in einem Prüfungsverfahren befindet oder den Prüfungsanspruch in einem solchen Studiengang verloren hat. In Zweifelsfällen entscheidet der Prüfungsausschuss.

#### **§ 6 Durchführung von Prüfungen und Erfolgskontrollen**

**(1)** Erfolgskontrollen werden studienbegleitend durchgeführt, in der Regel im Verlauf der Vermittlung der Lehrinhalte der einzelnen Module oder zeitnah danach.

**(2)** Die Art der Erfolgskontrolle (§ 4 Abs. 2, Nr. 1 bis 3) der einzelnen Lehrveranstaltungen wird von der Prüferin der betreffenden Lehrveranstaltung in Bezug auf die Lehrinhalte der Lehrveranstaltung und die Lehrziele des Moduls festgelegt. Die Prüferin, die Art der Erfolgskontrollen, ihre Häufigkeit, Reihenfolge und Gewichtung und die Bildung der Lehrveranstaltungsnote müssen mindestens sechs Wochen vor Semesterbeginn bekannt gegeben werden. Im Einvernehmen zwischen Prüferin und Studentin kann die Art der Erfolgskontrolle auch nachträglich geändert werden. Dabei ist jedoch § 4 Abs. 3 zu berücksichtigen.

**(3)** Bei unvertretbar hohem Prüfungsaufwand kann eine schriftlich durchzuführende Prüfung auch mündlich oder eine mündlich durchzuführende Prüfung auch schriftlich abgenommen werden. Diese Änderung muss mindestens sechs Wochen vor der Prüfung bekannt gegeben werden.

**(4)** Weist eine Studentin nach, dass sie wegen länger andauernder oder ständiger körperlicher Behinderung nicht in der Lage ist, die Erfolgskontrollen ganz oder teilweise in der vorgeschriebenen Form abzulegen, kann der zuständige Prüfungsausschuss – in dringenden Angelegenheiten, deren Erledigung nicht bis zu einer Sitzung des Ausschusses aufgeschoben werden kann, dessen Vorsitzende – gestatten, Erfolgskontrollen in einer anderen Form zu erbringen. Auf Antrag kann der Prüfungsausschuss auch in anderen begründeten Ausnahmefällen gestatten, Erfolgskontrollen in einer anderen Form zu erbringen.

**(5)** Bei Lehrveranstaltungen in englischer Sprache können mit Zustimmung der Studentin die entsprechenden Erfolgskontrollen in englischer Sprache abgenommen werden.

**(6)** Schriftliche Prüfungen (§ 4 Abs. 2, Nr. 1) sind in der Regel von einer Prüferin nach § 15 Abs. 2 oder § 15 Abs. 3 zu bewerten. Die Note ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der Einzelbewertungen. Entspricht das arithmetische Mittel keiner der in § 7 Abs. 2, Satz 2 definierten Notenstufen, so ist auf die nächstliegende Notenstufe zu runden. Bei gleichem Abstand ist auf die nächstbessere Notenstufe zu runden. Das Bewertungsverfahren soll sechs Wochen nicht überschreiten. Schriftliche Einzelprüfungen dauern mindestens 60 und höchstens 240 Minuten.

**(7)** Mündliche Prüfungen (§ 4 Abs. 2, Nr. 2) sind von mehreren Prüferinnen (Kollegialprüfung) oder von einer Prüferin in Gegenwart einer Beisitzenden als Einzelprüfungen abzunehmen und zu bewerten. Vor der Festsetzung der Note hört die Prüferin die anderen an der Kollegialprüfung mitwirkenden Prüferinnen an. Mündliche Prüfungen dauern in der Regel mindestens 15 Minuten und maximal 45 Minuten.

**(8)** Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse der mündlichen Prüfung in den einzelnen Fächern sind in einem Protokoll festzuhalten. Das Ergebnis der Prüfung ist der Studentin im Anschluss an die mündliche Prüfung bekannt zu geben.

**(9)** Studentinnen, die sich in einem späteren Prüfungszeitraum der gleichen Prüfung unterziehen wollen, werden entsprechend den räumlichen Verhältnissen als Zuhörerinnen bei mündlichen Prüfungen zugelassen. Die Zulassung erstreckt sich nicht auf die Beratung und Bekanntgabe der Prüfungsergebnisse. Aus wichtigen Gründen oder auf Antrag der Studentin ist die Zulassung zu versagen.

**(10)** Für Erfolgskontrollen anderer Art sind angemessene Bearbeitungsfristen einzuräumen und Abgabetermine festzulegen. Dabei ist durch die Art der Aufgabenstellung und durch entsprechende Dokumentation sicherzustellen, dass die erbrachte Studienleistung der Studentin zurechenbar ist. Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse einer solchen Erfolgskontrolle sind in einem Protokoll festzuhalten.

**(11)** Schriftliche Arbeiten im Rahmen einer Erfolgskontrolle anderer Art haben dabei die folgende Erklärung zu tragen: „Ich versichere wahrheitsgemäß, die Arbeit selbstständig angefertigt, alle benutzten Hilfsmittel vollständig und genau angegeben und alles kenntlich gemacht zu haben, was aus Arbeiten anderer unverändert oder mit Abänderungen entnommen wurde.“ Trägt die Arbeit diese Erklärung nicht, wird diese Arbeit nicht angenommen. Die wesentlichen Gegenstände und Ergebnisse einer solchen Erfolgskontrolle sind in einem Protokoll festzuhalten.

**(12)** Bei mündlich durchgeführten Erfolgskontrollen anderer Art muss in der Regel neben der Prüferin eine Beisitzende anwesend sein, die zusätzlich zur Prüferin die Protokolle zeichnet.

**§ 7 Bewertung von Prüfungen und Erfolgskontrollen**

**(1)** Das Ergebnis einer Erfolgskontrolle wird von den jeweiligen Prüferinnen in Form einer Note festgesetzt.

**(2)** Im Masterzeugnis dürfen nur folgende Noten verwendet werden:

1	: sehr gut (very good)	= hervorragende Leistung,
2	: gut (good)	= eine Leistung, die erheblich über den durchschnittlichen Anforderungen liegt,
3	: befriedigend (satisfactory)	= eine Leistung, die durchschnittlichen Anforderungen entspricht,
4	: ausreichend (sufficient)	= eine Leistung, die trotz ihrer Mängel noch den Anforderungen genügt,
5	: nicht ausreichend (failed)	= eine Leistung, die wegen erheblicher Mängel nicht den Anforderungen genügt.

Für die Masterarbeit und die Modulteilprüfungen sind zur differenzierten Bewertung nur folgende Noten zugelassen:

1	1.0, 1.3	= sehr gut
2	1.7, 2.0, 2.3	= gut
3	2.7, 3.0, 3.3	= befriedigend
4	3.7, 4.0	= ausreichend
5	4.7, 5.0	= nicht ausreichend

Diese Noten müssen in den Protokollen und in den Anlagen (Transcript of Records und Diploma Supplement) verwendet werden.

**(3)** Für Erfolgskontrollen anderer Art kann im Studienplan die Benotung mit „bestanden“ (passed) oder „nicht bestanden“ (failed) vorgesehen werden.

**(4)** Bei der Bildung der gewichteten Durchschnitte der Fachnoten, Modulnoten und der Gesamtnote wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt; alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen.

**(5)** Jedes Modul, jede Lehrveranstaltung und jede Erfolgskontrolle darf in demselben Studiengang nur einmal angerechnet werden. Die Anrechnung eines Moduls, einer Lehrveranstaltung oder einer Erfolgskontrolle ist darüber hinaus ausgeschlossen, wenn das betreffende Modul, die Lehrveranstaltung oder die Erfolgskontrolle bereits in einem grundständigen Bachelorstudiengang angerechnet wurde, auf dem dieser Masterstudiengang konsekutiv aufbaut.

**(6)** Erfolgskontrollen anderer Art dürfen in Modulteilprüfungen oder Modulprüfungen nur eingerechnet werden, wenn die Benotung nicht nach Absatz 3 erfolgt ist. Die zu dokumentierenden Erfolgskontrollen und die daran geknüpften Bedingungen werden im Studienplan festgelegt.

**(7)** Eine Modulteilprüfung ist bestanden, wenn die Note mindestens „ausreichend“ (4.0) ist.

**(8)** Eine Modulprüfung ist dann bestanden, wenn die Modulnote mindestens „ausreichend“ (4.0) ist. Die Modulprüfung und die Bildung der Modulnote werden im Studienplan geregelt. Die differenzierten Lehrveranstaltungsnoten (Absatz 2) sind bei der Berechnung der Modulnoten als Ausgangsdaten zu verwenden. Enthält der Studienplan keine Regelung darüber, wann eine Modulprüfung bestanden ist, so ist diese Modulprüfung dann endgültig nicht bestanden, wenn eine dem Modul zugeordnete Modulteilprüfung endgültig nicht bestanden wurde.

(9) Die Ergebnisse der Masterarbeit, der Modulprüfungen bzw. der Modulteilprüfungen, der Erfolgskontrollen anderer Art sowie die erworbenen Leistungspunkte werden durch das Studienbüro der Universität erfasst.

(10) Die Noten der Module eines Faches gehen in die Fachnote mit einem Gewicht proportional zu den ausgewiesenen Leistungspunkten der Module ein. Eine Fachprüfung ist bestanden, wenn die für das Fach erforderliche Anzahl von Leistungspunkten nachgewiesen wird.

(11) Die Gesamtnote der Masterprüfung, die Fachnoten und die Modulnoten lauten:

		bis	1.5	=	sehr gut
von	1.6	bis	2.5	=	gut
von	2.6	bis	3.5	=	befriedigend
von	3.6	bis	4.0	=	ausreichend

(12) Zusätzlich zu den Noten nach Absatz 2 werden ECTS-Noten für Fachprüfungen, Modulprüfungen und für die Masterprüfung nach folgender Skala vergeben:

Definition der ECTS-Note:

- A gehört zu den besten 10 % der Studierenden, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
- B gehört zu den nächsten 25 % der Studierenden, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
- C gehört zu den nächsten 30 % der Studierenden, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
- D gehört zu den nächsten 25 % der Studierenden, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
- E gehört zu den letzten 10 % der Studierenden, die die Erfolgskontrolle bestanden haben,
- FX *nicht bestanden* (failed) - es sind Verbesserungen erforderlich, bevor die Leistungen anerkannt werden,
- F *nicht bestanden* (failed) - es sind erhebliche Verbesserungen erforderlich.

Die Quote ist als der Prozentsatz der erfolgreichen Studierenden definiert, die diese Note in der Regel erhalten. Dabei ist von einer mindestens fünfjährigen Datenbasis über mindestens 30 Studierende auszugehen. Für die Ermittlung der Notenverteilungen, die für die ECTS-Noten erforderlich sind, ist das Studienbüro der Universität zuständig. Bis zum Aufbau einer entsprechenden Datenbasis wird als Übergangsregel die Verteilung der Diplomsnoten des Diplomstudiengangs Mathematik per 30. September 2009 zur Bildung dieser Skala für alle Module des Masterstudiengangs Mathematik herangezogen. Diese Verteilung wird jährlich gleitend über mindestens fünf Semester mit mindestens 30 Studierenden jeweils zu Beginn des Semesters für jedes Modul, die Fachnoten und die Gesamtnote angepasst und in diesem Studienjahr für die Festsetzung der ECTS-Note verwendet.

### § 8 Erlöschen des Prüfungsanspruchs, Wiederholung von Prüfungen und Erfolgskontrollen

- (1) Studentinnen können eine nicht bestandene schriftliche Prüfung (§ 4 Abs. 2, Nr. 1) einmal wiederholen. Wird eine schriftliche Wiederholungsprüfung mit „nicht ausreichend“ bewertet, so findet eine mündliche Nachprüfung im zeitlichen Zusammenhang mit dem Termin der nicht bestandenen Prüfung statt. In diesem Falle kann die Note dieser Prüfung nicht besser als „ausreichend“ (4.0) sein.
- (2) Studentinnen können eine nicht bestandene mündliche Prüfung (§ 4 Abs. 2, Nr. 2) einmal wiederholen.
- (3) Wiederholungsprüfungen nach Absatz 1 und 2 müssen in Inhalt, Umfang und Form (mündlich oder schriftlich) der ersten entsprechen. Ausnahmen kann der zuständige Prüfungsausschuss auf Antrag zulassen. Fehlversuche an anderen Hochschulen sind anzurechnen.

**(4)** Die Wiederholung einer Erfolgskontrolle anderer Art (§ 4 Abs. 2, Nr. 3) wird im Studienplan geregelt.

**(5)** Eine zweite Wiederholung derselben schriftlichen oder mündlichen Prüfung ist nur in Ausnahmefällen zulässig. Einen Antrag auf Zweitwiederholung hat die Studentin schriftlich beim Prüfungsausschuss zu stellen. Über den ersten Antrag einer Studentin auf Zweitwiederholung entscheidet der Prüfungsausschuss, wenn er den Antrag genehmigt. Wenn der Prüfungsausschuss diesen Antrag ablehnt, entscheidet die Rektorin. Über weitere Anträge auf Zweitwiederholung entscheidet nach Stellungnahme des Prüfungsausschusses die Rektorin. Absatz 1, Satz 2 und 3 gilt entsprechend.

**(6)** Die Wiederholung einer bestandenen Erfolgskontrolle ist nicht zulässig.

**(7)** Eine Fachprüfung ist endgültig nicht bestanden, wenn mindestens ein Modul des Faches endgültig nicht bestanden ist.

**(8)** Die Masterarbeit kann bei einer Bewertung mit „nicht ausreichend“ einmal wiederholt werden. Eine zweite Wiederholung der Masterarbeit ist ausgeschlossen.

**(9)** Ist gemäß § 34 Abs. 2, Satz 3 LHG die Masterprüfung bis zum Ende des siebten Fachsemesters dieses Studiengangs einschließlich etwaiger Wiederholungen nicht vollständig abgelegt, so erlischt der Prüfungsanspruch im Studiengang, es sei denn, dass die Studentin die Fristüberschreitung nicht zu vertreten hat. Die Entscheidung darüber trifft der Prüfungsausschuss. Die Entscheidung über eine Fristverlängerung und über Ausnahmen von der Fristregelung trifft der Prüfungsausschuss.

### **§ 9 Versäumnis, Rücktritt, Täuschung, Ordnungsverstoß**

**(1)** Die Studentin kann bei schriftlichen Modulprüfungen ohne Angabe von Gründen bis einen Tag (24 Uhr) vor dem Prüfungstermin zurücktreten (Abmeldung). Bei mündlichen Modulprüfungen muss der Rücktritt spätestens drei Werktage vor dem betreffenden Prüfungstermin erklärt werden (Abmeldung). Ein Rücktritt von einer mündlichen Prüfung weniger als drei Werktage vor dem betreffenden Prüfungstermin ist nur unter den Voraussetzungen des Absatzes 3 möglich. Die Abmeldung kann schriftlich bei der Prüferin oder per Online-Abmeldung beim Studienbüro erfolgen. Eine durch Widerruf abgemeldete Prüfung gilt als nicht angemeldet. Der Rücktritt von mündlichen Nachprüfungen im Sinne von § 8 Abs. 2 ist grundsätzlich nur unter den Voraussetzungen von Absatz 3 möglich.

**(2)** Eine Modul- bzw. Modulteilprüfung gilt als mit „nicht ausreichend“ bewertet, wenn die Studentin einen Prüfungstermin ohne triftigen Grund versäumt oder wenn sie nach Beginn der Prüfung ohne triftigen Grund von der Prüfung zurücktritt. Dasselbe gilt, wenn die Masterarbeit nicht innerhalb der vorgesehenen Bearbeitungszeit erbracht wird, es sei denn, die Studentin hat die Fristüberschreitung nicht zu vertreten.

**(3)** Der für den Rücktritt nach Beginn der Prüfung oder das Versäumnis geltend gemachte Grund muss dem Prüfungsausschuss unverzüglich schriftlich angezeigt und glaubhaft gemacht werden. Bei Krankheit der Studentin bzw. eines von ihr allein zu versorgenden Kindes oder pflegebedürftigen Angehörigen kann die Vorlage eines ärztlichen Attestes und in Zweifelsfällen ein amtsärztliches Attest verlangt werden. Die Anerkennung des Rücktritts ist ausgeschlossen, wenn bis zum Eintritt des Hinderungsgrundes bereits Prüfungsleistungen erbracht worden sind und nach deren Ergebnis die Prüfung nicht bestanden werden kann. Wird der Grund anerkannt, wird ein neuer Termin anberaumt. Die bereits vorliegenden Prüfungsergebnisse sind in diesem Fall anzurechnen. Bei Modulprüfungen, die aus mehreren Prüfungen bestehen, werden die Prüfungsleistungen dieses Moduls, die bis zu einem anerkannten Rücktritt bzw. einem anerkannten Versäumnis einer Prüfungsleistung dieses Moduls erbracht worden sind, angerechnet.

**(4)** Versucht die Studentin das Ergebnis seiner Modulprüfung durch Täuschung oder Benutzung nicht zugelassener Hilfsmittel zu beeinflussen, gilt die betreffende Modulprüfung als mit „nicht ausreichend“ (5.0) bewertet.

(5) Eine Studentin, die den ordnungsgemäßen Ablauf der Prüfung stört, kann von der jeweiligen Prüferin oder Aufsicht Führenden von der Fortsetzung der Modulprüfung ausgeschlossen werden. In diesem Fall gilt die betreffende Prüfungsleistung als mit „nicht ausreichend“ (5.0) bewertet. In schwerwiegenden Fällen kann der Prüfungsausschuss die Studentin von der Erbringung weiterer Prüfungsleistungen ausschließen.

(6) Die Studentin kann innerhalb einer Frist von einem Monat verlangen, dass Entscheidungen gemäß Absatz 4 und 5 vom Prüfungsausschuss überprüft werden. Belastende Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind der Studentin unverzüglich schriftlich mitzuteilen. Sie sind zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen. Der Studentin ist vor einer Entscheidung Gelegenheit zur Äußerung zu geben.

(7) Näheres regelt die Allgemeine Satzung der Universität Karlsruhe (TH) zur Redlichkeit bei Prüfungen und Praktika.

### **§ 10 Mutterschutz, Elternzeit, Wahrnehmung von Familienpflichten**

(1) Auf Antrag sind die Mutterschutzfristen, wie sie im jeweils gültigen Gesetz zum Schutz der erwerbstätigen Mutter (MuSchG) festgelegt sind, entsprechend zu berücksichtigen. Dem Antrag sind die erforderlichen Nachweise beizufügen. Die Mutterschutzfristen unterbrechen jede Frist nach dieser Prüfungsordnung. Die Dauer des Mutterschutzes wird nicht in die Frist eingerechnet.

(2) Gleichfalls sind die Fristen der Elternzeit nach Maßgabe des jeweiligen gültigen Gesetzes (BErzGG) auf Antrag zu berücksichtigen. Die Studentin muss bis spätestens vier Wochen vor dem Zeitpunkt, von dem an sie die Elternzeit antreten will, dem Prüfungsausschuss unter Beifügung der erforderlichen Nachweise schriftlich mitteilen, in welchem Zeitraum sie Elternzeit in Anspruch nehmen will. Der Prüfungsausschuss hat zu prüfen, ob die gesetzlichen Voraussetzungen vorliegen, die bei einer Arbeitnehmerin den Anspruch auf Elternzeit auslösen würden, und teilt der Studentin das Ergebnis sowie die neu festgesetzten Prüfungszeiten unverzüglich mit. Die Bearbeitungszeit der Masterarbeit kann nicht durch Elternzeit unterbrochen werden. Die gestellte Arbeit gilt als nicht vergeben. Nach Ablauf der Elternzeit erhält die Studentin ein neues Thema.

(3) Der Prüfungsausschuss entscheidet auf Antrag über die flexible Handhabung von Prüfungsfristen entsprechend den Bestimmungen des Landeshochschulgesetzes, wenn Studierende Familienpflichten wahrzunehmen haben. Die Bearbeitungszeit der Masterarbeit kann nicht durch die Wahrnehmung von Familienpflichten unterbrochen oder verlängert werden. Die gestellte Arbeit gilt als nicht vergeben. Die Studentin erhält ein neues Thema, das innerhalb der in § 11 festgelegten Bearbeitungszeit zu bearbeiten ist.

### **§ 11 Masterarbeit**

(1) Die Masterarbeit soll zeigen, dass die Studentin in der Lage ist, ein Problem aus ihrem Fach selbstständig und in begrenzter Zeit nach wissenschaftlichen Methoden, die dem Stand der Forschung entsprechen, zu bearbeiten.

(2) Zum Modul Masterarbeit wird zugelassen, wer mindestens 70 Leistungspunkte erworben hat.

(3) Die Masterarbeit kann von jeder Prüferin nach § 15 Abs. 2 vergeben und betreut werden. Soll die Masterarbeit außerhalb der Fakultät für Mathematik angefertigt werden, so bedarf dies der Genehmigung des Prüfungsausschusses. Der Studentin ist Gelegenheit zu geben, für das Thema Vorschläge zu machen. Auf Antrag der Studentin sorgt ausnahmsweise die Vorsitzende des Prüfungsausschusses dafür, dass die Studentin innerhalb von vier Wochen nach Antragstellung von einer Betreuerin ein Thema für die Masterarbeit erhält. Die Ausgabe des Themas erfolgt in diesem Fall über die Vorsitzende des Prüfungsausschusses. Die Masterarbeit kann auch auf Englisch geschrieben werden.

(4) Der Masterarbeit werden 30 Leistungspunkte zugeordnet. Die Bearbeitungsdauer beträgt sechs Monate. Thema, Aufgabenstellung und Umfang der Masterarbeit sind von der Betreuerin



so zu begrenzen, dass sie mit dem in Satz 1 festgelegten Arbeitsaufwand bearbeitet werden kann. Auf begründeten Antrag der Studentin kann der Prüfungsausschuss diesen Zeitraum um höchstens drei Monate verlängern.

**(5)** Bei der Abgabe der Masterarbeit hat die Studentin schriftlich zu versichern, dass sie die Arbeit selbstständig verfasst hat und keine anderen als die von ihr angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt hat, die wörtlich oder inhaltlich übernommenen Stellen als solche kenntlich gemacht und die Satzung der Universität Karlsruhe (TH) zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis in der jeweils gültigen Fassung beachtet hat. Wenn diese Erklärung nicht enthalten ist, wird die Arbeit nicht angenommen. Bei Abgabe einer unwahren Versicherung wird die Masterarbeit mit „nicht ausreichend“ (5.0) bewertet.

**(6)** Der Zeitpunkt der Ausgabe des Themas der Masterarbeit und der Zeitpunkt der Abgabe der Masterarbeit sind aktenkundig zu machen. Die Studentin kann das Thema der Masterarbeit nur einmal und nur innerhalb der ersten zwei Monate der Bearbeitungszeit zurückgeben. Wird die Masterarbeit nicht fristgerecht abgeliefert, gilt sie als mit „nicht ausreichend“ bewertet, es sei denn, dass die Studentin dieses Versäumnis nicht zu vertreten hat. Die Möglichkeit der Wiederholung wird in § 8 geregelt.

**(7)** Die Masterarbeit wird von einer Betreuerin sowie in der Regel von einer weiteren Prüferin aus der Fakultät begutachtet und bewertet. Eine der beiden muss Hochschullehrerin sein. Bei nicht übereinstimmender Beurteilung der beiden Prüferinnen setzt der Prüfungsausschuss im Rahmen der Bewertung der beiden Prüferinnen die Note der Masterarbeit fest. Der Bewertungszeitraum soll acht Wochen nicht überschreiten.

## **§ 12 Berufspraktikum**

**(1)** Der Studentin wird empfohlen, während des Masterstudiums ein Berufspraktikum abzuleisten, welches geeignet ist, der Studentin eine Anschauung von der Anwendbarkeit von Mathematik zu vermitteln. Dem Berufspraktikum sind 8 Leistungspunkte zugeordnet.

**(2)** Die Studentin setzt sich in eigener Verantwortung mit geeigneten privaten bzw. öffentlichen Einrichtungen in Verbindung, an denen das Praktikum abgeleistet werden kann. Die Studentin wird dabei von einer Prüferin nach § 15 Abs. 2 und einer Firmenbetreuerin betreut.

**(3)** Am Ende des Berufspraktikums ist der Prüferin ein kurzer Bericht abzugeben und eine Kurzpräsentation der Erfahrungen im Berufspraktikum zu halten.

**(4)** Das Berufspraktikum ist abgeschlossen, wenn eine mindestens sechswöchige Tätigkeit nachgewiesen wird, der Bericht abgegeben und die Kurzpräsentation gehalten wurde. Das Berufspraktikum geht nicht in die Gesamtnote ein. Ein freiwillig abgeleitetes Praktikum wird als Zusatzleistung im Sinne von § 13 Abs. 1 in das Transcript of Records aufgenommen.

## **§ 13 Zusatzleistungen, Zusatzmodule, Schlüsselqualifikationen**

**(1)** Innerhalb der Regelstudienzeit, einschließlich der Urlaubssemester für das Studium an einer ausländischen Hochschule (Regelprüfungszeit), können in einem Modul bzw. Fach auch weitere Leistungspunkte (Zusatzleistungen) im Umfang von höchstens 20 Leistungspunkten pro Studiengang erworben werden. § 3 und § 4 der Prüfungsordnung bleiben davon unberührt. Diese Zusatzleistungen gehen nicht in die Festsetzung der Gesamt-, Fach- und Modulnoten ein. Die bei der Festlegung der Modul- bzw. Fachnote nicht berücksichtigten Leistungspunkte werden als Zusatzleistungen automatisch im Transcript of Records aufgeführt und als Zusatzleistungen gekennzeichnet. Zusatzleistungen werden mit den nach § 7 vorgesehenen Noten gelistet.

**(2)** Die Studentin hat bereits bei der Anmeldung zu einer Prüfung in einem Modul diese als Zusatzleistung zu deklarieren.

**(3)** Die Ergebnisse maximal zweier Module, die jeweils mindestens 6 Leistungspunkte umfassen müssen, werden auf Antrag der Studentin in das Bachelorzeugnis als Zusatzmodule aufgenommen und als Zusatzmodule gekennzeichnet. Zusatzmodule werden bei der Festsetzung der

Gesamtnote nicht mit einbezogen. Nicht in das Zeugnis aufgenommene Zusatzmodule werden im Transcript of Records automatisch aufgenommen und als Zusatzmodule gekennzeichnet. Zusatzmodule werden mit den nach § 7 vorgesehenen Noten gelistet.

(4) Neben den verpflichtenden fachwissenschaftlichen Modulen sind Module zu den überfachlichen Schlüsselqualifikationen im Umfang von mindestens 6 Leistungspunkten Bestandteil eines Masterstudiums. Im Studienplan werden Empfehlungen ausgesprochen, welche Module im Rahmen des Angebots zur Vermittlung der additiven Schlüsselqualifikationen belegt werden sollen.

#### § 14 Prüfungsausschuss

(1) Für den Masterstudiengang Mathematik wird ein Prüfungsausschuss gebildet. Er besteht aus vier stimmberechtigten Mitgliedern (drei Hochschullehrerinnen, Hochschul- oder Privatdozentinnen und einer Vertreterin der Gruppe der akademischen Mitarbeiterinnen nach § 10 Abs. 1, Satz 2, Nr. 2 LHG) sowie einer Vertreterin der Studentinnen mit beratender Stimme. Im Falle der Einrichtung eines gemeinsamen Prüfungsausschusses für den Bachelorstudiengang Mathematik und die Masterstudiengänge Mathematik, Technomathematik und Wirtschaftsmathematik erhöht sich die Anzahl der Vertreterinnen der Studentinnen auf zwei Mitglieder mit beratender Stimme, wobei je eine Vertreterin aus dem Bachelor- und aus dem Masterstudiengang stammt. Weitere Mitglieder mit beratender Stimme können vom Fakultätsrat bestellt werden. Die Amtszeit der nichtstudentischen Mitglieder beträgt zwei Jahre, die der studentischen Mitglieder ein Jahr.

(2) Die Vorsitzende, ihre Stellvertreterin, die weiteren Mitglieder des Prüfungsausschusses sowie deren Stellvertreterinnen werden von dem Fakultätsrat bestellt, das Mitglied der Gruppe der akademischen Mitarbeiterinnen nach § 10 Abs. 1, Satz 2, Nr. 2 LHG und die Vertreterin der Studentinnen auf Vorschlag der Mitglieder der jeweiligen Gruppe; Wiederbestellung ist möglich. Die Vorsitzende und deren Stellvertreterin müssen Hochschullehrerinnen sein. Die Vorsitzende des Prüfungsausschusses nimmt die laufenden Geschäfte wahr.

(3) Der Prüfungsausschuss ist zuständig für die Organisation der Modulprüfungen und die Durchführung der ihm durch diese Studien- und Prüfungsordnung zugewiesenen Aufgaben. Er achtet auf die Einhaltung der Bestimmungen dieser Studien- und Prüfungsordnung und fällt die Entscheidung in Prüfungsangelegenheiten. Er entscheidet über die Anrechnung von Studienzeiten, Studienleistungen und Modulprüfungen und übernimmt die Gleichwertigkeitsfeststellung. Er berichtet der Fakultät regelmäßig über die Entwicklung der Prüfungs- und Studienzeiten, einschließlich der Bearbeitungszeiten für die Masterarbeiten und die Verteilung der Fach- und Gesamtnote. Er gibt Anregungen zur Reform der Studien- und Prüfungsordnung und des Modulhandbuchs.

(4) Der Prüfungsausschuss kann die Erledigung seiner Aufgaben für alle Regelfälle auf die Vorsitzende des Prüfungsausschusses übertragen.

(5) Die Mitglieder des Prüfungsausschusses haben das Recht, der Abnahme von Prüfungen beizuwohnen. Die Mitglieder des Prüfungsausschusses, die Prüferinnen und die Beisitzenden unterliegen der Amtsverschwiegenheit. Sofern sie nicht im öffentlichen Dienst stehen, sind sie durch die Vorsitzende zur Verschwiegenheit zu verpflichten.

(6) In Angelegenheiten des Prüfungsausschusses, die eine an einer anderen Fakultät zu absolvierende Prüfungsleistung betreffen, ist auf Antrag eines Mitgliedes des Prüfungsausschusses eine fachlich zuständige und von der betroffenen Fakultät zu nennende Hochschullehrerin, Hochschul- oder Privatdozentin hinzuzuziehen. Sie hat in diesem Punkt Stimmrecht.

(7) Belastende Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind der Studentin schriftlich mitzuteilen. Sie sind zu begründen und mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen. Widersprüche gegen Entscheidungen des Prüfungsausschusses sind innerhalb eines Monats nach Zugang der Entscheidung schriftlich oder zur Niederschrift beim Rektorat der Universität Karlsruhe (TH) einzulegen.

### **§ 15 Prüferinnen und Beisitzende**

**(1)** Der Prüfungsausschuss bestellt die Prüferinnen und die Beisitzenden. Er kann die Bestellung der Vorsitzenden übertragen.

**(2)** Prüferinnen sind Hochschullehrerinnen und habilitierte Mitglieder der Fakultät für Mathematik sowie akademische Mitarbeiterinnen, denen die Prüfungsbefugnis übertragen wurde. Zur Prüferin und Beisitzenden darf nur bestellt werden, wer mindestens die dem jeweiligen Prüfungsgegenstand entsprechende fachwissenschaftliche Qualifikation erworben hat.

**(3)** Soweit Lehrveranstaltungen von anderen als den unter Absatz 2 genannten Personen durchgeführt werden, sollen diese zu Prüferinnen bestellt werden, wenn die Fakultät für Mathematik ihnen eine diesbezügliche Prüfungsbefugnis erteilt hat.

**(4)** Zur Beisitzenden darf nur bestellt werden, wer einen akademischen Abschluss in einem Masterstudiengang der Mathematik oder einen gleichwertigen akademischen Abschluss erworben hat.

### **§ 16 Anrechnung von Studienzeiten, Anerkennung von Studienleistungen und Modulprüfungen**

**(1)** Studienzeiten und Studienleistungen und Modulprüfungen, die in gleichen oder anderen Studiengängen an der Universität Karlsruhe (TH) oder an anderen Hochschulen erbracht wurden, werden angerechnet, soweit Gleichwertigkeit besteht. Gleichwertigkeit ist festzustellen, wenn Leistungen in Inhalt, Umfang und in den Anforderungen denjenigen des Studiengangs im Wesentlichen entsprechen. Dabei ist kein schematischer Vergleich, sondern eine Gesamtbetrachtung vorzunehmen. Bezüglich des Umfangs einer zur Anerkennung vorgelegten Studienleistung und Modulprüfung werden die Grundsätze des ECTS herangezogen; die inhaltliche Gleichwertigkeitsprüfung orientiert sich an den Qualifikationszielen des Moduls.

**(2)** Werden Leistungen angerechnet, können die Noten – soweit die Notensysteme vergleichbar sind – übernommen werden und in die Berechnung der Modulnoten und der Gesamtnote einbezogen werden. Liegen keine Noten vor, muss die Leistung nicht anerkannt werden. Die Studentin hat die für die Anrechnung erforderlichen Unterlagen vorzulegen.

**(3)** Bei der Anrechnung von Studienzeiten und der Anerkennung von Studienleistungen und Modulprüfungen, die außerhalb der Bundesrepublik erbracht wurden, sind die von der Kultusministerkonferenz und der Hochschulrektorenkonferenz gebilligten Äquivalenzvereinbarungen sowie Absprachen im Rahmen der Hochschulpartnerschaften zu beachten.

**(4)** Absatz 1 gilt auch für Studienzeiten, Studienleistungen und Modulprüfungen, die in staatlich anerkannten Fernstudien- und an anderen Bildungseinrichtungen, insbesondere an staatlichen oder staatlich anerkannten Berufsakademien erworben wurden.

**(5)** Die Anerkennung von Teilen der Masterprüfung kann versagt werden, wenn in einem Studiengang mehr als die Hälfte aller Erfolgskontrollen und/oder in einem Studiengang mehr als die Hälfte der erforderlichen Leistungspunkte und/oder die Masterarbeit anerkannt werden soll/en. Dies gilt insbesondere bei einem Studiengangwechsel sowie bei einem Studienortwechsel.

**(6)** Zuständig für die Anrechnungen ist der Prüfungsausschuss. Vor Feststellungen über die Gleichwertigkeit sind die zuständigen Fachvertreterinnen zu hören. Der Prüfungsausschuss entscheidet in Abhängigkeit von Art und Umfang der anzurechnenden Studien- und Prüfungsleistungen über die Einstufung in ein höheres Fachsemester.

## II. Masterprüfung

### § 17 Umfang und Art der Masterprüfung

(1) Die Masterprüfung besteht aus den Fachprüfungen nach Absatz 2 und 3 sowie der Masterarbeit nach Absatz 6.

(2) Es sind Fachprüfungen aus zwei der folgenden vier mathematischen Fächer abzulegen:

1. Algebra und Geometrie,
2. Analysis,
3. Angewandte und Numerische Mathematik,
4. Stochastik.

Mindestens eines dieser Fächer muss Algebra und Geometrie oder Analysis sein.

In einem der beiden gewählten Fächer müssen 16 Leistungspunkte, in dem anderen 24 Leistungspunkte nachgewiesen werden.

(3) Es sind Prüfungen in einem Ergänzungsfach im Umfang von 16 - 24 Leistungspunkten abzulegen. Das Ergänzungsfach kann eines der nicht in Absatz 2 gewählten mathematischen Fächer 1. - 4. sein oder eines der nicht-mathematischen Anwendungsfächer von § 3 Abs. 2.

(4) Es sind Prüfungen in einem Wahlpflichtfach Mathematik im Umfang von 14 - 22 Leistungspunkten abzulegen.

Die geprüften Module aus Absatz 3 und 4 zusammen müssen den Umfang von 38 Leistungspunkten erreichen.

(5) Ferner müssen zwei Seminarmodule über je 3 Leistungspunkte abgelegt werden.

Neben den fachwissenschaftlichen Modulen sind Module zu den Schlüsselqualifikationen im Umfang von 6 Leistungspunkten nach § 13 Abs. 4. abzulegen.

Die Module, die ihnen zugeordneten Leistungspunkte und die Zuordnung der Module zu den Fächern sind im Studienplan festgelegt. Zur entsprechenden Modulprüfung kann nur zugelassen werden, wer die Anforderungen nach § 5 erfüllt.

(6) Als weitere Prüfungsleistung ist eine Masterarbeit gemäß § 11 anzufertigen.

### § 18 Bestehen der Masterprüfung, Bildung der Gesamtnote

(1) Die Masterprüfung ist bestanden, wenn alle in § 17 genannten Prüfungsleistungen mit mindestens „ausreichend“ bewertet wurden und 120 Leistungspunkte erreicht worden sind.

(2) Die Gesamtnote der Masterprüfung errechnet sich als ein mit Leistungspunkten gewichteter Notendurchschnitt. Dabei werden alle Prüfungsleistungen nach § 17 mit ihren Leistungspunkten gewichtet.

(3) Hat die Studentin die Masterarbeit mit der Note 1.0 und die Masterprüfung mit einem Durchschnitt von 1.0 abgeschlossen, so wird das Prädikat „mit Auszeichnung“ (with distinction) verliehen. Mit einer Masterarbeit mit der Note 1.0 und bis zu einem Durchschnitt von 1.3 kann auf Antrag an den Prüfungsausschuss das Prädikat „mit Auszeichnung“ (with distinction) verliehen werden.

### § 19 Masterzeugnis, Masterurkunde, Transcript of Records und Diploma Supplement

(1) Über die Masterprüfung werden nach Bewertung der letzten Prüfungsleistung eine Masterurkunde und ein Masterzeugnis erstellt. Die Ausfertigung von Masterurkunde und Masterzeugnis soll nicht später als sechs Wochen nach der Bewertung der letzten Prüfungsleistung erfolgen. Masterurkunde und Masterzeugnis werden in deutscher und englischer Sprache ausgestellt.

Masterurkunde und Zeugnis tragen das Datum der erfolgreichen Erbringung der letzten Prüfungsleistung. Sie werden der Studentin gleichzeitig ausgehändigt. In der Masterurkunde wird die Verleihung des akademischen Mastergrades beurkundet. Die Masterurkunde wird von der Rektorin und der Dekanin unterzeichnet und mit dem Siegel der Universität versehen.

**(2)** Das Zeugnis enthält die in den Fachprüfungen, den zugeordneten Modulprüfungen und der Masterarbeit erzielten Noten, deren zugeordnete Leistungspunkte und ECTS-Noten und die Gesamtnote und die ihr entsprechende ECTS-Note. Das Zeugnis ist von der Dekanin und von der Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zu unterzeichnen.

**(3)** Weiterhin erhält die Studentin als Anhang ein Diploma Supplement in deutscher und englischer Sprache, das den Vorgaben des jeweils gültigen ECTS User's Guide entspricht. Das Diploma Supplement enthält eine Abschrift der Studiendaten der Studentin (Transcript of Records).

**(4)** Die Abschrift der Studiendaten (Transcript of Records) enthält in strukturierter Form alle von der Studentin erbrachten Prüfungsleistungen. Dies beinhaltet alle Fächer, Fachnoten und ihre entsprechende ECTS-Note samt den zugeordneten Leistungspunkten, die dem jeweiligen Fach zugeordneten Module mit den Modulnoten, entsprechender ECTS-Note und zugeordneten Leistungspunkten sowie die den Modulen zugeordneten Lehrveranstaltungen samt Noten und zugeordneten Leistungspunkten. Aus der Abschrift der Studiendaten soll die Zugehörigkeit von Lehrveranstaltungen zu den einzelnen Modulen und die Zugehörigkeit der Module zu den einzelnen Fächern deutlich erkennbar sein. Angerechnete Studienleistungen sind im Transcript of Records aufzunehmen.

**(5)** Die Masterurkunde, das Masterzeugnis und das Diploma Supplement einschließlich des Transcript of Records werden vom Studienbüro der Universität ausgestellt.

### **III. Schlussbestimmungen**

#### **§ 20 Bescheid über Nicht-Bestehen, Bescheinigung von Prüfungsleistungen**

**(1)** Der Bescheid über die endgültig nicht bestandene Masterprüfung wird der Studentin durch den Prüfungsausschuss in schriftlicher Form erteilt. Der Bescheid ist mit einer Rechtsbehelfsbelehrung zu versehen.

**(2)** Hat die Studentin die Masterprüfung endgültig nicht bestanden, wird ihr auf Antrag und gegen Vorlage der Exmatrikulationsbescheinigung eine schriftliche Bescheinigung ausgestellt, die die erbrachten Prüfungsleistungen und deren Noten sowie die zur Prüfung noch fehlenden Prüfungsleistungen enthält und erkennen lässt, dass die Prüfung insgesamt nicht bestanden ist. Dasselbe gilt, wenn der Prüfungsanspruch erloschen ist.

#### **§ 21 Ungültigkeit der Masterprüfung, Entziehung des Mastergrades**

**(1)** Hat die Studentin bei einer Prüfungsleistung getäuscht und wird diese Tatsache nach der Aushändigung des Zeugnisses bekannt, so können die Noten der Modulprüfungen, bei deren Erbringung die Studentin getäuscht hat, berichtigt werden. Gegebenenfalls kann die Modulprüfung für „nicht ausreichend“ (5.0) und die Masterprüfung für „nicht bestanden“ erklärt werden.

**(2)** Waren die Voraussetzungen für die Zulassung zu einer Prüfung nicht erfüllt, ohne dass die Studentin darüber täuschen wollte, und wird diese Tatsache erst nach Aushändigung des Zeugnisses bekannt, wird dieser Mangel durch das Bestehen der Prüfung geheilt. Hat die Studentin die Zulassung vorsätzlich zu Unrecht erwirkt, so kann die Modulprüfung für „nicht ausreichend“ (5.0) und die Masterprüfung für „nicht bestanden“ erklärt werden.

**(3)** Vor einer Entscheidung des Prüfungsausschusses ist Gelegenheit zur Äußerung zu geben.

- (4) Das unrichtige Zeugnis ist zu entziehen und gegebenenfalls ein neues zu erteilen. Mit dem unrichtigen Zeugnis ist auch die Masterurkunde einzuziehen, wenn die Masterprüfung aufgrund einer Täuschung für „nicht bestanden“ erklärt wurde.
- (5) Eine Entscheidung nach Absatz 1 und Absatz 2, Satz 2 ist nach einer Frist von fünf Jahren ab dem Datum des Zeugnisses ausgeschlossen.
- (6) Die Aberkennung des akademischen Grades richtet sich nach den gesetzlichen Vorschriften.

### **§ 22 Einsicht in die Prüfungsakten**

- (1) Nach Abschluss der Masterprüfung wird der Studentin auf Antrag innerhalb eines Jahres Einsicht in ihre Masterarbeit, die darauf bezogenen Gutachten und in die Prüfungsprotokolle gewährt.
- (2) Für die Einsichtnahme in die schriftlichen Modulprüfungen, schriftlichen Modulteilprüfungen bzw. Prüfungsprotokolle gilt eine Frist von einem Monat nach Bekanntgabe des Prüfungsergebnisses.
- (3) Die Prüferin bestimmt Ort und Zeit der Einsichtnahme.
- (4) Prüfungsunterlagen sind mindestens fünf Jahre aufzubewahren.

### **§ 23 In-Kraft-Treten**

- (1) Diese Studien- und Prüfungsordnung tritt am 1. Oktober 2009 in Kraft.
- (2) Studierende, die auf Grundlage der Prüfungsordnungen der Universität Karlsruhe (TH) für die Diplomstudiengänge Mathematik vom 24. Oktober 1991 (Amtliche Bekanntmachung der Universität Karlsruhe (TH) Nr. 1 vom 22. Januar 1992) in der Fassung der 2. Änderungssatzung vom 28. Februar 2001 (Amtliche Bekanntmachung der Universität Karlsruhe (TH) Nr. 7 vom 14. März 2001), Technomathematik vom 10. September 2003 (Amtliche Bekanntmachung der Universität Karlsruhe (TH) Nr. 29 vom 20. Oktober 2003) und Wirtschaftsmathematik vom 15. November 2001 (Amtliche Bekanntmachung der Universität Karlsruhe (TH) Nr. 30 vom 26. November 2001) in der Fassung der 1. Änderungssatzung vom 10. September 2003 (Amtliche Bekanntmachung der Universität Karlsruhe (TH) Nr. 28 vom 20. Oktober 2003) ihr Studium an der Universität Karlsruhe (TH) aufgenommen haben, können einen Antrag auf Zulassung zur Prüfung letztmalig am 30. September 2020 stellen.

Karlsruhe, den 28. August 2009

*Professor Dr. sc. tech. Horst Hippler*  
(Rektor)

## Stichwortverzeichnis

<b>A</b>	
Adaptive Finite Elemente Methoden (M) .....	83
Advanced Inverse Problems: Nonlinearity and Banach Spaces (M) .....	104
Algebra (M) .....	16
Algebraische Geometrie (M) .....	20
Algebraische Topologie (M) .....	30
Algebraische Topologie II (M) .....	35
Algebraische Zahlentheorie (M) .....	19
Aspekte der Zeitintegration (M) .....	96
Asymptotische Stochastik (M) .....	107
<b>B</b>	
Banachalgebren (M) .....	61
Bildgebende Verfahren in der Medizintechnik (M) .....	78
Brownsche Bewegung (M) .....	112
<b>C</b>	
CAT(0) kubische Komplexe (M) .....	29
Compressive Sensing (M) .....	97
Computerunterstützte analytische Methoden für Rand- und Eigenwertprobleme (M) .....	45
<b>D</b>	
Der Poisson-Prozess (M) .....	120
Designtheorie und ihre Anwendungen in der Statistik (M) .....	121
Die Riemannsche Zeta-Funktion (M) .....	39
Differentialgeometrie (M) .....	14
<b>E</b>	
Einführung in das Wissenschaftliche Rechnen (M) .....	70
Einführung in die geometrische Maßtheorie (M) .....	31
Einführung in Matlab und numerische Algorithmen (M) .....	103
Einführung in Partikuläre Strömungen (M) .....	101
Einführung in Python (M) .....	129
Evolutionsgleichungen (M) .....	46
Extremale Graphentheorie (M) .....	36
Extremwerttheorie (M) .....	122
<b>F</b>	
Finanzmathematik in diskreter Zeit (M) .....	105
Finanzmathematik in stetiger Zeit (M) .....	109
Finite Elemente Methoden (M) .....	72
Fourieranalysis (M) .....	47
Funktionalanalysis (M) .....	40
Funktionentheorie II (M) .....	48
<b>G</b>	
Generalisierte Regressionsmodelle (M) .....	111
Geometrie der Schemata (M) .....	21
Geometrische Analysis (M) .....	63
Geometrische Gruppentheorie (M) .....	22
Geometrische Gruppentheorie II (M) .....	24
Geometrische numerische Integration (M) .....	91
Globale Differentialgeometrie (M) .....	26
Graphentheorie (M) .....	25
Gruppenwirkungen in der Riemannschen Geometrie (M) .....	34
<b>H</b>	
Homotopietheorie (M) .....	38
<b>I</b>	
Integralgleichungen (M) .....	41
Internetseminar für Evolutionsgleichungen (M) .....	68
Inverse Probleme (M) .....	71
<b>K</b>	
Klassische Methoden für partielle Differentialgleichungen (M) .....	42
Kombinatorik (M) .....	32
Kombinatorik in der Ebene (M) .....	27
Konvexe Geometrie (M) .....	17
<b>L</b>	
L2-Invarianten (M) .....	33
<b>M</b>	
Markovsche Entscheidungsprozesse (M) .....	113
Masterarbeit (M) .....	131
Mathematische Methoden in Signal- und Bildverarbeitung (M) .....	79
Mathematische Modellierung und Simulation in der Praxis (M) .....	87
Mathematische Statistik (M) .....	117
Matrixfunktionen (M) .....	99
Maxwellgleichungen (M) .....	58
Mehrgitter- und Gebietszerlegungsverfahren (M) .....	80
Modelle der mathematischen Physik (M) .....	49
Modulformen (M) .....	23
Monotoniemethoden in der Analysis (M) .....	60
<b>N</b>	
Nichtlineare Evolutionsgleichungen (M) .....	51
Nichtlineare Funktionalanalysis (M) .....	59
Nichtlineare Schrödinger- und Wellengleichungen (M) .....	67
Nichtparametrische Statistik (M) .....	118
Numerische Fortsetzungsmethoden (M) .....	102
Numerische Methoden für Differentialgleichungen (M) .....	69
Numerische Methoden für hyperbolische Gleichungen (M) .....	88
Numerische Methoden für Integralgleichungen (M) .....	89
Numerische Methoden für zeitabhängige partielle Differentialgleichungen (M) .....	84
Numerische Methoden in der Elektrodynamik (M) .....	76
Numerische Methoden in der Festkörpermechanik (M) .....	75
Numerische Methoden in der Finanzmathematik (M) .....	81
Numerische Methoden in der Finanzmathematik II (M) .....	86
Numerische Methoden in der Strömungsmechanik (M) .....	94
Numerische Optimierungsmethoden (M) .....	85
Numerische Verfahren für die Maxwellgleichungen (M) .....	93

**O**

Operatorfunktionen (M) .....	98
Optimierung in Banachräumen (M) .....	92
Optimierung und optimale Kontrolle bei Differentialgleichungen (M) .....	74

**P**

Paralleles Rechnen (M) .....	73
Perkolation (M) .....	115
Potentialtheorie (M) .....	52
Projektorientiertes Softwarepraktikum (M) .....	100

**R**

Räumliche Stochastik (M) .....	116
Rand- und Eigenwertprobleme (M) .....	43
Randwertprobleme für nichtlineare Differentialgleichungen (M) .....	53

**S**

Schlüsselqualifikationen (M) .....	128
Seminar (M) .....	130
Sobolevräume (M) .....	64
Spektraltheorie (M) .....	44
Spektraltheorie von Differentialoperatoren (M) .....	54
Spezielle Funktionen und Anwendungen in der Potentialtheorie (M) .....	62
Spezielle Themen der numerischen linearen Algebra (M) .....	90
Spin-Mannigfaltigkeiten, alpha-Invariante und positive Skalarkrümmung (M) .....	37
Splitting-Verfahren (M) .....	95
Steinsche Methode (M) .....	123
Steuerung stochastischer Prozesse (M) .....	114
Steuerungstheorie (M) .....	50
Stochastische Differentialgleichungen (M) .....	55
Stochastische Evolutionsgleichungen (M) .....	66
Stochastische Geometrie (M) .....	106
Streutheorie (M) .....	57

**V**

Variationsrechnung (M) .....	56
Vergleichsgeometrie (M) .....	28
Vorhersagen: Theorie und Praxis (M) .....	126

**W**

Wahrscheinlichkeitstheorie und kombinatorische Optimierung (M) .....	124
Wandernde Wellen (M) .....	65
Wavelets (M) .....	77

**Z**

Zeitreihenanalyse (M) .....	119
Zufällige Graphen (M) .....	127