

**Master of Science (M.Sc.)**

**„Wirtschaftsmathematik“  
und  
„Mathematik“**

der Universität Mannheim

– Modulkataloge –

Akademisches Jahr

HWS 2024/ FSS 2025

## Inhalt

<b>I.</b>	<b>Modulübersicht</b> .....	<b>4</b>
1.	Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik A.....	4
2.	Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik B.....	5
3.	Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik C.....	6
4.	Seminare Mathematik.....	8
5.	Betriebswirtschaftslehre für Wirtschaftsmathematik.....	9
6.	Volkswirtschaftslehre für Wirtschaftsmathematik.....	11
7.	Informatik für Wirtschaftsmathematik.....	11
8.	Externe Spezialisierungskurse für Master Mathematik.....	12
9.	Masterarbeit.....	12
<b>II.</b>	<b>Studienplan Wirtschaftsmathematik</b> .....	<b>13</b>
<b>III.</b>	<b>Studienplan Mathematik</b> .....	<b>15</b>
<b>IV.</b>	<b>Modulbeschreibungen</b> .....	<b>17</b>
1.	Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik A.....	17
2.	Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik B.....	49
3.	Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik C (wirtschaftsnah).....	77
4.	Seminare Mathematik.....	147
5.	Masterarbeit.....	201
<b>V.</b>	<b>Erläuterungen zu den Abkürzungen</b> .....	<b>202</b>

## Vorwort

Der vorliegende Modulkatalog beschreibt alle Kurse, die für den Masterstudiengang Wirtschaftsmathematik und Mathematik angeboten werden.

Die Unterteilung in Mathematik A (Analysis), Mathematik B (Algebra und Topologie) und Mathematik C (Numerik und Stochastik) dient im **Studiengang Master Mathematik** nur zur inhaltlichen Orientierung und ist nicht prüfungsordnungsrelevant.

Einen Überblick über das Kursangebot für das aktuelle und die folgenden Semester erhalten Sie auch auf der folgenden Webseite unter „Mittelfristiges Vorlesungsverzeichnis“:

<https://www.wim.uni-mannheim.de/studium/studienorganisation/m-sc-wirtschaftsmathematik/>

Wenn Sie Fragen zum aktuellen Veranstaltungsangebot oder zu Ihrer Prüfungsordnung haben, wenden Sie sich bitte an

Studiengangsmanagement der Fakultät WIM  
[Studiengangsmanagement.wim@uni-mannheim.de](mailto:Studiengangsmanagement.wim@uni-mannheim.de)

oder an

David Steiner, Studienbüro I  
[steiner@verwaltung.uni-mannheim.de](mailto:steiner@verwaltung.uni-mannheim.de)  
0621/181-1179.

## I. Modulübersicht

Die Modulübersicht enthält die Mathematik-Module des Masterstudiengangs.

Detaillierte Informationen zu den Modulen finden sich in den Modulbeschreibungen.

Für den MSc Wirtschaftsmathematik: Die mit einem \* bezeichneten Mathematik-Module gelten als wirtschaftsnah. Die Wahl weiterer Mathematik-Module ist mit dem Einverständnis des Prüfungsausschusses möglich.

### Abkürzungsverzeichnis

WM: Wirtschaftsmathematik

M: Mathematik

### 1. Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik A

Modulnr.	Modul	Sprache	ECTS	Angebot <sup>1</sup>	DozentIn	Eignung	Seite
MAA 501	Reading Course – Complex Analysis II	E	8		Dr. Ross Ogilvie	WM	17
MAA 502	Katastrophentheorie *	D	8		Prof. Hertling	WM+M	19
MAA 504	Partielle Differentialgleichungen	D	8	FSS	Prof. M. Schmidt	WM+M	21
MAA 506	Topologie und Gleichgewichte	D	8		Prof. Seiler	WM+M	23
MAA 508	Advanced Analysis	E	8		Prof. boshi. Li Chen	WM+M	25
MAA 510	Introduction to Partial Differential Equations	E	8	HWS	Dr. Ross Ogilvie	WM+M	27
MAA 514	Analysis III	D	8	HWS	Prof. M. Schmidt	WM+M	29
MAA 516	Funktionalanalysis	D	8	HWS	Dr. Parczewski	WM+M	31
MAA 517	Theory of conservation laws	D	5		Prof. Göttlich	WM+M	33
MAA 519	Stochastic Calculus	E	5		Prof. Prömel	WM+M	35
MAA 520	Analytische Zahlentheorie	D	8		Dr. Reichelt	WM+M	37
MAA 522	Whitham deformations	E	8		Dr. Guilherme Feitosa de Almeida	WM+M	39

MAA 523	Integrable hierarchies of KdV type and moduli spaces of curves	E	8		Dr. Guilherme Feitosa de Almeida	WM+M	41
MAA 524	Riemannian Geometry	E	5		Dr. Ross Ogilvie	WM+M	43
MAA 525	Mean-field particle systems and their limits to non-local PDEs	E	8	HWS	Prof. Chen	WM+M	45
MAA 574	Funktionalanalysis II	D	6	FSS	Dr. Parczewski	WM+M	47

<sup>1</sup> Das Angebot kann sich innerhalb eines akademischen Jahres ändern. Bitte informieren Sie sich über Änderungen auf der Homepage der Fakultät WIM unter "Mittelfristiges Vorlesungsverzeichnis":

<https://www.wim.uni-mannheim.de/studium/studienorganisation/m-sc-wirtschaftsmathematik>

## 2. Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik B

Modulnr.	Modul	Sprache	ECTS	Angebot <sup>1</sup>	DozentIn	Eignung	Seite
MAB 501	Algebra II	D	8		Prof. Seiler	WM+M	49
MAB 502	Algebraische Zahlentheorie	D	8		Prof. Reichelt	WM+M	51
MAB 504	Mathematik und Information*	D	8		Prof. Seiler	WM+M	53
MAB 506	Game Theory *	E	8		Prof. Hertling	WM+M	55
MAB 507	Spieltheorie II*	D	5		Prof. Hertling	WM+M	57
MAB 508	Algebraische Statistik	D	8		Prof. Seiler	WM+M	59
MAB 511	Applied Topology	E	8		N.N.	WM+M	61
MAB 512	Applied Topology II	E	5		N.N.	WM+M	63
MAB 513	Computeralgebra	D	8		Prof. Seiler	WM+M	65
MAB 516	Mathematik der Information*	D	4		Prof. Seiler	WM+M	67
MAB 517	Einführung in die Algebraische Statistik*	D	4		Prof. Seiler	WM+M	69
MAB 518	Quantum Computing und dessen mathematische Grundlagen	D	8		Prof. Schlather	WM+M	71
MAB 519	Reinforcement Learning	E	10		Prof. Döring	WM+M	73
MAB 520	Reinforcement Learning 2	E	5		Prof. Döring	WM+M	75

<sup>1</sup> Das Angebot kann sich innerhalb eines akademischen Jahres ändern. Bitte informieren Sie sich über Änderungen auf der Homepage der Fakultät WIM unter "Mittelfristiges Vorlesungsverzeichnis":

### 3. Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik C

\* (alle wirtschaftsnah)

Modulnr.	Modul	Sprache	ECTS	Angebot <sup>1</sup>	DozentIn	Eignung	Seite
MAC 502	Computational Finance	E	6	FSS	Prof. Neuenkirch	WM+M	77
MAC 503	Einführung in die Extremwertstatistik	D	8		Prof. Schlather	WM+M	79
MAC 507	Nonlinear Optimization	E	6		Prof. Staudigl	WM+M	81
MAC 508	Numerik Stochastischer Differentialgleichungen	D	6		Dr. Parczewski	WM+M	83
MAC 509	Numerics of Ordinary Differential Equations	E	6	HWS 23	Prof. Neuenkirch/ Prof. Göttlich	WM+M	85
MAC 510	Numerik partieller Differentialgleichungen	D	8	FSS	Prof. Göttlich	WM+M	87
MAC 512	Modeling, Measuring and Managing Risk	E	6		N.N.	WM+M	89
MAC 515	Stochastic Processes	E	8	FSS	Prof. Döring	WM+M	91
MAC 518	Fortgeschrittenenkurs julia	D	4	FSS	Prof. Schlather	WM+M	93
MAC 519	Optimale Kontrolle	D	8		Prof. Göttlich	WM+M	95
MAC 520	Modeling and Scientific Computing	D	6		Prof. Göttlich	WM+M	97
MAC 526	Reading Course „Stochastische Modellierung“	D	8		Prof. Schlather	WM+M	99
MAC 527	Markov Processes	E	5	FSS	Prof. Döring	WM+M	101
MAC 528	Inverse Probleme	D	6		Prof. Weißmann	WM+M	103
MAC 531	Lévy Prozesse I	E	6		Prof. Döring	WM+M	105
MAC 534	Methods for Systems of Hyperbolic Conservation Laws	D	5		Prof. Banda	WM+M	107

MAC 538	Anwendungen skalarer Erhaltungsgleichungen	D	6	FSS	Prof. Göttlich	WM+M	109
MAC 539	Schadenversicherungsmathematik I	D	4		Prof. K. Schmidt	WM+M	111
MAC 540	Copulas und Konkordanzmaße	D	4		Prof. K. Schmidt	WM+M	113
MAC 546	Schadenversicherungsmathematik II	D	4		Prof. K. Schmidt	WM+M	115
MAC 554	Mathematische Methoden der Big Data Analytics	D	8		Prof. Schlather	WM+M	117
MAC 555	Mathematische Grundlagen der Sachversicherung	D	8		Prof. Schlather	WM+M	119
MAC 557	Advanced Topics in Mathematical Finance	E	6	FSS	Prof. Prömel	WM+M	121
MAC 559	Quasi Monte Carlo Methoden	D	6	FFS	Prof. Neuenkirch	WM+M	123
MAC 563	A PDE approach to mean-field systems	E	5		Prof. Dr. Slowik	WM+M	125
MAC 564	Support Vector Machines	D	8		Prof. Schlather	WM+M	127
MAC 565	Computational Statistics	D	8		Prof. Schlather	WM+M	129
MAC 566	Optimization in ML	E	6		Prof. Weißmann	WM+M	131
MAC 567	Numerik und Stochastik von Klimamodellen	D	8	FSS	Dr. Parczewski	WM+M	133
MAC 568	Monte Carlo Methoden II	D	6	FSS	Prof. Neuenkirch	WM+M	135
MAC 569	Konvexe Optimierung – Theoretische und Algorithmische Grundlagen	D/E	6		Prof. Staudigl	WM+M	137
MAC 570	Reinforcement Learning - Coding	E	5		Prof. Döring / Prof. Weißmann	WM+M	139
MAC 571	Large-scale dynamics of Stochastic systems	E	5		Prof. Dr. Slowik	WM+M	141
MAC 572	Algorithmic trading and stochastic control	E	6		Prof. Prömel	WM+M	143
MAC 573	Reading Course Graphentheorie	D	4		Prof. Hertling	WM+M	145

<sup>1</sup> Das Angebot kann sich innerhalb eines akademischen Jahres ändern. Bitte informieren Sie sich über Änderungen auf der Homepage der Fakultät WIM unter "Mittelfristiges Vorlesungsverzeichnis":

<https://www.wim.uni-mannheim.de/studium/studienorganisation/m-sc-wirtschaftsmathematik/>

#### 4. Seminare Mathematik

Modulnr.	Modul	Sprache	ECTS	Angebot <sup>1</sup>	DozentIn	Eignung	Seite
MAS 500	Mathematisches Seminar Master	D/E	4		wechselnd	WM+M	147
MAS 501	Fortgeschrittenenseminar Stochastik	D	4	HWS / FSS	Prof. Döring/ Prof. Slowik	WM+M	149
MAS 502	Seminar Ausgewählte Themen der stochastischen Numerik	D	4	HWS / FSS	Prof. Neuenkirch	WM+M	151
MAS 503	Seminar Modellierung und Simulation	D	4		Prof. Göttlich	WM+M	153
MAS 505	Fortgeschrittenenseminar Spieltheorie	D	4		Dr. Reichelt	WM+M	155
MAS 510	Fortgeschrittenenseminar Diffusion Equations	E	4		Prof. Chen	WM+M	157
MAS 511	Fortgeschrittenenseminar Kinetic Models	E	4		Prof. Chen	WM+M	159
MAS 512	Research Seminar Scientific Computing	D	4		Prof. Göttlich	WM+M	161
MAS 513	Research Seminar Applied Analysis	E	4		Prof. Chen	WM+M	163
MAS 514	Fortgeschrittenenseminar Stochastische Prozesse	D	4		Prof. Döring	WM+M	165
MAS 515	Fortgeschrittenenseminar Mathematische Optimierung	D	4		Prof. Staudigl/ Prof. Weißmann	WM+M	<b>Fehler ! Textmarke nicht definiert.</b>
MAS 516	Seminar Fortgeschrittene Mathematische Methoden für hochdimensionale Daten	D	4		Prof. Schlather	WM+M	169

MAS 519	Seminar Computational Statistics (für Fortgeschrittene)	D	4		Prof. Schlather	WM+M	171
MAS 521	Fortgeschrittenenseminar zur Versicherungsmathematik	D	4		Prof. K. Schmidt	WM+M	173
MAS 530	Fortgeschrittenen Seminar „Komplexe Methoden“	D	4		Prof. Schlather	WM+M	175
MAS 533	Seminar Ausgewählte Themen partieller und gewöhnlicher Differenzialgleichungen	D	4		Prof. M. Schmidt	WM+M	177
MAS 535	Fortgeschrittenenseminar Algebra	D	4		Prof. Hertling	WM+M	179
MAS 539	Fortgeschrittenenseminar Expositiones Mathematicae	D	4		Dr. Parczewski	WM+M	181
MAS 540	Fortgeschrittenenseminar Finanzmathematik	D	4		Prof. Prömel	WM+M	183
MAS 541	Fortgeschrittenenseminar Mathematische Methoden der Künstlichen Intelligenz	D	4		Prof. Döring	WM+M	185
MAS 545	Seminar Das Schottische Buch (Funktionsanalyse)	E	4		Dr. Parczewski	WM+M	187
MAS 547	Research Seminar Mathematical Physics	E	4		NN	WM+M	189
MAS 548	Research Seminar Algebraic Geometry	E	4		Prof. Hertling	WM+M	191
MAS 549	Seminar Fortgeschrittene Algorithmen der Textverarbeitung und der Bioinformatik	D	4		Prof. Schlather	WM+M	193
MAS 550	Seminar Fortgeschrittene Methoden in den Versicherungs- und Naturwissenschaften	D	4		Prof. Schlather	WM+M	195
MAS 551	Seminar über fortgeschrittene Methoden der mathematischen Statistik	D	4		Prof. Schlather	WM+M	197
MAS 553	Seminar Lie Algebren	D	4		Dr. Reichelt	WM+M	199

<sup>1</sup> Das Angebot kann sich innerhalb eines akademischen Jahres ändern. Bitte informieren Sie sich über Änderungen auf der Homepage der Fakultät WIM unter "Mittelfristiges Vorlesungsverzeichnis":

<https://www.wim.uni-mannheim.de/studium/studienorganisation/m-sc-wirtschaftsmathematik/>

## 5. Betriebswirtschaftslehre für Wirtschaftsmathematik

Modulnr.	Modul	ECTS	Angebot
CC 501	Entscheidungstheorie	6	FSS/HWS
FIN 500	Investments I	6	HWS
FIN 540	Corporate Finance I (Kapitalstruktur, Kapitalkosten und Bewertung)	5	HWS
FIN 580	Derivatives I: Strategien und Bewertung	6	HWS
FIN 601	Bond Markets	6	FSS
FIN 602	Trading and Exchanges	6	HWS
FIN 603	Empirical Finance	10	FSS
FIN 605	Applied Portfolio Management	4	HWS
FIN 620	Behavioral Finance	6	FSS
FIN 630	Corporate Governance	6	HWS
FIN 682	International Asset Management	6	FSS
OPM 501	Logistics Management	6	HWS
OPM 502	Inventory Management	6	FSS
OPM 503	Verkehrsbetriebslehre I – Landverkehr und Schifffahrt	4	FSS
OPM 504	Verkehrsbetriebslehre II – Luftverkehr	4	HWS
OPM 544	Advanced Planning in Supply Chains	4	HWS
OPM 561	Lean Production Management	6	HWS
OPM 581	Service Operations Management	6	FSS
OPM 601	Supply Chain Management	6	FSS
OPM 661	Robust Planning in Stochastic Manufacturing Systems	6	FSS
OPM 662	Modeling and Optimization of Operations Scheduling	6	FSS
OPM 682	Revenue Management	6	FSS

Es können Module im Umfang von maximal 24 ECTS-Punkten aus dem Modulkatalog der BWL belegt werden. Die Module sind aus einer Area zu wählen. In Ausnahmefällen kann der Prüfungsausschussvorsitzende auch weitere Module und eine Modulkombination aus mehr als einer Area zulassen.

Möglich sind alle im Modulkatalog des Studiengangs „Mannheim Master in Management“ für Wirtschaftsmathematiker zugelassenen Module. Weitere Module sind in Absprache mit dem anbietenden Lehrstuhl und dem Prüfungsausschuss möglich.

Unter folgendem Link finden Sie die aktuellen Modulbeschreibungen:

<https://www.bwl.uni-mannheim.de/studium/master/mmm/>

### Volkswirtschaftslehre für Wirtschaftsmathematik

Modulnr.	Modul	ECTS	Angebot
BE 510	Business Economics 1	6	HWS
BE 511	Business Economics 2	6	FSS
E 508	Multiple Time Series Analysis	9	HWS
E 5024	Poverty and Inequality	7	HWS
E 5026	Programming in STATA	9	HWS
E 5038	Empirical Macroeconomics: Shock and Propagation	5	FSS
E 5040	Impact Evaluation	7	HWS
E 5069	Power Analysis	5	FSS
E 5087	Banking	7	HWS
E 5095	Nonparametric Econometrics	9	FSS

Darüber hinaus sind prinzipiell alle Module des Masterstudiengangs Volkswirtschaftslehre aus dem zweiten oder höheren Semester mit Genehmigung des betreffenden Dozenten für den Studiengang Wirtschaftsmathematik zugelassen.

Nicht zugelassen sind die Grundkurse des ersten Semesters des Masterstudiengangs Volkswirtschaftslehre (E700 Mathematics for Economists, E701 Advanced Microeconomics, E702 Advanced Macroeconomics, E703 Advanced Econometrics), es sei denn es liegt eine Genehmigung beider Prüfungsausschüsse (Master Wirtschaftsmathematik und Master Volkswirtschaftslehre) für die Teilnahme vor.

Unter folgendem Link finden Sie den aktuellen Modulkatalog des Masterstudiengangs Volkswirtschaftslehre: <https://www.vwl.uni-mannheim.de/studium/masterstudium/course-catalog/>

### 6. Informatik für Wirtschaftsmathematik

Modulnr.	Modul	ECTS
CS 550	Algorithmics	6
CS 651	Kryptographie II	6
CS 652	Data Security and Privacy	6

CS 664	Blockchain Security	6
CS 701	Seminar Selected Topics in Algorithmics and Cryptography	4
CS 716	Seminar IT-Security	4

Unter folgendem Link finden Sie den aktuellen Modulkatalog des Masterstudiengangs Wirtschaftsinformatik:  
<https://www.wim.uni-mannheim.de/studium/studienorganisation/m-sc-business-informatics/>

## 7. Externe Spezialisierungskurse für Master Mathematik

Bis zu 24 ECTS können aus dem Angebot der Studiengänge M.Sc. Wirtschaftsinformatik, M.A. Political Science und M.Sc. Psychologie erworben werden. Dabei stehen aktuell folgende Kurse zur Auswahl:

M.Sc. Wirtschaftsinformatik

- Data Security and Privacy (6 ECTS) (FSS)
- Kryptographie II (6 ECTS) (HWS)
- Data Mining and Matrices (6 ECTS)
- Deep Learning (6 ECTS)
- Machine Learning (9 ECTS) Block
- Algorithmics (6 ECTS)
- Blockchain Security (6 ECTS)

M.Sc. Psychologie

- Multivariate Auswertungsverfahren (4 ECTS) (HWS)
- Spezielle Forschungs- und Evaluationsmethoden (4 ECTS) (FSS)
- Neue Entwicklungen der Testtheorie und Testkonstruktion (4 ECTS) (FSS)

M.A. Political Science

- Quantitative Methods (incl. Tutorial) (10 ECTS) (HWS)
- Advanced Quantitative Methods (incl. Tutorial) (8 ECTS) (FSS)
- Game Theory I (incl. Tutorial) (10 ECTS) (HWS)

Detailinformationen entnehmen Sie bitte den jeweiligen Modulhandbüchern:

<https://www.wim.uni-mannheim.de/studium/studienorganisation/m-sc-business-informatics/#c109245>

<https://www.sowi.uni-mannheim.de/studium/studierende/psychologie/msc-psychologie-arbeit-wirtschaft-gesellschaft/#c90178>

<https://www.sowi.uni-mannheim.de/studium/studierende/politikwissenschaft/ma-political-science/#c40405>

## 8. Masterarbeit

<b>Modulnr.</b>	<b>Modul</b>	<b>ECTS</b>	<b>Seite</b>
MAM 650	Masterarbeit	30	201

## **II. Studienplan Wirtschaftsmathematik**

### **1. Mathematik**

Die Modulübersicht im Modulkatalog enthält alle Module, die im Master-Studiengang belegt werden können.

Die darin mit einem \* bezeichneten Mathematik-Module gelten als wirtschaftsnah. Die Wahl weiterer Mathematik-Module ist mit dem Einverständnis des Prüfungsausschusses möglich.

### **2. Volkswirtschaftslehre**

Neben den im Modulkatalog des Masterstudiengangs Wirtschaftsmathematik genannten Modulen sind prinzipiell alle Module des Masterstudiengangs Volkswirtschaftslehre aus dem zweiten oder höheren Semester mit Genehmigung des betreffenden Dozenten für den Studiengang Wirtschaftsmathematik zugelassen.

### **3. Betriebswirtschaftslehre**

Außerdem können BWL-Module im Umfang von maximal 24 ECTS-Punkten aus dem Modulkatalog der BWL belegt werden. Die Module sind aus einer Area zu wählen. In Ausnahmefällen kann der Prüfungsausschussvorsitzende auch eine Modulkombination aus mehr als einer Area zulassen. Zugelassen sind alle im Modulkatalog des Studiengangs Mannheim Master in Management für Wirtschaftsmathematiker zugelassenen Module. Weitere Module sind in Absprache mit dem anbietenden Lehrstuhl und dem Prüfungsausschuss möglich.

### **4. Prüfungsleistungen**

Es sind die folgenden Prüfungsleistungen im Umfang von 120 – 127 ECTS zu erbringen:

1. Allgemeine Mathematik: Module im Umfang von wenigstens 16 ECTS, die nicht als Schwerpunkt gewählt worden sind. Dabei müssen wenigstens zwei verschiedene Gruppen (Mathematik A, B, C) mit 8 ECTS vertreten sein.
2. Schwerpunkt: Module im Umfang von mindestens 14 ECTS
3. Wirtschaftswissenschaften: 31 – 40 ECTS, davon höchstens 24 ECTS aus der Betriebswirtschaftslehre
4. Masterarbeit (30 ECTS).

### **5. Schwerpunkt**

Als Schwerpunkt kann jede durch einen Hochschullehrer oder Privatdozenten angebotene Modulkombination am Institut für Mathematik an der Universität Mannheim gewählt werden. Zugelassen sind hierbei auch Masterkurse in Ökonometrie bzw. Mathematischer Statistik sowie Kryptographie oder Komplexitätstheorie in der Informatik.

Die Veranstaltungen des Schwerpunkts können bei verschiedenen Dozenten belegt werden: Entscheidend für die Zuordnung zum Schwerpunkt ist der Inhalt einer Lehrveranstaltung.

Die Masterarbeit wird über ein Thema aus dem Bereich des Schwerpunkts verfasst.

## **6. Seminare**

Insgesamt sind mindestens zwei, höchstens drei Seminare aus 1., 2. oder 3. zu wählen, davon mindestens ein Seminar aus dem Schwerpunkt (Punkt 2.). Seminare werden mit "bestanden" oder "nicht bestanden" bewertet.

## **7. Wahl von Modulen aus dem B.Sc. Wirtschaftsmathematik**

Zur Verbreiterung der Grundlagenkenntnisse können zusätzlich bis zu zwei Module aus dem Angebot des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsmathematik gewählt werden.

Es dürfen keine Module gewählt werden, die Bestandteil der Bachelorprüfung waren.

### III. Studienplan Mathematik

#### 4. Mathematik

Die Modulübersicht im Modulkatalog enthält alle Module, die im Master-Studiengang belegt werden können.

#### 4. Prüfungsleistungen

Für den Master-Studiengang „Mathematik“ beträgt der Studien- und Prüfungsumfang mindestens 120 ECTS-Punkte unter Beachtung der folgenden Aufteilung:

1. Wahlpflichtkurse Reine Mathematik (16 - 32 ECTS-Punkte),
2. Wahlpflichtkurse Angewandte Mathematik (12 - 38 ECTS-Punkte),
3. Spezialisierungskurse (mindestens 12 ECTS-Punkte),
4. Seminare (8 ECTS-Punkte) und
5. Master-Arbeit (30 ECTS-Punkte).

#### 3. Wahlpflichtkurse

Hier sind aus der gegebenen Auswahl die geforderten ECTS-Zahlen zu erbringen.

##### Reine Mathematik (16 - 32 ECTS-Punkte)

	Modul		ECTS-Punkte
	Kürzel	Name	
WP	MAA 510	Introduction to Partial Differential Equations	8
WP	MAA 504	Partielle Differentialgleichungen	8
WP	MAA 516	Funktionalanalysis	8
WP	MAC 515	Stochastic Processes	8
WP	MAA 519	Stochastic Calculus	5
WP	MAA 409	Elemente der Funktionentheorie	5

##### Angewandte Mathematik (12 - 38 ECTS-Punkte)

	Modul		ECTS-Punkte
	Kürzel	Name	
WP	MAC 507	Nichtlineare Optimierung	6
WP	MAC 509	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen	6

WP	MAC 510	Numerik partieller Differentialgleichungen	8
WP	MAC 538	Anwendungen skalarer Erhaltungsgleichungen	6
WP	MAC 557	Advanced Topics in Mathematical Finance	6
WP	MAC 559	Quasi Monte Carlo Methoden	6

#### **4. Spezialisierungskurse**

Für diese Wahlkurse stehen alle mathematischen Module des Modulkatalogs zur Verfügung, sowie bis zu einem Umfang von mindestens 12 ECTS die unter „Externe Spezialisierungskurse für Master Mathematik“ aufgeführten Module.

#### **5. Seminare**

Es sind zwei Seminare zu belegen. Seminare werden mit “bestanden“ oder “nicht bestanden“ bewertet.

#### **6. Wahl von Modulen aus dem B.Sc. Wirtschaftsmathematik**

Die Wahl von Bachelor-Modulen ist nicht möglich.

## IV. Modulbeschreibungen

### 1. Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik A

<b>MAA 501</b>	<b>Funktionentheorie II</b> <i>Complex Analysis II</i>
Form of module	Reading Course
Type of Module	Mathematics A/Mathematics B
Level	Master
ECTS	8
Workload	Reading/Recorded Lectures: 42h In-person consultation: 42h Self-study: 156h
Prerequisites	Analysis I & II, Linear Algebra I, Funktionentheorie I (aka Complex Analysis I)
Aim of module	A selection from the following themes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riemann surfaces and uniformisation</li> <li>• Fundamental groups and universal covers</li> <li>• Sheaf theory on Riemann surfaces</li> <li>• Homological Algebra</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Subject Knowledge: Fluency with the theory of complex functions (MK1)
	Methods: Ability to connect the concepts complex analysis with their counterparts in algebraic geometry (MO2)
	Personal Development: Deeper understanding of arguments in complex analysis (MO3)
Media	Recorded lectures and lecture script
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E. Freitag, Funktionentheorie II</li> <li>• O. Forster, Riemann Surfaces</li> <li>• H.M. Farkas, I. Kra, Riemann Surfaces</li> </ul>
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Nil
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Irregular

Lecturer	Dr. Ross Ogilvie
Person in charge	Prof. Dr. Martin Schmidt
Duration of module	1 Semester
Further modules	-
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>

<b>MAA 502</b>	<b>Katastrophentheorie*</b> <i>Catastrophe Theory</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik A/Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I & II, Lineare Algebra I & II/A
Lehrinhalte	Unendlich oft differenzierbare Funktionen in mehreren Variablen, kritische Punkte, Hessesche, Jacobische, Satz über implizite Funktionen, Morse-Lemma, Splitting-Lemma, Endlich-Bestimmtheit, Kodimension und Milnorzahl, die Klassifikation von Thom bis zur Kodimension 4, Entfaltungen, kritische Mengen und Kaustiken, verselle Entfaltungen, die Falte, die Spitze, der Schwalbenschwanz, die Umbiliken, diverse Anwendungen in den Naturwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften nach Zeeman.
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Solide Kenntnis der mathematischen Grundlagen der Katastrophentheorie von R. Thom (MK1, MO2).</li> <li>Erarbeiten seiner Klassifikation der 7 elementaren Katastrophen (MK1, MO3).</li> <li>Kennenlernen von diversen Anwendungen in den Naturwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften (MK2).</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Erkennen der elementaren Katastrophen in möglichen Anwendungen aus Naturwissenschaften und Wirtschaftswissenschaften; Modellierung solcher Anwendungen; Schlüsse ziehen aus den Modellen (MF1, MF2, MO4).</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Souveränität im Umgang mit harten Fakten und weichen Anwendungen (MO4).</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschriebe, online abrufbares Skript

Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• V.I. Arnold: Catastrophe theory. 3rd edition. Springer-Verlag, 1992.</li> <li>• Th. Bröcker, L. Lander: Differentiable germs and catastrophes. London Math Soc. Lecture Note Series 17. Cambridge University Press 1975.</li> <li>• D.P.L. Castrigiano, S.A. Hayes: Catastrophe theory. Addison-Wesley, 1993.</li> <li>• E.C. Zeeman: Catastrophe theory. Selected Papers 1972-1977. Addison-Wesley 1977.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS) und Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Claus Hertling
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Claus Hertling
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAA 504</b>	<b>Partielle Differentialgleichungen</b> <i>Partial Differential Equations</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik A
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I & II, Lineare Algebra I, Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie/Stochastik 1
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elliptische Differenzialgleichungen</li> <li>• Funktionenräume</li> <li>• Randwertproblem, Dirichletproblem</li> <li>• Apriori Abschätzungen</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertrautheit mit den Grundbegriffen partieller Differenzialgleichungen (MK1)</li> <li>• Vertrautheit mit Distributionen, Hölderräumen und Sobolevräumen (MK1)</li> <li>• Vertrautheit mit Sobolevungleichungen (MK1)</li> <li>• Verständnis des Konzepts der schwachen Lösung (MK1, MO2)</li> <li>• Verständnis des Randverhaltens von Lösungen (MK1, MO2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit die Existenz von Lösungen zu untersuchen (MO2)</li> <li>• Fähigkeit die Eindeutigkeit von Lösungen zu untersuchen (MO2)</li> <li>• Fähigkeit die Regularität von Lösungen zu untersuchen (MO2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertieftes Verständnis für komplexe Argumentationen in der elliptischen Theorie (MO3)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb, Beamer, Skript (online), Lernvideos
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• eigenes Skript (online)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Gilbarg, N.S. Trudinger, Elliptic Partial Differential Equations of second Order</li> <li>• Y.-Z. Chen, L.-C. Wu, Second Order Elliptic Equations and Elliptic Systems</li> <li>• L.C. Evans, Partial Differential Equations</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS) und Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS 2025
Lehrende/r	Prof. Dr. Li Chen; Prof. Dr. Martin Schmidt
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Li Chen; Prof. Dr. Martin Schmidt
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAA 506</b>	<b>Topologie und Gleichgewichte</b> <i>Topology and Equilibria</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik A
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I & II
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Topologische Räume und stetige Abbildungen</li> <li>• Zusammenhang, Kompaktheit, 1-Abzählbarkeit</li> <li>• Endliche simpliziale Komplexe und ihre Homologie</li> <li>• Anwendung auf Fixpunktsätze, Fundamentalsatz der Algebra u.ä.</li> <li>• Korrespondenzen und der Fixpunktsatz von Kakutani</li> <li>• Spiele und ihre Nash-Gleichgewichte</li> <li>• Volkswirtschaftliche Systeme und Walras'sche Gleichgewichte</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	<b>Fachkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis der Grundlagen der mengentheoretischen Topologie (MK1)</li> <li>• Beschreibung topologischer und geometrischer Eigenschaften durch algebraische und numerische Invarianten (MK1, MO2)</li> <li>• Umgang mit (simplizialen) Homologiegruppen (MK1, MO2)</li> <li>• Verständnis der Eigenschaften und der Bedingungen für die Existenz von Nash-Gleichgewichten und Walras'schen Gleichgewichten (MK2, MO3)</li> </ul>
	<b>Methodenkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umgang mit einfachen topologischen Räumen und Entscheidung über Homöomorphie zweier gegebener Räume (MK1)</li> <li>• Triangulierung einfacher kompakter Räume und Berechnung ihrer Homologie (MK1, MO2)</li> <li>• Interpretation der Homologiegruppen (MK1, MO2)</li> <li>• Berechnung von Nash-Gleichgewichten (MK2, MF2)</li> </ul>

	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis der Rolle topologischer Modelle für die Lösung fundamentaler mikroökonomischer Fragestellungen (MK2, MO2, MO3, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beispiele und Algorithmen mit Computeralgebrasystem via Beamer
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Skript (online)</li> <li>• K. Jänich: Topologie</li> <li>• J. Mayer: Algebraic Topology</li> <li>• C. Berge: Topological Spaces</li> <li>• K.C. Border: Fixed point theorems with applications to economics and game theory</li> <li>• K. Urai: Fixed points and economic equilibria</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS) und Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAA 508</b>	<b>Advanced Analysis</b>
Form of module	Lecture with exercise
Type of module	advanced
Level	Master
ECTS	8
Workload	Lecture 56 hours and exercise 28 hours (6 SWS)
Prerequisites	Ana I+II, LA,
Aim of module	Build up advanced knowledges in analysis and prepare for master thesis, advanced training for doctoral students
Learning outcomes and qualification goals	Short review of the basis knowledge of real analysis
	Lp spaces, distributions
	Fourier transform, Sobolev spaces, inequalities with best constants
Media	Blackboard or beamer
Literature	E. H. Lieb and M. Loss, Analysis, Graduate Studies in Mathematics, V. 14 American Mathematical Society Providence, Rhode Island, 2nd edition. 2001.
Methods	Lectures (4 SWS) and exercise (2 SWS)
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Answer the questions proposed by the examiner correctly
Duration of assessment	30 minutes
Language	English
Offering	Not regular
Lecturer	Prof. boshi. Li Chen
Person in charge	Prof. boshi. Li Chen
Duration of module	One semester
Further modules	

Range of application	Bachelor and Master students from WiMa, Lehramt Math.
Semester	1./2./3. Semester (Master)

<b>MAA 510</b>	<b>Introduction to Partial Differential Equations</b>
Form of module	Lectures with Exercises
Type of Module	Mathematics A
Level	Master
ECTS	8
Workload	In-person study: 84h (2 lecture and 1 tutorial per week) Self-study: 154h, including work on the exercises sheets, on-going revision, and exam preparation.
Prerequisites	Analysis I and II, basic knowledge of Linear Algebra I
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamental concepts of PDEs.</li> <li>• Method of Characteristics</li> <li>• Laplace Equation</li> <li>• Heat Equation</li> <li>• Wave equation</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Subject Knowledge: Linear PDEs (MK1, MO2) Fundamental solutions (MK1) Greens functions (MK1) Heat kernel (MK1) Existence and uniqueness of Cauchy problems (MK1, MO2) Spherical means in the solution of the Wave equation (MK1)
	Methods: Classification of PDEs into elliptic, parabolic and hyperbolic classes (MO2) Representation formulae as means of solution (MO3) Energy methods (MO2) Maximum principles (MO2)
	Personal Development: Teamwork (MO4)
Media	Live teaching at the board with supplemental digital visualisation, lecture script, exercises with written solutions, recorded lecture videos, recorded revision videos.
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L. C. Evans: Partial Differential Equations</li> <li>• F. John: Partial Differential Equations</li> </ul>
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	50% of the points of the exercise sheets.
Duration of assessment	30 min

Language	English
Offering	HWS 2024
Lecturer	Dr. Ross Ogilvie
Person in charge	Prof. boshi. Li Chen, Prof. Dr. Martin Schmidt
Duration of module	1 Semester
Further modules	Seminar Prof. Schmidt, Seminar Prof. Chen
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup>

<b>MAA 514</b>	<b>Analysis III</b>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik A
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 Stunden pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 Stunden pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 Stunden pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 28 Stunden pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I, Analysis II, Lineare Algebra I und IIa
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Differenzierbare Mannigfaltigkeit</li> <li>Vektorfelder</li> <li>gewöhnliche Differenzialgleichungen</li> <li>Differenzialformen</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Karte und Atlas (MK1, MO2)</li> <li>Tangentialraum (MK1)</li> <li>Integralkurven von Vektorfeldern (MK1)</li> <li>Tensoren (MK1)</li> <li>Äußeres Produkt und äußere Ableitung von Differenzialformen (MK1, MO2)</li> <li>Der Satz von Stokes (MK1)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Verstehen des Transformationsverhaltens unter Kartenwechsel (MO2)</li> <li>Rechnen mit Tensoren (MO2)</li> <li>Bestimmung von Integralkurven (MO2)</li> <li>Hantieren mit Differenzialformen (MO3)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Teamarbeit (MO4)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb, Beamer, Skript (online), Lernvideos
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenes Skript (online)</li> <li>Jacques Lafontaine, An Introduction to Differential Manifolds</li> <li>J. Dieudonne, Grundzüge der modernen Analysis III/IV</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• K. Jänich, Vektoranalysis</li> <li>• J.M. Lee, Introduction to smooth manifolds</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schmidt
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schmidt
Dauer des Moduls	
Weiterführende Module	
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	

<b>MAA 516</b>	<b>Funktionalanalysis</b> <i>Functional Analysis</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik A
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I & II, Lineare Algebra I & II
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Metrische Räume: Vollständigkeit, Kompaktheit, Satz von Arzela-Ascoli</li> <li>Banachräume: lineare Operatoren und Funktionale, Dualraum, Reflexivität, schwache Konvergenz</li> <li>Grundprinzipien der Funktionalanalysis: Satz von Banach-Steinhaus, Satz vom abgeschlossenen Graphen und der offenen Abbildung, Riesz'scher Darstellungssatz, Satz von Hahn-Banach</li> <li>Hilberträume: Orthonormalbasen, normale, selbstadjungierte und kompakte Operatoren, Spektralzerlegung</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden haben die Standardmethoden und wichtigsten Aussagen der Funktionalanalysis erlernt (MK1, MF1).</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden können nach Besuch des Moduls Ideen und Methoden der Analysis und der linearen Algebra zusammenführen und ihre Gemeinsamkeiten erkennen (MF1, MO2).</li> <li>Weiterhin sind sie im Besitz zentraler Techniken der höheren Analysis, die für zahlreiche mathematische Anwendungsfelder (z.B. PDEs) relevant sind (MO3).</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>

Medienformen	Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Werner: Funktionalanalysis, Springer, 2011</li> <li>• H.W. Alt: Lineare Funktionalanalysis: Eine anwendungsorientierte Einführung, Springer, 2012</li> <li>• Rudin, W.: Reelle und komplexe Analysis. Oldenbourg Verlag, 1999.</li> <li>• H. Heuser: Funktionalanalysis, Teubner, 2006</li> <li>• W. Kabbalo: Grundkurs Funktionalanalysis, Springer, 2018.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Bearbeitung von Übungsblättern und jeweils 50% der Übungsaufgaben und Votieraufgaben bestanden
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	HWS
Lehrende/r	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch, Prof. Dr. Martin Schmidt, Prof. Dr. Leif Döring, Dr. Peter Parczewski
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch, Prof. Dr. Martin Schmidt, Prof. Dr. Leif Döring
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2. Fachsemester (Master), 5./6. Fachsemester (Bachelor)

<b>MAA 517</b>	<b>Theorie von Erhaltungsgleichungen</b> Theory of conservation laws
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung, Blockveranstaltung
Typ der Veranstaltung	Mathematik A
Modulniveau	Master
ECTS	5
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 42 h pro Semester (3 SWS)
	Eigenstudium: 100 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 86 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 14 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Dynamische Systeme
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Weak solutions and well-posedness of Cauchy problems</li> <li>Wave Front Tracking</li> <li>Systems of conservation laws</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der theoretischen Konzepte und deren Anwendbarkeit im skalaren sowie im Systemfall (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Mathematische Modelle (MF1, MF2)</li> <li>Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Bressan: Hyperbolic Systems of Conservation Laws, Oxford University Press, 2000.</li> <li>C. M. Dafermos: Hyperbolic conservation laws in continuum physics, Springer Verlag, 2010.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Keine
Prüfungsdauer	30 Minuten

Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Simone Göttlich
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simone Göttlich
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Numerik partieller Differentialgleichungen, Scientific Computing Research Seminar
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAA 519</b>	<b>Stochastic Calculus</b> <i>Stochastic Calculus</i>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematik A
Level	Master
ECTS	5
Workload	Classroom instruction: 56 hours per semester Self-study: 108 hours per semester
Prerequisites	Stochastik 1, Stochastik 2; WT1 is recommended
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stochastic Integration and Ito formula</li> <li>• solution theory for stochastic differential equations (strong solutions, linear SDEs)</li> <li>• change of measure (Girsanov theorem)</li> <li>• martingale representation theorem</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional skills: gaining a mathematical understanding of fundamental results in stochastic calculus (MK1, MK2, MF1, MF2, MF3, MO3, MO4)
	Methodological competence: proper handling of the standard methods in stochastic calculus (MK1, MF1, MO2)
	Interpersonal skills: team work (MO2, MO3)
Media	Videos and presentation on the blackboard
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Kuo, H.-H., Introduction to Stochastic Integration, Springer-Verlag, 2006.</li> <li>• Karatzas, I. and Shreve, S., Brownian Motion and Stochastic Calculus, Springer-Verlag, 1998.</li> <li>• Revuz, D. and Yor, M., Continuous Martingales and Brownian Motion. Grundlehren der mathematischen Wissenschaften. Springer-Verlag, 1999.</li> </ul>
Methods	Lectures, tutorials, problem sheets, question hours
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Successful participation in the exercise classes, i.e. 50% of the points for the homework
Duration of assessment	30 min

Language	English
Offering	FSS, HWS
Lecturer	Prof. Dr. David Prömel
Person in charge	Prof. Dr. David Prömel
Duration of module	1 semester
Further modules	-
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> or 3 <sup>rd</sup>

<b>MAA 520</b>	<b>Analytische Zahlentheorie</b> <i>Analytic Number Theory</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik A / Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I & II, Lineare Algebra I & II/A, (Elemente der) Funktionentheorie
Lehrinhalte	Eine Auswahl aus folgenden Themen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Arithmetische Funktionen und Dirichlet-Reihen</li> <li>Charaktere und Summationsformeln</li> <li>L-Funktionen und Riemann'sche Zeta-Funktionen</li> <li>Siebmethoden und Anwendungen des Großen Siebes</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Studierenden sind mit den Grundbegriffen und wichtigsten Aussagen der analytischen Zahlentheorie vertraut (MK1).</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeit, in abstrakten Strukturen zu denken (MO2)</li> <li>Fähigkeit auch umfangreichere Beweise aus dem Bereich der Zahlentheorie zu erfassen und nachzuvollziehen (MO2, MO3)</li> </ul>
Medienform	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beamer und Folien
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenes Skript (online)</li> <li>J. Brüder: Einführung in die analytische Zahlentheorie</li> <li>T. M. Apostol: Introduction to Analytic Number theory</li> <li>D. B. Zagier: Zetafunktionen und quadratische Körper</li> </ul>
Lehr - und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)

Art der Prüfungsleistung	Mündliche oder schriftliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Erfolgreiche Teilnahme am Übungsbetrieb (mindestens 40% der Übungspunkte)
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung) 90 Minuten (schriftliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Dr. Thomas Reichelt
Modulverantwortlicher	Dr. Thomas Reichelt
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAA 522</b>	<b>Whitham deformations</b>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematik A
Level	Master
ECTS	8
Workload	Classroom instruction: 84 h/semester (6 SWS), Work at home: 154 h/semester, consisting of: <ul style="list-style-type: none"> <li>• self study of the course: 126 h/semester,</li> <li>• preparation of the exam: 28 h/semester.</li> </ul>
Prerequisites	Analysis I and II and possibly III
Aim of module	Learning the topics in Dubrovin's and Grava's papers: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hamiltonian PDE's</li> <li>• Some relevant Riemann-Hilbert problems</li> <li>• Solutions of the Whitham equations</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional competence: (MK1, MO2, MO3) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Getting an understanding of the fundamental results on Whitham deformations</li> </ul>
	Competence in methods: (MF1, MO3) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Working independently with literature</li> <li>• Reading and understanding mathematical texts</li> </ul>
	Personal competence: (MO1, MO4) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Team work, communication about mathematics</li> </ul>
Media	Presentation via blackboard and/or beamer
Literature	B. Dubrovin: On universality of critical behaviour in Hamiltonian PDEs. Geometry, topology, and mathematical physics, pp. 59–109, Am. Math. Soc. Transl. Ser. 2, 224, Am. Math. Soc., Providence, RI (2008). Grava, Tamara. On the Cauchy problem for the Whitham equations. PhD thesis (1998).
Methods	Lectures (4 SWS) and tutorials (2 SWS)
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Successful participation in the exercise classes, i.e. 50% of the points for the homework

Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Possibly once
Lecturer	Dr. Guilherme Feitosa de Almeida
Person in charge	Dr. Guilherme Feitosa de Almeida
Duration of module	1 semester
Further modules	-
Range of application	B.Sc. And M.Sc. Business mathematics, M.Sc. Mathematics, M.Sc. Education mathematics
Semester	5. in the B.Sc., 1. or 3. in the M.Sc.

<b>MAA 523</b>	<b>Integrable hierarchies of KdV type and moduli spaces of curves</b>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematik A
Level	Master
ECTS	8
Workload	Classroom instruction: 84 h/semester (6 SWS), Work at home: 154 h/semester, consisting of: <ul style="list-style-type: none"> <li>• self-study of the course: 126 h/semester,</li> <li>• preparation of the exam: 28 h/semester.</li> </ul>
Prerequisites	Analysis I and II and possibly III
Aim of module	Learning about sources of Gromov-Witten invariants: <ul style="list-style-type: none"> <li>• (bihamiltonian) integrable hierarchies</li> <li>• moduli spaces of stable curves</li> <li>• intersection theory in these moduli spaces</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional competence: (MK1, MO2, MO3) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Getting an understanding of the fundamental results in integrable hierarchies and the interplay with the theory of moduli spaces of stable curves</li> </ul>
	Competence in methods: (MF1, MO3) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Working independently with literature</li> <li>• Reading and understanding mathematical texts</li> </ul>
	Personal competence: (MO1, MO4) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Team work, communication about mathematics</li> </ul>
Media	Presentation via blackboard and/or beamer
Literature	Dubrovin, B. Zhang, Y.: Normal forms of hierarchies of integrable PDEs, Frobenius manifolds and Gromov-Witten invariants. <a href="http://arxiv.org/list/math.DG/0108160">http://arxiv.org/list/math.DG/0108160</a> , 2001. Rossi, P.: Integrability, Quantization and Moduli Spaces of Curves. Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications 13 (2017), 060.
Methods	Lectures (4 SWS) and tutorials (2 SWS)
Form of assessment	Oral exam

Admission requirements for assessment	Successful participation in the exercise classes, i.e. 50% of the points for the homework
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Possibly once
Lecturer	Dr. Guilherme Feitosa de Almeida
Person in charge	Dr. Guilherme Feitosa de Almeida
Duration of module	1 semester
Further modules	-
Range of application	B.Sc. And M.Sc. Business mathematics, M.Sc. Mathematics, M.Sc. Education mathematics
Semester	6. in the B.Sc., 2. or 4. in the M.Sc.

<b>MAA 524</b>	<b>Riemannian Geometry</b>
Form of module	Lectures with Exercises
Type of Module	Mathematics A
Level	Master
ECTS	5
Workload	In-person study: 42h (1 lecture and 1 tutorial per week) Self-study: 100h
Prerequisites	Analysis III
Aim of module	A selection from the following themes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Riemannian metric, Connections</li> <li>• Curvature, Geodesics</li> <li>• Hypersurfaces, Harmonic Maps</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Subject Knowledge: Fluency with the concepts of Riemannian geometry (MK1)
	Methods: Ability to formulate and solve problems in vector bundles with connections (MO2)
	Personal Development: Deeper understanding of arguments in differential geometry (MO3)
Media	Lecture script
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Lee, Riemannian Manifolds</li> <li>• J. Jost, Riemannian Geometry and Geometric Analysis</li> <li>• M. do Carmo, Riemannian Geometry</li> </ul>
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Nil
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	
Lecturer	Dr. Ross Ogilvie
Person in charge	Prof. Dr. Martin Schmidt
Duration of module	1 Semester
Further modules	-

Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>

<b>MAA 525</b>	<b>Mean-field particle systems and their limits to non-local PDEs</b>
Form of module	Lecture courses with tutorials
Type of module	Mathematics A
Level	Master
ECTS	8
Workload	Classroom instruction: 56h (lecture)+28h (tutorial) per semester (6 SWS) Self study: 154h per semester
Prerequisites	Analysis I and II, Linear algebra I, Probability I
Aim of module	Rigorous derivation of mean-field type PDEs. Topics include: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic existence results for ODE and SDE</li> <li>• Wellposedness theory of mean-field type nonlocal PDEs</li> <li>• Entropy estimates for PDEs</li> <li>• Derivation of kinetic mean-field equation from N particle dynamical system.</li> <li>• Derivation of diffusion aggregation equation.</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional skills: gaining a mathematical understanding of the fundamental results (MK1, MF3)
	Methodological competence (MK1, MF3)
	Interpersonal skills: team work
Media	Discussions/presentations on the blackboard and videos
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Golse, F. (2016). On the dynamics of large particle systems in the mean field limit. In Macroscopic and large scale phenomena: coarse graining, mean field limits and ergodicity (pp. 1-144). Springer, Cham. 1.2-1.5</li> <li>• Carmona, R. (2016). Lectures on BSDEs, stochastic control, and stochastic differential games with financial applications. Society for Industrial and Applied Mathematics, Chapters 1-2</li> <li>• Lachker D. (2018). Lecture notes: Mean field games and interacting particle systems, Chapters 1-3</li> </ul>
Methods	Lecture (4 SWS), Titorial (2 SWS)

Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	---
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Irregular
Lecturer	Prof. boshi. Li Chen
Person in charge	Prof. boshi. Li Chen
Duration of module	1 semester
Further modules	---
Range of application	M.Sc Wirtschaftsmathematik, B.Sc Wirtschaftsmathematik, M.Sc Mathematic
Semester	1./2./3.

MAA 574	Funktionalanalysis II
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik A
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 56 h pro Semester (4 SWS)
	Eigenstudium:126 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 98 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Funktionalanalysis
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Theorie der Banachräume: unbedingte Basen, Komplementierbarkeit, Banach-Mazur-Abstand</li> <li>Fixpunktsätze (Brouwer, Schauder)</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Die Studierenden haben die Inhalte der Funktionalanalysis vertieft, insbesondere die Theorie der Banachräume und Fixpunktsätze (MK1, M02)
	Methodenkompetenz: Die Studierenden können nach Besuch des Moduls gegebene Aussagen über Banachräume, Basen, Komplementierbarkeit klassifizieren und zur Bearbeitung von Fragestellungen geeignete Theorien auswählen bzw. konstruieren (MF1, MF2,MO3)
	Personale Kompetenz: Teamarbeit
Medienformen	Tafelanschrieb und Beamerpräsentation
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Albiac, F. and Kalton, N.J. Topics in Banach Space Theory. Sec. Edition. Springer, 2016.</li> <li>Johnson, W.B. and Lindenstrauss, J. Handbook of the geometry of Banach spaces, Elsevier, 2001.</li> <li>Granas, M. and Dugundji, J. Fixed Point Theory. Springer, 2003.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Bearbeitung von Übungsblättern und jeweils 50 % der Übungsaufgaben und Votieraufgaben bestanden
Prüfungsdauer	30 Minuten

Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS 2025, (evtl. auch in Zukunft)
Lehrende/r	Dr. Peter Parczewski
Modulverantwortlicher	Dr. Peter Parczewski
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	
Verwendbarkeit	Bspw.: M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik
Einordnung Fachsemester	in 1./2./3. Fachsemester

## 2. Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik B

<b>MAB 501</b>	<b>Algebra II</b> <i>Algebra II</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Lineare Algebra I & II/A, Algebra
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fortführung und Vertiefung der Algebra durch fortgeschrittene Themen beispielsweise aus dem Bereich der Darstellungstheorie oder der kommutativen Algebra</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Sicherer Umgang mit algebraischen Strukturen (MK1, MF1, MF3, MO3)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeit auch umfangreichere Beweise aus dem Bereich der Algebra zu erfassen und nachzuvollziehen (MK1, MF1, MO1, MO2, MO3)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeit, in abstrakten Strukturen zu denken und diese für praktische Probleme nutzbar zu machen (MF2, MO2, MO3, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb, eventuell Beispiele und Algorithmen mit Computeralgebrasystem via Beamer
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>M. Artin: Algebra</li> <li>J.P. Serre: Linear representations of finite groups</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)

Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAB 502</b>	<b>Algebraische Zahlentheorie</b> <i>Algebraic Number Theory</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Algebra
Lehrinhalte	Begriff der Ganzheit, Dedekindringe, Ringerweiterungen, Klassenzahl, Dirichletscher Einheitensatz, Verzweigungstheorie, Bewertungen, Lokalisierungen, Adelisierungen, Kreisteilungskörper als Spezialfall, Ausblick auf Zetafunktionen
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Solides Verständnis für grundlegende Fragen der algebraischen Zahlentheorie</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeit, abstrakte algebraische Techniken in einem konkreten komplexen mathematischen Kontext anzuwenden.</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeit, in abstrakten Strukturen zu denken; Ahnung von heutiger Forschung (Stichwort: „Langlandsprogramm“)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Borevitch-Shafarevitch: Zahlentheorie</li> <li>Koch: Zahlentheorie</li> <li>Lang: Algebraic Number Theory</li> <li>Neukirch: Algebraische Zahlentheorie</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche oder schriftliche Prüfung

Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	90 Minuten (schriftliche Prüfung) 30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Dr. Thomas Reichelt
Modulverantwortliche	Dr. Thomas Reichelt
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAB 504</b>	<b>Mathematik und Information*</b> <i>Mathematics and Information</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I & II, Lineare Algebra I & II/A, Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie/Stochastik 1
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Shannons Entropie und abgeleitete Informationsmaße</li> <li>Entropie und Datenkompression</li> <li>Die Wettstrategie von Kelly</li> <li>Log-optimale Portfolios</li> <li>Universelle Portfolios</li> <li>Vektorraummethoden in der Informationssuche</li> <li>Matrixzerlegungen und latente semantische Analyse</li> <li>PageRank und verwandte Verfahren</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	<b>Fachkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantisierung von Information und inhaltliche Interpretation der entsprechenden Maße (MK1, MO2)</li> <li>Verständnis für Möglichkeiten und Grenzen log-optimaler Anlagestrategien (MK2, MF1, MF2)</li> <li>Verständnis für die Rolle der Linearen Algebra in der Informationssuche und der Klassifikation von Information (MK1, MK2, MF1, MF2)</li> </ul>
	<b>Methodenkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Umgang mit gängigen Informationsmaßen (MF2)</li> <li>Datenkompression mit Huffman-Bäumen und mit Transformationen (MO2)</li> <li>Berechnung log-optimaler und universeller Portfolios (MK2, MF1, MF2)</li> <li>Berechnung von PageRank und verwandten Rängen (MK1, MK2, MF1, MF2)</li> <li>Latente semantische Analyse via Singulärwertzerlegung (MK2, MF2)</li> </ul>

	<p>Personale Kompetenz:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit, intuitiv gegebene Begriffe wie Information, optimale sichere Anlagestrategie, Wichtigkeit oder Ähnlichkeit von Dokumenten und Webseiten durch verschiedene Ansätze mathematisch zu modellieren und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Möglichkeiten abzuschätzen (MK2, MF2, MO2, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beispiele und Algorithmen mit Computeralgebrasystem via Beamer
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Skript (online)</li> <li>• T. Cover, J. Thomas: Elements of Information Theory</li> <li>• M. Berry, M. Browne: Understanding Search Engines – Mathematical modeling and text retrieval</li> <li>• M. Langville, C. Meyer: Google's PageRank and Beyond – the science of search engine rankings</li> <li>• D. Skillicorn: Understanding komplex Datasets – Data Mining with Matrix Decompositions</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS) und Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	MSc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAB 506</b>	<b>Game theory</b>
Form of module	Lectures with exercises
Type of module	Mathematik B
Level	Master
ECTS	8
Workload	<p>Study in course: 84 h per semester (6 SWS)  Self-study: 154 h per semester:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 126 h preparation and repetition of the course</li> <li>• 28 h preparation of the exam</li> </ul>
Prerequisites	Linear Algebra I & II/A, Analysis I & II
Aim of module	Foundations of game theory, games in normal form, Nash equilibria, zero sum games, extensive games (with or without chance and with or without perfect information), subgame perfect equilibria, cooperative games, Shapley value, via examples applications in economics.
Learning outcomes and qualification goals	<p>Competence in the subject:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Good knowledge of game theory (MK1).</li> <li>• Familiarity with some applications in economics (MK2).</li> </ul>
	<p>Competence in methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ability to read all scientific papers on game theory (MF1, MO3).</li> <li>• Ability to model concrete problems in economics with the tools of game theory (MF2).</li> </ul>
	<p>Social competence:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Use strategic thinking with sense of proportion (MO4).</li> </ul>
Media	Beamer presentation and/or blackboard and/or videos, script
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S.K. Berninghaus, K.-M. Ehrhart, W. Güth: Strategische Spiele. Eine Einführung in die Spieltheorie. Springer, 3. Auflage 2010.</li> <li>• K. Binmore: Game theory. A very short introduction. Oxford University Press, 2007.</li> <li>• J. González-Díaz, I. García-Jurado, M.G. Fiestras-Janeiro: An introductory course on mathematical game theory. Graduate Studies in Mathematics vol. 115, American Mathematical Society, 2010.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.J. Holler, G. Illing: Einführung in die Spieltheorie. Springer, 7. Auflage 2009.</li> </ul>
Methods	Lectures (4 SWS) and exercises (2 SWS)
Form of assessment	Written exam
Admission requirements for assessment	Successful participation in the exercise classes, i.e. 50% of the points for the homework
Duration of assessment	90 minutes
Language	English
Offering	Every two years in the autumn term
Lecturer	Prof. Dr. Claus Hertling
Person in charge	Prof. Dr. Claus Hertling
Duration of module	1 semester
Further modules	Spieltheorie II, Fortgeschrittenenseminar Spieltheorie
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Semester	1st, 2nd or 3rd in a master, 5th in a bachelor

<b>MAB 507</b>	<b>Spieltheorie II*</b> <i>Game Theory II</i>
Form der Veranstaltung	Lecture with exercise classes (inverted classroom)
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	5
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 14 h pro Semester (1 SWS)
	Eigenstudium: 136 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 122 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 14 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Eine Spieltheorie-Vorlesung
Lehrinhalte	Verhandlungsspiele, Rubinstein-Spiel, Spiele mit unvollständiger Information, Bayes'sches Gleichgewicht, Auktionstheorie, in Form von Beispielen Anwendungen auf die Wirtschaftswissenschaften.
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fundierte Kenntnisse der Spieltheorie (MK1).</li> <li>Bekannschaft mit einigen Anwendungen in den Wirtschaftswissenschaften (MK2).</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Alle wissenschaftlichen Arbeiten zur Spieltheorie lesen können (MF1, MO3).</li> <li>Bei konkreten Situationen vor allem in den Wirtschaftswissenschaften diese in Modellen der Spieltheorie fassen und analysieren können (MF2).</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Strategisches Denken mit Bedacht einsetzen können (MO4).</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschriften, online abrufbares Skript
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>S.K. Berninghaus, K.-M. Ehrhart, W. Güth: Strategische Spiele. Eine Einführung in die Spieltheorie. Springer, 3. Auflage 2010.</li> <li>J. González-Díaz, I. García-Jurado, M.G. Fiestras-Janeiro: An introductory course on mathematical game theory. Graduate Studies in Mathematics vol. 115, American Mathematical Society, 2010.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.J. Holler, G. Illing: Einführung in die Spieltheorie. Springer, 7. Auflage 2009.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS) und Übung (1 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche oder schriftliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	90 Minuten (schriftliche Prüfung) 30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS
Lehrende/r	Prof. Dr. Claus Hertling
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Claus Hertling
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAB 508</b>	<b>Algebraische Statistik</b> <i>Algebraic Statistics</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>• davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Lineare Algebra I & II/A
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stichprobenmengen als algebraische Varietäten</li> <li>• Gröbnerbasen</li> <li>• Der Fächer eines Ideals</li> <li>• Identifikation der schätzbaren Modelle</li> <li>• Nichtpolynomiale Modelle</li> <li>• Markovbasen und Kontingenztests</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse der Idealtheorie und der Rolle von Gröbnerbasen (MK1)</li> <li>• Basen des Restklassenrings nach einem Ideal als Ausgangspunkt von Modellen (MK2)</li> <li>• Signifikanztests auf der Basis von Kontingenztafeln (MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung von Gröbnerbasen nach Buchberger (MO2)</li> <li>• Bestimmung eines Ideals zu einer vorgegebenen Stichprobe (MK2, MO2)</li> <li>• Identifikation möglicher Modelle zur Interpretation einer Stichprobe (MK2, MO2)</li> <li>• Abschätzung der Signifikanz von Aussagen anhand von Kontingenztafeln (MO2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis der Rolle algebraischer Methoden bei der Wahl und</li> <li>• Identifikation von Modellen (MK2, MO2)</li> <li>• Kritische Würdigung der verschiedenen Methoden zur Schätzung</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• von Signifikanzniveaus anhand von Kontingenztafeln (MK2, MO2)</li> </ul>
Medienformen	Präsentation mit Tafelanschrieb, Beispiele und Algorithmen mit Computeralgebrasystem via Beamer
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistone/Riccomagno/Wynn: Algebraic Statistics – Computational Commutative Algebra in Statistics</li> <li>• Aoki/Hara/Takemura: Markov Bases in Algebraic Statistics</li> <li>• Zum Kapitel über Gröbnerbasen ist auch ein eigenes Skript online verfügbar.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS) und Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAB 511</b>	<b>Applied Topology</b>
Form of module	Lecture Course with Tutorials
Type of module	Mathematics B
Level	Master
ECTS	8
Workload	Classroom instruction: 84h per semester (6 SWS) Self study: 154 h per semester
Prerequisites	Linear Algebra I and IIa, Analysis I and II
Aim of module	Foundation of Topology (i.a. simplicial complexes, homology, duality and cohomology, etc.) persistence, applications e.g. in the area of data analysis
Learning outcomes and qualification goals	Professional competence: solid understanding of the basic concepts of topology, and their applications of concrete examples
	Competence in methods: ability to apply abstract methods from the area of topology to concrete problems
	Personal competence: ability to think in abstract terms and apply abstract concepts to concrete problems
Media	Blackboard presentation
Literature	Will be announced in the lectures
Methods	Lectures (4SWS) and Tutorials (2SWS)
Form of assessment	Written or oral exam
Admission requirements for assessment	
Duration of assessment	90 min (written) or 30 min (oral)
Language	English
Offering	HWS
Lecturer	N.N.
Person in charge	N.N.

Duration of module	1 semester
Further modules	Applied Topology II
Range of application	MSc Wirtschaftsmathematik, BSc Wirtschaftsmathematik, MSc Mathematik
Semester	1./2./3. semester

<b>MAB 512</b>	<b>Applied Topology II</b>
Form of module	Lecture Course with Tutorials
Type of module	Mathematics B
Level	Master
ECTS	5
Workload	Classroom instruction: 56h per semester (4 SWS) Self study: 100 h per semester
Prerequisites	Applied Topology
Aim of module	Advanced subjects in topology (e.g. methods of homological algebra) and their applications in data analysis. Persistent homology and barcodes. Multi-dimensional and zick zack persistence.
Learning outcomes and qualification goals	Professional competence: solid understanding of the basic concepts of topology, und their applications of concrete examples
	Competence in methods: ability to apply abstract methods from the area of topology to concrete problems
	Personal competence: ability to think in abstract terms and apply abstract concepts to concrete problems
Media	Blackboard presentation
Literature	Will be announced in the lectures
Methods	Lectures (3SWS) and Tutorials (1SWS)
Form of assessment	Written or oral exam
Admission requirements for assessment	
Duration of assessment	90 min (written) or 30 min (oral)
Language	English
Offering	FSS
Lecturer	N.N.

Person in charge	N.N.
Duration of module	1 semester
Further modules	
Range of application	MSc Wirtschaftsmathematik, BSc Wirtschaftsmathematik, MSc Mathematik
Semester	1./2./3. semester

<b>MAB 513</b>	<b>Computeralgebra</b> <i>Computer Algebra</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>• davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Lineare Algebra I & II/A
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exaktes, numerisches und symbolisches Rechnen</li> <li>• Explizite Lösungsformeln für Gleichungen bis zum Grad vier</li> <li>• Polynomringe in mehreren Veränderlichen und Gröbner-Basen</li> <li>• Eliminationsordnungen und nichtlineare Gleichungssysteme</li> <li>• Hilbertscher Nullstellensatz</li> <li>• Vielfachheiten von Lösungen</li> <li>• Alternative Lösungsmethoden (univariate Polynome, Resultanten)</li> <li>• Modulare und p-adische Methoden in der Computeralgebra</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	<b>Fachkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnis der jeweiligen Vor- und Nachteile von numerischem gegenüber symbolischem Rechnen</li> <li>• Einsatzmöglichkeiten modularer und p-adischer Methoden (MK1)</li> <li>• Grundlegende Sätze über Polynomringe und ihre Ideale (MK1)</li> <li>• Gröbnerbasen und ihre Anwendungen (MK1)</li> </ul>
	<b>Methodenkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse im Umgang mit einem Computeralgebrasystem</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösungsverfahren für nichtlineare Gleichungssysteme (MK1)</li> <li>• Berechnung von Gröbnerbasen nach Buchberger (MK1)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur Lösung mathematischer Probleme durch symbolisches Rechnen</li> <li>• Verständnis der Mathematik hinter einigen wichtigen Algorithmen der Computeralgebra (MK1)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beispiele und Algorithmen mit Computeralgebrasystem via Beamer
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Skript (online)</li> <li>• M. Kaplan: Computeralgebra</li> <li>• F. Winkler: Polynomial Algorithms in Computer Algebra</li> <li>• K.O. Geddes, S.R. Czabor, G. Labahn: Algorithms for Computer Algebra</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1.-3. Fachsemester Master, 5./6. Fachsemester Bachelor

<b>MAB 516</b>	<b>Mathematik der Information*</b> <i>Mathematics of Information</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: 92 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 64 h pro Semester</li> <li>Vorbereitung auf die Prüfung 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I & II, Lineare Algebra I & II/A, Stochastik 1
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Shannons Entropie</li> <li>Kellys ökonomische Interpretation der Entropie</li> <li>Log-optimale Portfolios</li> <li>Vektorraummethoden in der Informationssuche</li> <li>Matrixzerlegungen und latente semantische Analyse</li> <li>PageRank und verwandte Verfahren</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	<b>Fachkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Quantisierung von Information und inhaltliche Interpretation der entsprechenden Maße (MK1, MO2)</li> <li>Verständnis für Möglichkeiten und Grenzen log-optimaler Anlagestrategien (MK2, MF1, MF2)</li> <li>Verständnis für die Rolle der Linearen Algebra in der Informationssuche und der Klassifikation von Information (MK1, MK2, MF1, MF2)</li> </ul>
	<b>Methodenkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Umgang mit gängigen Informationsmaßen (MF2)</li> <li>Berechnung log-optimaler und universeller Portfolios (MK2, MF1, MF2)</li> <li>Berechnung von PageRank und verwandten Rängen (MK1, MK2, MF1, MF2)</li> <li>Latente semantische Analyse via Singulärwertzerlegung (MK2, MF2)</li> </ul>
	<b>Personale Kompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeit, intuitiv gegebene Begriffe wie Information, optimale sichere Anlagestrategie, Wichtigkeit oder Ähnlichkeit von Dokumenten und Webseiten durch verschiedene Ansätze mathematisch zu modellieren und die Vor- und Nachteile der verschiedenen Möglichkeiten abzuschätzen (MK2, MF2, MO2, MO4)</li> </ul>

Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beispiele und Algorithmen mit Computeralgebrasystem via Beamer
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Skript (online)</li> <li>• T. Cover, J. Thomas: Elements of Information Theory</li> <li>• M. Berry, M. Browne: Understanding Search Engines – Mathematical modeling and text retrieval</li> <li>• M. Langville, C. Meyer: Google's PageRank and Beyond – the science of search engine rankings</li> <li>• D. Skillicorn: Understanding komplex Datasets – Data Mining with Matrix Decompositions</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch, auf Wunsch Englisch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	MSc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAB 517</b>	<b>Einführung in die Algebraische Statistik*</b> <i>Introduction to Algebraic Statistics</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: 92 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 64 h pro Semester</li> <li>Vorbereitung auf die Prüfung 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Analysis I & II, Lineare Algebra I & II/A, Stochastik 1
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stichproben als Nullstellenmengen von Polynomen</li> <li>Gröbnerbasen von Idealen</li> <li>Identifikation der auf Grund einer Stichprobe schätzbaren Modelle</li> <li>Kontingenztests und Markovbasen</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundzüge der Idealtheorie und der Rolle von Gröbnerbasen (MK1)</li> <li>Zusammenhang zwischen schätzbaren Modellen und Vektorraumbasen von Restklassenringen (MK2)</li> <li>Anwendung von Markovbasen auf Kontingenztests im Falle kleiner Stichproben (MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Explizite Berechnung von Gröbnerbasen (MO2)</li> <li>Bestimmung eines Ideals zu einer Stichprobe (MK2, MO2)</li> <li>Bestimmung schätzbaren Modelle zu einer gegebenen Stichprobe (MK2, MO2)</li> <li>Abschätzung der Signifikanz von Aussagen anhand von Kontingenztafeln für kleine Stichproben (MO2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der Rolle algebraischer Methoden in der Stichprobentheorie (MK2, MO2)</li> <li>Grundkenntnisse in Computeralgebra (MK1), MO2)</li> <li>Verständnis von Vor- und Nachteilen verschiedener Verfahren zum Umgang mit Kontingenztafeln (MK2, MO2)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beispiele und Algorithmen mit Computeralgebrasystem via Beamer
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenes Skript (online)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pistone/Riccomagno/Wynn: Algebraic Statistics – Computational Commutative Algebra in Statistics</li> <li>• Hibi [Hrsg.]: Gröbner Bases – Statistics and Software Systems</li> <li>• Aoki/Hara/Takemura: Markov Bases in Algebraic Statistics</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch, auf Wunsch Englisch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	MSc. Wirtschaftsmathematik, Msc. Mathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester für Master (Wirtschafts-)mathematik

<b>MAB 518</b>	<b>Quantum Computing und dessen mathematische Grundlagen</b> <i>Quantum Computing and its Mathematical Foundations</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung und Praktikum
Typ der Veranstaltung	Mathematik B
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1 & 2
Lehrinhalte	Quantencomputing und seine Grundlagen, wie <ul style="list-style-type: none"> <li>(Quanten)Informationstheorie</li> <li>Quanten-Wahrscheinlichkeitstheorie</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Mathematische Grundlagen des Quantencomputing (MK1)</li> <li>Programmieren eines Quantencomputers (MK1)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellen einfacher Algorithmen für einen Quantencomputer (MK2)</li> <li>Mathematische Darstellung von Quantencomputern und deren Grundlagen (MK2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Beurteilen der Fähigkeiten und Grenzen eines Quantencomputers (MF2, MF3, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Beamer, Tafelanschiebe
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>J. Watrous. The Theory of Quantum Computing. Cambridge.</li> <li>E.R. Johnson. Programming Quantum Computers: Essential Algorithms and Code Samples. O'Reilly, 2019</li> <li>A. Khrennikov. Quantum Probability and Randomness. MDPI, 2019</li> <li>M.A. Nielsen &amp; I.L. Chuang. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge.</li> <li>R.W. Yeung. A First Course in Information Theory. Springer 2002</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M.M. Wilde. Quantum Information Theory. Cambridge, 2017</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS), Praktikum (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung inklusive Präsentation und Verteidigung der Projektarbeit
Prüfungsvorleistung	50% der Punkte bei schriftlichen Lösungen und 50% gründliche Bearbeitung beim Votiersystem, sowie zweimaliges Vorrechnen in Übungsgruppen
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Seminar "Komplexe Methoden"
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Fachsemester

<b>MAB 519</b>	<b>Reinforcement Learning</b>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematics B
Level	Master
ECTS	10
Workload	Lectures: 56h Exercise classes: 28h Self-study: 156h
Prerequisites	Stochastik I, Markovketten
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foundations of Markov Decision Processes</li> <li>• Policy- and Value-Iteration Methods</li> <li>• Temporal Difference Learning</li> <li>• Policy-Gradient Methods</li> <li>• Implementation in Python</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	MK1, M02, M03
	MF1, MF3
	(cf, "Erläuterungen zu den Abkürzungen")
Media	Blackboard, Slides
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures Notes</li> <li>• Sutton, Barto: Reinforcement Learning - An Introduction</li> <li>• Putterman: Markov Decision Processes</li> </ul>
Methods	Lectures, theoretical and programming exercises
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Participation in the exercises
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Irregular
Lecturer	Prof. Dr. Leif Döring

Person in charge	Prof. Dr. Leif Döring
Duration of module	1 semester
Further modules	--
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mannheim Master in Data Science, M.Sc. Wirtschaftsinformatik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>

<b>MAB 520</b>	<b>Reinforcement Learning 2</b>
Form of module	Reinforcement Learning 2
Type of module	Lecture
Level	Master
ECTS	5
Workload	28 hours lectures 114 hours self-studies
Prerequisites	Reinforcement Learning
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Double)Deep Q-Learning</li> <li>• Regularisation methods in actor-critic</li> <li>• Human feedback RL</li> <li>• Monte Carlo Search Trees</li> <li>• ODE method to stochastic approximation and their applications</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	MK1, M02, M03
	MF1, MF3
	(cf, "Erläuterungen zu den Abkürzungen")
Media	Blackboard, Slides
Literature	Original articles
Methods	Lectures
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	-
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	irregular
Lecturer	Prof. Dr. Leif Döring, Prof. Dr. Simon Weißmann, Prof. Dr. Mathias Staudigl
Person in charge	Prof. Dr. Leif Döring

Duration of module	1 semester
Further modules	-
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mannheim Master in Data Science, M.Sc. Wirtschaftsinformatik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>

### 3. Wahlpflichtveranstaltungen Mathematik C (wirtschaftsnah)

MAC 502	Computational Finance
Form of module	Lecture with exercise classes (inverted classroom)
Type of module	Mathematik C
Level	Master
ECTS	6
Workload	Classroom instruction: 56 hours per semester Self-study: 124 hours per semester
Prerequisites	Advance Mathematical Finance, Monte Carlo Methods
Aim of module	Numerical methods for derivative pricing. Topics include: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Basic tools of numerical and stochastic analysis</li> <li>• Pricing of European options via PDE- and Monte-Carlo-Methods</li> <li>• Pricing of American options via Tree- and Regression Methods</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	MK2, MO3
	MF1, MF2
	(cf "Erläuterungen zu den Abkürzungen")
Media	Videos, Beamer presentation and blackboard
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture Notes</li> <li>• Fusai, Roncoroni: Implementing Models in Quantitative Finance: Methods and Cases, Springer, 2008</li> <li>• Glasserman: Monte Carlo methods in financial engineering, Springer, 2003</li> <li>• Higham: An Introduction to Financial Option Valuation: Mathematics, Stochastics and Computation, CUP, 2004</li> <li>• Korn et al.: Monte Carlo methods and models in finance and insurance, Chapman &amp; Hall, 2012</li> </ul>
Methods	Lecture, theoretical and programming exercises and question hours
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Successful participation in the exercise classes, i.e. 50% of the points for the homework
Duration of assessment	30 min

Language	English
Offering	FSS
Lecturer	Prof. Dr. A. Neuenkirch
Person in charge	Prof. Dr. A. Neuenkirch
Duration of module	1 semester
Further modules	--
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, MMDS
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> or 3 <sup>rd</sup>

<b>MAC 503</b>	<b>Einführung in die Extremwertstatistik</b> <i>Introduction to Extreme Value Statistics</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1 & 2
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>univariate und multivariate Extremwerttheorie</li> <li>Maxima von unabhängig und identisch verteilten Zufallsvariablen</li> <li>max-stabile Verteilungen und ihre Anziehungsbereiche</li> <li>max-unendlich oft teilbare Verteilungen; Spektral-Maß; Punktprozess-Darstellung; Charakteristiken</li> <li>Schätzer für den extreme value index</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundkenntnisse der univariaten und multivariaten Extremwerttheorie und der Anwendung (MK1)</li> <li>Grundkenntnisse über regulär variierende Funktionen</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Schätzen von Modellparametern für und Vorhersage von extremen Ereignissen im Sinne der Extremwerttheorie (MK2)</li> <li>Grundlegende Rechenverfahren in der Extremwerttheorie (MK1, MF3)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Problembewusstsein für und qualifizierter Umgang mit Extremereignissen (MO3, MO4)</li> <li>Kompetenz im Umgang mit nicht additiven Strukturen in der Stochastik (MF3, MO3)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Beamer, Tafelanschriebe
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>S. I. Resnick. Extreme Values, Regular Variation and Point Processes. Springer, 2008</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L. de Haan, Ana Ferreira. Extreme Value Theory: An Introduction. Springer, 2006.</li> <li>• P. Embrechts, C. Klüppelberg, T. Mikosch. Modelling Extremal Events for Insurance and Finance. Springer, 1997.</li> <li>• J. Beirlant, Y. Goegebeur, J. Segers, J. Teugels. Statistics of Extremes: Theory and Applications. Wiley, Chichester, 2005.</li> <li>• S. Coles. An Introduction to Statistical Modeling of Extreme Values. Springer, 2001.</li> <li>• S. Kotz, S. Nadarajah. Extreme Value Distributions: Theory and Applications. Imperial College Press, 2000.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (1 SWS), Praktikum (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	50% der Punkte bei schriftlichen Lösungen und 50% gründliche Bearbeitung beim Votiersystem, sowie zweimaliges Vorrechnen in Übungsgruppen
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 507</b>	<b>Nonlinear Optimization</b> <i>Nichtlineare Optimierung</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 56 h pro Semester (4 SWS)
	Eigenstudium: 126 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 112 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 14 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik, Optimierung
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimalitätsbedingungen für unrestringierte und restringierte Optimierungsprobleme</li> <li>Numerisches Verfahren für nicht-lineare Optimierungsprobleme.</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kennenlernen und verstehen verschiedener Methoden und Algorithmen (MK1, MK2)</li> <li>Implementierungen verschiedener Verfahren (MK1, MK2, MO2, MO4)</li> <li>Interpretation numerischer Ergebnisse (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Mathematische Modellierung eines Problems (MF1, MF2)</li> <li>Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenes Skript (online)</li> <li>Amir Beck: Introduction to Nonlinear Optimization – Theory, Algorithms, and Applications with MATLAB</li> <li>Jorge Nocedal and Stephen J. Wright: Numerical Optimization</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS),
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung

Prüfungsvorleistung	Bearbeitung von Übungsblättern und mindestens 50% der Übungsaufgaben bestanden.
Prüfungsdauer	30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Englisch
Angebotsturnus	regelmäßig
Lehrende/r	Prof. Mathias Staudigl, Phd
Modulverantwortlicher	Prof. Mathias Staudigl, Phd
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, Master in Data Science,
Einordnung Fachsemester	in 1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 508</b>	<b>Numerik Stochastischer Differentialgleichungen</b> <i>Computational Stochastic Differential Equations</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 56 h pro Semester (4 SWS)
	Eigenstudium: 126 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 98 h pro Semester</li> <li>• davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik, Wahrscheinlichkeitstheorie I, Stochastische Simulation/Monte Carlo Methods
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Theoretische Grundlagen: stochastische Prozesse; stochastische Integration und stochastische Differentialgleichungen.</li> <li>• Numerik: Simulation von Gaußprozessen; Fehlerbegriffe; Klassische Approximationsverfahren; Quadratur von stochastischen Differentialgleichungen; Monte-Carlo-Verfahren; Anwendungen in Technik und Finanzmathematik</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Die Studierenden haben die grundlegenden Fragestellungen und wichtigsten Methoden der Numerik stochastischer Differentialgleichungen erlernt, insbesondere die Unterschiede zwischen den verschiedenen Approximationsbegriffen, das Euler- und Milsteinverfahren sowie Multi-level Monte-Carlo-Verfahren (MK1, M02).
	Methodenkompetenz: Die Studierenden können nach Besuch des Moduls gegebene numerische Probleme für stochastische Differentialgleichungen klassifizieren und zur Bearbeitung geeignete Verfahren auswählen bzw. konstruieren (MF1, MF2, M03).
	Personale Kompetenz: Teamarbeit
Medienformen	Tafelanschrieb, Beamerpräsentation

Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kloeden, Platen: Numerical solution of stochastic differential equations. Springer, 1999</li> <li>• Milstein, Tretyakov: Stochastic Numerics for Mathematical Physics. Springer, 2004</li> <li>• Eigenes Skript</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Bearbeitung von Übungsblättern und jeweils 50 % der Übungsaufgaben und Votieraufgaben bestanden
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	HWS
Lehrende/r	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch, Dr. Peter Parczewski
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch, Dr. Peter Parczewski
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 509</b>	<b>Numerics of Ordinary Differential Equations</b> <i>Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</i>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematik C
Level	Master
ECTS	6
Workload	Classroom instruction: 56 hours per semester (4SWS)
	Self-study: 126 hours per semester of which <ul style="list-style-type: none"> <li>• preparation and follow-up of the course and free self-study: 98 h per semester</li> <li>• preparation for the exam, e.g. exam/seminar final paper and presentation preparation: 28 h per semester</li> </ul>
Prerequisites	Numerik, Knowledge of Differential Equations
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Initial value problems: one-step methods, multi-step methods</li> <li>• Initial value problems for stiff differential equations</li> <li>• Boundary value problems: difference methods, variational methods, finite elements</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional competence: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Understanding of advanced methods of numerical mathematics (MK1, MK2)</li> <li>• Concrete implementation and application of the more advanced procedures in program codes (MK1, MK2, MO2, MO4)</li> <li>• Interpretation of numerical results (MK1, MK2)</li> </ul>
	Competence in methods: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematical modeling of a problem (MF1, MF2)</li> <li>• Concrete problem solving strategies and their interpretation (MF1, MF2)</li> </ul>
	Personal competence: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamwork (MO2, MO3)</li> </ul>
Media	Presentation on the blackboard, projector and slides
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes (online)</li> <li>• P. Deuffhard, A. Hohmann: Numerische Mathematik II</li> <li>• M. Hanke-Bourgeois: Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens</li> <li>• J. Stoer: Einführung in die Numerische Mathematik II</li> </ul>

Methods	Lecture (2 SWS), exercise class (2 SWS)
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	At least 50% of the points of the programming tasks
Duration of assessment	30 minutes
Language	English
Offering	HWS
Lecturer	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch, Prof. Dr. Simone Göttlich
Person in charge	Prof. Dr. Simone Göttlich; Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
Duration of module	1 semester
Further modules	Numerics of Partial Differential Equations, Seminar Modellierung und Simulation
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Semester	1st, 2nd or 3rd

<b>MAC 510</b>	<b>Numerik partieller Differentialgleichungen</b> <i>Numerics of Partial Differential Equations</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik, Kenntnisse von Differentialgleichungen, Numerik von Differentialgleichungen I
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Numerische Methoden für Hyperbolische partielle Differentialgleichungen</li> <li>Numerische Methoden für Parabolische partielle Differentialgleichungen</li> <li>Lösungsbegriff: klassische und schwache Lösung, Konsistenz, Stabilität und Konvergenz numerischer Lösungsverfahren</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis weiterführender Verfahren der Numerischen Mathematik (MK1, MK2)</li> <li>Konkretes Umsetzen und Anwenden der weiterführenden Verfahren in Programmcodes (MK1, MK2, MO2, MO4)</li> <li>Interpretation numerischer Ergebnisse (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Mathematische Modellierung eines Problems (MF1, MF2)</li> <li>Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschriften, Beamer und Folien
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eigenes Skript (online)</li> <li>LeVeque: Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems</li> <li>LeVeque: Numerical Methods for Conservation Laws</li> <li>Großmann/ Roos: Numerik Partieller Differentialgleichungen</li> </ul>

Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Mindestens 75% der Punkte der Programmieraufgaben
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS
Lehrende/r	Prof. Dr. Simone Göttlich
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simone Göttlich
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Seminar Modellierung und Simulation, Scientific Computing Research Seminar
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	Ab dem 2. Fachsemester

<b>MAC 512</b>	<b>Modeling, Measuring and Managing Risk</b> <i>Modeling, Measuring and Managing Risk</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 42 h pro Semester (3 SWS)
	Eigenstudium: 126 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 112 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 14 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie/Stochastik 1
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantile functions</li> <li>Copulas</li> <li>Modeling dependent risk factors</li> <li>Value at Risk</li> <li>Coherent and convex risk measures</li> <li>Model risk</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundbegriffe und Vergleich der Bewertung von Risiko aus Sicht der Mikroökonomie, der Versicherungsmathematik und des Risikomanagements (MK1, MK2)</li> <li>Mathematische Behandlung ökonomischer Bewertungskriterien, z.B. mittels Darstellungssätzen (MK1, MK2)</li> <li>Einfache mathematische Konzepte der Stochastik, Maßtheorie und Funktionalanalysis (MK1)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundprinzipien des statischen Risikomanagements (MF2, MO1, MO3)</li> <li>Beherrschung der Terminologie der Risikobewertung (MO3, MO4)</li> <li>Erkennen, in welchen Situationen welche Bewertungsmethoden für Risiken sinnvoll sein können (MK1, MK2, MO2, MO3)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>

Medienformen	Vorlesung mit Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Föllmer/Schied: Stochastic Finance: An Introduction in Discrete Time. 3rd ed. De Gruyter (2011)</li> <li>• McNeil/Frey/Embrechts: Quantitative Risk Management. Cambridge University Press (2006)</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche oder schriftliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	erfolgreiche Teilnahme an den Übungen
Prüfungsdauer	90 Minuten (schriftliche Prüfung) 30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Englisch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	N.N.
Modulverantwortlicher	N.N.
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 515</b>	<b>Stochastic Processes</b> <i>(Wahrscheinlichkeitstheorie 1 – Stochastische Prozesse)</i>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematics C
Level	Master
ECTS	8
Workload	Lectures 56h Exercises classes: 28h Self-study: 156h
Prerequisites	Stochastik I
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stochastic processes in discrete and continuous time</li> <li>• Martingale convergence theory</li> <li>• Weak convergence theory</li> <li>• Brownian motion</li> <li>• Donsker's theorem</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	MK1, M02, M03
	MF1, MF3
	(cf "Erläuterungen zu den Abkürzungen")
Media	Blackboard, videos
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture Notes</li> <li>• Achim Klenke "Probability Theory"</li> </ul>
Methods	Lectures, theoretical exercises
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Participation in the exercise
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	FSS
Lecturer	Prof. Dr. L. Döring, Prof. Dr. M. Slowik, Prof. Dr. D. Prömel
Person in charge	Prof. Dr. L. Döring

Duration of module	1 semester
Further modules	--
Range of application	M.Sc. Mathematik, M.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup> , 4 <sup>th</sup>

<b>MAC 518</b>	<b>Fortgeschrittenenkurs julia</b> <i>Advances in julia</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 42 h pro Semester (3 SWS)
	Eigenstudium: 78 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 33 h pro Semester</li> <li>• davon Projektarbeit: 30h pro Semester</li> <li>• davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 15 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Grundlegende Kenntnisse in julia
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schnittstellen</li> <li>• Epressions und macros</li> <li>• Package-Programmierung (Hauptziel)</li> <li>• Debugging und Profiling</li> <li>• C-Schnittstelle</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Kenntnisse einer Programmiersprache in der Stochastik (MK2)</li> <li>• Vertiefte Kenntnisse zu einer komplexen Interpretersprache</li> <li>• Kenntnisse zu Schnittstellen zwischen Programmiersprachen</li> </ul>
	Methodenkompetenz (MO4): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung von Funktionen und Paketen in einer Programmiersprache in der Stochastik</li> <li>• Umsetzen einfacher mathematischer und statistischer Fragestellungen in Programm-Code</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassen des Programm-Codes als Lösungsmodell eines mathematisch-statistischen Problems (MO4)</li> <li>• Reflektierte Verwendung von Funktionen (MO4)</li> <li>• Lösen komplexer Fragestellungen im Team</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Beamer, Tafelanschriebe

Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>I. Balbaert, A.Selcani (2019) Julia 1.0 Programming Complete Reference Guide: Discover Julia, a high-performance language for technical computing. Packt-Verlag.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesungen, angeleitete Programmieraufgaben, Übungen, Projektarbeit
Art der Prüfungsleistung	Durchführung, Dokumentation und Verteidigung eines Projekt
Prüfungsvorleistung	50% der Punkte bei den Hausaufgaben
Prüfungsdauer	20 min Verteidigung
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Seminar zu Computational Statistics
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	-

<b>MAC 519</b>	<b>Optimale Kontrolle</b> <i>Optimal Control</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Grundlegende Kenntnisse in Funktionalanalysis und Analysis partieller Differentialgleichungen. Kenntnisse zur Numerik gewöhnlicher und partieller Differentialgleichungen sind hilfreich.
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Steuerbarkeit und Optimalsteuerung elliptischer partieller Differentialgleichungen inklusive einfacher numerischer Verfahren</li> <li>Steuerbarkeit und Optimalsteuerung parabolischer partieller Differentialgleichungen</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der grundlegenden Konzepte der kontinuierlichen Optimierung (MK1), (MK2)</li> <li>Kenntnis der einschlägigen numerischen Verfahren zur Lösung von Optimierungsproblemen (MK1), (MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Erkennen eines Optimierungsproblems und Umsetzung in eine mathematisch verwertbare Form (MF2)</li> <li>Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1), (MF2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Teamarbeit (MO2), (MO3)</li> </ul>
Medienformen	Vorlesung mit Tafelanschrieb, Beamer und Folien
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fredi Tröltzsch; Optimale Steuerung partieller Differential-gleichungen. Theorie, Verfahren, Anwendungen</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung

Prüfungsvorleistung	Bearbeitung von Übungsblättern (genauer Prozentsatz wird vom jeweiligen Dozenten festgelegt und zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben)
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Simone Göttlich
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simone Göttlich
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	ab dem 2. Fachsemester

<b>MAC 520</b>	<b>Modeling and Scientific Computing</b> <i>Modeling and Scientific Computing</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 56 h pro Semester (4 SWS)
	Eigenstudium: 126 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 112 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 14 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschiebe, Beamer und Folien
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Bearbeitung von Übungsblättern (genauer Prozentsatz wird vom jeweiligen Dozenten festgelegt und zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben)
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Simone Göttlich
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simone Göttlich

Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Wird zu Veranstaltungsbeginn bekannt gegeben
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 526</b>	<b>Reading course „Stochastische Modellierung“</b> <i>Stochastic Modelling</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Kontaktzeiten: 5 h pro Semester
	Eigenstudium: 235 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 205 h pro Semester</li> <li>• davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 30 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Verschieden, hängt vom Thema ab
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezielle Kenntnisse aus einem Gebiet der Mathematik / Statistik</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz (MK1, MK2): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezielle Kenntnisse in einem Gebiet der Mathematik / Statistik</li> </ul>
	Methodenkompetenz (MF1, MF3): <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung des Portfolios der bisherigen Methoden um weitere Methoden</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit, sich selbst ein komplexeres Stoffgebiet der Mathematik/ Statistik anzueignen (MF1)</li> <li>• Festigung von bereits erworbenen Kompetenzen</li> </ul>
Medienformen	
Begleitende Literatur	Verschieden, hängt vom Thema ab
Lehr- und Lernmethoden	Selbstständiges Lernen
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig

Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	4. Fachsemester

<b>MAC 527</b>	<b>Markov processes</b> <i>Markov processes</i>
Form of module	Lecture
Type of module	Mathematics C
Level	Master
ECTS	5
Workload	Self-Study: 154 hours per semester
Prerequisites	Wahrscheinlichkeitstheorie 1
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construction of stochastic processes (Theorem of Daniel-Kolmogorov)</li> <li>• Stopping and optional times and stopped processes</li> <li>• Markov processes and its properties (Markov property, strong Markov property, forward and backward equation)</li> <li>• Construction of Markov processes via the transition function</li> <li>• Semigroups of linear operators, resolvents and generators (Theorem of Hille-Yoshida) and its relation to Markov processes</li> <li>• Relation between Markov processes and martingales (Dynkin martingale)</li> <li>• functionals of Markov processes and partial differential equations</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional skills: gaining a mathematical understanding of the fundamental results in the theory of Markov processes (MK1, MF3)
	Methodological competence: proper handling of the standard methods in the theory of Markov processes (MK1, MF3)
	Interpersonal skills: team work
Media	Videos and discussions/presentations on the blackboard
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chung, "Lectures from Markov processes to Brownian motion"</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Liggett, "Continuous Time Markov processes: An Introduction"</li> <li>• Stroock, "An Introduction to Markov Processes"</li> <li>• Pardoux, "Markov Processes and application"</li> <li>• Ethier, Kurtz, "Markov Processes: Characterization and convergence"</li> </ul>
Methods	Lectures (2 SWS), supervision, homework problems
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	--
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Irregular
Lecturer	Prof. Dr. Leif Döring / Prof. Dr. Martin Slowik
Person in charge	Prof. Dr. Leif Döring
Duration of module	1 semester
Further modules	--
Range of application	M.Sc Wirtschaftsmathematik, B.Sc Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>

<b>MAC 528</b>	<b>Inverse Probleme</b> <i>Inverse Problems</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 56 h pro Semester (4 SWS)
	Eigenstudium: 126 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 112 h pro Semester</li> <li>• davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 14 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Optimierung, Numerik. Grundlegende Kenntnisse in Funktionalanalysis, Wahrscheinlichkeitstheorie und nichtlinearer Optimierung sind hilfreich.
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorie und Regularisierung von schlecht gestellten inversen Problemen, numerische Verfahren zur Regularisierung</li> <li>• Statistische inverse Probleme</li> <li>• Bayessche inverse Probleme</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen und verstehen verschiedener Methoden und Algorithmen (MK1, MK2)</li> <li>• Implementierungen verschiedener Verfahren (MK1, MK2, MO2, MO4)</li> <li>• Interpretation numerischer Ergebnisse (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Modellierung eines Problems (MF1, MF2)</li> <li>• Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb, Beamerpräsentation
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H.W.Engl, M.Hanke, A.Neubauer, Regularization of Inverse Problems, Kluwer, 1996 /2000.</li> <li>• A. Kirsch: An introduction to the mathematical theory of inverse problems, Springer 2011 (2. Auflage).</li> <li>• A. Rieder: Keine Probleme mit Inversen Problemen, Vieweg 2003.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Kaipio and E. Somersalo, Statistical and Computational Inverse Problems, Springer 2005.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche oder schriftliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Bearbeitung von Übungsblättern und mindestens 50% der Übungsaufgaben bestanden.
Prüfungsdauer	90 Minuten (schriftliche Prüfung) 30 Minuten (mündliche Prüfung)
Sprache	Deutsch, auf Wunsch Englisch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Simon Weißmann
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simon Weißmann
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, Lehramt Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 531</b>	<b>Lévy Processes</b> ( <i>Lévy Prozesse</i> )
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematics C
Level	Master
ECTS	5
Workload	Lectures: 28h Exercises: 28h Self-study: 94h
Prerequisites	Stochastik I, Probability Theory 1
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poisson measures</li> <li>• Lévy-Khintchin formula</li> <li>• Lévy processes</li> <li>• Lévy-Ito representation</li> <li>• Path properties</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	MK1, MK3, M01, MO3
	MF2, MF3
	(cf “Erläuterungen zu den Abkürzungen”)
Media	Blackboard
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture Notes</li> <li>• Andreas Kyprianou “Fluctuations of Lévy processes with applications”</li> </ul>
Methods	Lectures, theoretical exercises
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Participation in the exercise
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Not regular
Lecturer	Prof. Dr. L. Döring
Person in charge	Prof. Dr. L. Döring

Duration of module	1 semester
Further modules	--
Range of application	M.Sc. Mathematik, M.Sc. Wirtschaftsmathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup> , 4 <sup>th</sup>

<b>MAC 534</b>	<b>Methods for Systems of Hyperbolic Conservation Laws</b>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übungen, Blockveranstaltung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	5
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 42 h pro Semester (3 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 86 h pro Semester</li> <li>• davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 14 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik partieller Differentialgleichungen
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systems of hyperbolic conservation laws and their relation to wave phenomena: hyperbolicity of first order systems (linear and nonlinear); well-posedness of initial and boundary value problems; shock phenomena; application to the equations of gas dynamics</li> <li>• Computational methods: Riemann solvers for systems; finite difference and finite volume methods; high-order accuracy and challenges</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis der theoretischen und numerischen Konzepte und deren Anwendbarkeit (MK1, MK2)</li> <li>• Konkretes Umsetzen der Verfahren in Programmcodes (MK1, MK2, MO2, MO4)</li> <li>• Interpretation numerischer Ergebnisse (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Modellierung eines Problems (MF1, MF2)</li> <li>• Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschriebe, Beamer und Folien
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bressan, Hyperbolic systems of conservation laws. The one-dimensional Cauchy problem, Vol. 20, Lecture Series</li> </ul>

	<p>in Mathematics and its Applications, Oxford University Press, 2000.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• C. M. Dafermos, Hyperbolic conservation laws in continuum physics, Vol. 325, Grundlehren der Mathematischen Wissenschaften, Springer-Verlag, Berlin, 3rd Edition, 2010.</li> <li>• E. Godlewski, P. A. Raviart, Numerical approximation of hyperbolic systems of conservation laws, Springer, Berlin, 1996.</li> <li>• A. Jeffrey, Quasilinear hyperbolic systems and waves, Pitman Publishing, London, 1976.</li> <li>• R. J. LeVeque, Numerical methods for conservation laws, Birkhauser, Basel, 1992.</li> <li>• D. Serre, Systems of conservation laws. 1. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.</li> <li>• C.-W. Shu, Essentially non-oscillatory and weighted essentially non-oscillatory schemes for hyperbolic conservation laws, ICASE Report 1997-65.</li> <li>• E. Toro, Riemann solvers and numerical methods for fluid dynamics, Springer, Berlin, 1999.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Keine
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Mapundi Banda
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simone Göttlich
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Optimierung bei Differentialgleichungen, Scientific Computing Research Seminar
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	Ab dem 2. Fachsemester

<b>MAC 538</b>	<b>Anwendungen skalarer Erhaltungsgleichungen</b> <i>Applications of scalar conservation laws</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 56 h pro Semester (4 SWS)
	Eigenstudium: 126 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 112 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 14 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Dynamische Systeme
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Theorie skalarer Erhaltungsgleichungen</li> <li>Mehrskalenmodellierung (Bsp. Verkehr, Produktion)</li> <li>Netzwerkmodelle (Bsp. Verkehr, Produktion)</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Verständnis der Theorie von dynamischen Prozessen auf Netzwerken und deren Anwendbarkeit (MK1, MK2)</li> <li>Konkretes Umsetzen numerischer Verfahren in Programmcodes (MK1, MK2, MO2, MO4)</li> <li>Auswertung und Interpretation numerischer Ergebnisse (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Mathematische Modellierung eines Problems (MF1, MF2)</li> <li>Herleiten eines geeigneten mathematischen Rahmens</li> <li>Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Teamarbeit (MO2, MO3)</li> <li>Präsentationstechnik</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beamer und Folien
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>C. D'Apice, S. Göttlich, M. Herty, B. Piccoli - Modeling, Simulation and Optimization of Supply Chains: A Continuous Approach - SIAM book series on Mathematical Modeling and Computation, 226 pages, 2010.</li> <li>M. Garavello, B. Piccoli – Traffic flow on networks - AIMS Series on Applied Mathematics, xvi+243 pages, 2006.</li> </ul>

Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Mind. 75% der Punkte der Programmieraufgaben
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS
Lehrende/r	Prof. Dr. Simone Göttlich
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simone Göttlich
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Numerik partieller Differentialgleichungen, Scientific Computing Research Seminar
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 539</b>	<b>Schadenversicherungsmathematik I</b> <i>Non-Life Insurance Mathematics I</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: 56 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon 35 h Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• davon 21 h Vorbereitung für die Prüfung</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Wahrscheinlichkeitstheorie auf der Grundlage der Maß- und Integrationstheorie
Lehrinhalte	Risikomodelle: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuelles Modell</li> <li>• Kollektives Modell mit Anwendungen in Tarifierung, Reservierung und Rückversicherung</li> <li>• Dynamisches kollektives Modell</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Grundkenntnis stochastischer Modelle der Schadenversicherungsmathematik
	Methodenkompetenz: Anwendung stochastischer Modelle der Schadenversicherungsmathematik
	Personale Kompetenz: Fähigkeit zur Kommunikation mit Aktuaren in der Praxis
Medienformen	Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmidt: Versicherungsmathematik</li> <li>• Goelden et al.: Schadenversicherungsmathematik</li> <li>• Schmidt: Lectures on Risk Theory <a href="https://www.math.tu-dresden.de/sto/schmidt/book/risk.pdf">https://www.math.tu-dresden.de/sto/schmidt/book/risk.pdf</a></li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Keine
Prüfungsdauer	20 Minuten
Sprache	Deutsch

Angebotsturnus	FSS (gerades Jahr)
Lehrende/r	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schadenversicherungsmathematik II im FSS 2023 und voraussichtlich alle 2 Jahre im FSS</li> <li>• Fortgeschrittenenseminar zur Versicherungsmathematik</li> </ul>
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik
Einordnung in Fachsemester	Master ab dem 1. Fachsemester, Bachelor ab dem 5. Fachsemester

<b>MAC 540</b>	<b>Copulas und Konkordanzmaße</b> <i>Copulas and Measures of Concordance</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: 56 h pro Semester, <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon 35 h Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• davon 21 h Vorbereitung für die Prüfung</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Wahrscheinlichkeitstheorie auf der Grundlage der Maß- und Integrationstheorie
Lehrinhalte	Copulas dienen der Darstellung und der Erzeugung von multivariaten Verteilungen. Konkordanzmaße bewerten mit Hilfe von Copulas stochastische Zusammenhänge zwischen Zufallsvariablen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Copulas und der Satz von Sklar</li> <li>• Spezielle Copulas und Klassen von Copulas</li> <li>• Transformationen von Copulas</li> <li>• Copulamaße</li> <li>• Konkordanzmaße für Copulas</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Grundkenntnisse über Copulas und Konkordanzmaße
	Methodenkompetenz: Anwendung von Copulas und Konkordanzmaßen, unter anderem in der Versicherungsmathematik
	Personale Kompetenz: Fähigkeit zur Kommunikation mit Aktuarien in der Praxis
Medienformen	Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante, Sempi: Principles of Copula Theory</li> <li>• Nelsen: An Introduction to Copulas</li> <li>• Fuchs, Schmidt: Bivariate Copulas und Konkordanzmaße (Manuskript)</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-

Prüfungsdauer	20 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	HWS
Lehrende/r	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Fortgeschrittenenseminar zur Versicherungsmathematik
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	Master: ab dem 1. Fachsemester Bachelor: ab dem 5. Fachsemester

<b>MAC 546</b>	<b>Schadenversicherungsmathematik II</b> <i>Non-Life Insurance Mathematics II</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: 56 h pro Semester mit <ul style="list-style-type: none"> <li>• 35 h Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 21 h Vorbereitung für die Prüfung</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Wahrscheinlichkeitstheorie auf der Grundlage der Maß- und Integrationstheorie
Lehrinhalte	Tarifierung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikomaße</li> <li>• Prämienprinzipien</li> <li>• Credibility-Theorie</li> <li>• Bonus-Malus-Systeme</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Kenntnis der wichtigsten Methoden zur Kalkulation von Prämien in der Schadenversicherungsmathematik
	Methodenkompetenz: Vergleich, Bewertung und Anwendung von Methoden zur Kalkulation von Prämien in der Schadenversicherungsmathematik
	Personale Kompetenz: Fähigkeit zur Kommunikation mit Aktuaren in der Praxis
Medienformen	Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmidt: Versicherungsmathematik</li> <li>• Goelden et al.: Schadenversicherungsmathematik</li> <li>• Schmidt: Théorie de Crédibilité (Manuskript Uni Strasbourg)</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Keine
Prüfungsdauer	20 Minuten

Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS (ungerades Jahr)
Lehrende/r	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schadenversicherungsmathematik I im FSS 2022 und voraussichtlich alle 2 Jahre im FSS</li> <li>• Fortgeschrittenenseminar zur Versicherungsmathematik</li> </ul>
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, B.Sc. wirtschaftsmathematik
Einordnung in Fachsemester	Master ab dem 1. Fachsemester, Bachelor ab dem 5. Fachsemester

<b>MAC 554</b>	<b>Mathematische Methoden der Big Data Analytics</b> <i>Mathematical Methods of Big Data Analytics</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung und Praktika
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master, für Bachelor geeignet
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1 & 2, Grundlagen der Ökonometrie
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lineare und gemischte Modelle</li> <li>Neuronale Netze, Deep Learning</li> <li>LASSO, Ridge Regression, ISIS</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kenntnis der grundlegenden Erweiterungen der linearen Modelle (gemischte Modelle; verallgemeinerte lineare Modelle) (MK1)</li> <li>Mathematische Grundlagen für Neuronale Netze (MK1)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Einfache Analyse, Schätzung und Vorhersage für Regressionsmodelle (MK2) bei großen Datensätzen</li> <li>Einfache Analyse, Schätzung und Vorhersage für Neuronale Netze (MK2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kompetenz, bei einer vorgegebenen Datensituation geeignete Verfahren auszuwählen (MF2, MF3, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Beamer, Tafelanschriebe
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>J.J. Faraway. Linear Models with R. Chapman &amp; Hall, 2005</li> <li>P. McCullagh &amp; J.A. Nelder. Generalized Linear Models, CRC Pr. Inc., 1989</li> <li>S. Haykin. Neuronal Networks: A Comprehensive Foundation. Maxwell Macmillan, 1994.</li> <li>P. Bühlmann &amp; S. van der Geer. Statistics for High-Dimensional Data: Methods, Theory and Applications, 2011.</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS), Praktikum (2 SWS)

Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	50% der Punkte bei schriftlichen Lösungen und 50% gründliche Bearbeitung beim Votiersystem, sowie zweimaliges Vorrechnen in Übungsgruppen
Prüfungsdauer	30 Minuten, davon 5 min Präsentation und 5 min Verteidigung der Projektarbeit
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Seminar zu Mathematischen Methoden für hochdimensionale Daten
Verwendbarkeit	B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Wirtschaftsmathematik B.Sc. Volkswirtschaftslehre, M.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	. Fachsemester

<b>MAC 555</b>	<b>Mathematische Grundlagen der Sachversicherung</b> <i>Mathematics of Non-Life Insurance</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1+2
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Prämienkalkulationsprinzipien</li> <li>Gesamtschadenmodellierung</li> <li>Ruintheorie</li> <li>Experience Rating</li> <li>Rückversicherung</li> <li>Schadenreservierung</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz (MK1, MK2): <ul style="list-style-type: none"> <li>Kenntnisse der Mathematik zur Sachversicherung</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendung mathematischer Methoden auf Fragestellungen der Sachversicherung (MF2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fähigkeit zur Kommunikation mit Vertretern der Praxis auch aus anderen Fachrichtungen (MO4)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb, online abrufbares Skript, Präsentation mit dem Beamer
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>E. Spodarev: Stochastische Risikotheorie (Vorlesungsskript, <a href="https://www.uni-ulm.de/mawi/mawistochastik/mitarbeiter/evgeny-spodarev/publikationen/vorlesungsskripte.html">https://www.uni-ulm.de/mawi/mawistochastik/mitarbeiter/evgeny-spodarev/publikationen/vorlesungsskripte.html</a>)</li> <li>K. Wolfstdorf: Versicherungsmathematik Teil I, 2. Aufl., Teubner Verlag, Stuttgart 1997.</li> <li>H.-J. Bartels Einführung in die Versicherungsmathematik (Skript)</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)

Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	50% der Punkte bei schriftlichen Lösungen und 50% gründliche Bearbeitung beim Votiersystem, sowie zweimaliges Vorrechnen in Übungsgruppen
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	--
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	

<b>MAC 557</b>	<b>Advanced Topics in Mathematical Finance</b> <i>Advanced Topics in Mathematical Finance</i>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematik C
Level	Master
ECTS	6
Workload	Classroom instruction: 42 hours per semester Self-study: 138 hours per semester
Prerequisites	Stochastic Calculus, basic knowledge in mathematical finance
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• basics of continuous-time arbitrage theory</li> <li>• Black-Scholes theory and Bachelier model</li> <li>• volatility modeling</li> <li>• term structure theory for interest rates</li> <li>• optimal investments and basics of stochastic optimal control; in particular verification arguments for Hamilton-Jacobi-Bellman equations</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional skills: gaining a mathematical understanding of the main results in continuous-time finance (MK1, MK2, MF1, MF2, MF3, MO3, MO4)
	Methodological competence: proper handling of the methods in mathematical finance and stochastic analysis analysis (MK1, MF1, MO2)
	Interpersonal skills: team work (MO2, MO3)
Media	Videos and presentation on the blackboard
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Björk, T., Arbitrage Theory in Continuous Time, Oxford University Press, 3. ed., 2009.</li> <li>• Shreve, S. E., Stochastic calculus for finance, II. Springer-Verlag, 2004.</li> <li>• Pham, H., Continuous-time Stochastic Control and Optimization with Financial Applications, Springer-Verlag, 2009.</li> <li>• Filipovic, D., Term-Structure Models: A Graduate Course, Springer Finance Textbooks, 2009.</li> </ul>
Methods	Lectures, tutorials, problem sheets, question hours
Form of assessment	Oral exam

Admission requirements for assessment	Successful participation in the exercise classes, i.e. 50% of the points for the homework
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	FSS
Lecturer	Prof. Dr. David Prömel
Person in charge	Prof. Dr. David Prömel
Duration of module	1 semester
Further modules	-
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> or 3 <sup>rd</sup>

<b>MAC 559</b>	<b>Quasi Monte Carlo Methoden</b> <i>Quasi Monte Carlo Methods</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 56 h pro Semester
	Eigenstudium: 124 h pro Semester
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik, Monte Carlo Methods
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichverteilung modulo Eins</li> <li>• Diskrepanz und Koksma-Hlawka-Ungleichung</li> <li>• Hilberträume mit reproduzierendem Kern</li> <li>• Gitter und Netze</li> <li>• Klassische Niederdiskrepanzfolgen</li> <li>• Quasi-Monte Carlo Integration</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	BK1, BK3, B02, B03
	BF2, BF3, BF4
	Vgl. Erläuterungen zu den Abkürzungen
Medienformen	Tafelanschrieb und Folien
Begleitende Literatur	Leobacher, Pillichshammer: <i>Introduction to Quasi-Monte Carlo Integration and Applications</i> Niederreiter: <i>Random Number Generation and Quasi-Monte Carlo Methods</i>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung mit Übung
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Mindestens 50% der Punkte der Abgabenaufgaben
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch

Angebotsturnus	FSS
Lehrende/r	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Computational Finance
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	2./4. Fachsemester

<b>MAC 563</b>	<b>A PDE approach to mean-field systems</b>
Form of module	Lecture
Type of module	Mathematics C
Level	Master
ECTS	5 ECTS
Workload	
Prerequisites	Wahrscheinlichkeitstheorie 1
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to ordinary and disordered mean-field systems</li> <li>• Introduction to the theory of large deviations and convex analysis (level 1, Theorem of Cramér, Varadhan's lemma, Laplace method)</li> <li>• Solution theory for Hamilton-Jacobi equations (viscosity (sub-, super-) solution, comparison principle, Hopf-Lax formula, convex selection principle)</li> <li>• Application to mean-field models, statistical interference and disordered mean-field models</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional skills: gaining a mathematical understanding of the fundamental results in the theory of large deviations, mean-field systems and Hamilton-Jacobi equations (MK1, MF3)
	Methodological competence: proper handling of the standard methods in the theory of large deviations, mean-field systems and Hamilton-Jacobi equations (MK1, MF3)
	Interpersonal skills: team work
Media	discussions/presentations on the blackboard and videos
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Friedli, Velenik, „Statistical Mechanics of Lattice Systems: A concrete mathematical introduction“</li> <li>• den Hollander, „Large deviations“</li> <li>• Evans, „Partial Differential Equations“</li> <li>• Panchenko, „The Sherrington-Kirkpatrick Model“</li> <li>• Mourrat, „Hamilton-Jacobi equations for finite-rank matrix interference“</li> </ul>

Methods	Lectures (2 SWS), supervision, homework problems
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	---
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Irregular
Lecturer	Prof. Dr. Martin Slowik
Person in charge	Prof. Dr. Martin Slowik
Duration of module	1 semester
Further modules	---
Range of application	M.Sc Wirtschaftsmathematik, B.Sc Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>

<b>MAC 564</b>	<b>Support Vector Machines</b> <i>Support Vector Machines</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung und Praktikum
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Kenntnisse über Hilberträume
Lehrinhalte	Support Vector Machines und deren mathematische Grundlagen
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Vertiefte und erweiterte Kenntnisse der mathematischen Methoden des <i>Supervised Learnings</i>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswahl, Anpassung und Vorhersage bei SVM (MK1, MK2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Erweiterte Kompetenz, bei einer vorgegebenen Datensituation geeignete Verfahren auszuwählen (MF2, MF3, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Beamer, Tafelanschiebe
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>I. Steinwart, A. Christmann. Support Vector Machines. Springer 2008</li> <li>T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman. The Elements of Statistical Learning. Springer 2009</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS), Praktikum (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung inklusive Präsentation und Verteidigung der Projektarbeit
Prüfungsvorleistung	50% der Punkte bei schriftlichen Lösungen und 50% gründliche Bearbeitung beim Votiersystem, sowie zweimaliges Vorrechnen in Übungsgruppen
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig

Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	2./4. Fachsemester

<b>MAC 565</b>	<b>Computational Statistics</b> <i>Computational Statistics</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung und Praktikum
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master, für Bachelor geeignet
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium: 154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stochastik 1 &amp; 2</li> <li>Programmierkurs julia</li> </ul>
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einstieg in die Problematik des schnellen Rechnens anhand der Matrixmultiplikation</li> <li>Komplexitätstheorie</li> <li>Markov Chain Monte Carlo (MCMC)</li> <li>Bayessche Statistik</li> <li>Bootstrapping</li> <li>Stochastische Algorithmen</li> <li>Kurzeinstieg in C</li> <li>Paralleles Rechnen (OMP, SIMD, GPU) in C</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	<b>Fachkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Grundlagen und Anwendung von MCMC</li> <li>Kenntnis des Aufbaus einer CPU als Grundlage schneller Codes</li> <li>Kenntnisse des parallelen Programmierens in C</li> <li>Vertiefte Kenntnisse zu einer maschinennahen Compilersprache (MK2)</li> </ul>
	<b>Methodenkompetenz (MO4):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung von Funktionen in einer Programmiersprache im Bereich Computational Statistics</li> <li>Umsetzen mathematischer und statistischer Fragestellungen in Programm-Code</li> <li>Schreiben parallelen Codes: Multiprozessor (OMP), vektorisierter Code (SIMD), Graphikkartenprogrammierung (GPU)</li> <li>Stochastische Algorithmen zur Lösung deterministischer Probleme</li> </ul>
	<b>Personale Kompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erfassen des Programm-Codes als Lösungsmodell eines</li> </ul>

	<p>mathematisch-statistischen Problems (MO4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lösen komplexer Fragestellungen im Team</li> <li>• Abwägen der Vor- und Nachteile verschiedener Arten parallelen Codes</li> <li>• Abwägen der Vor- und Nachteile von MCMC</li> <li>• Abwägen der Vor- und Nachteile stochastischer Algorithmen</li> <li>• Reflektierte Verwendung des frequentistischen und Bayesschen Ansatzes</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Beamer, Tafelanschiebe
Begleitende Literatur	G.H. Givens, J.A. Hoeting. Computational Statistics. Wiley B. Schmidt et al.: Parallel Programming: Concepts and Practice. Elsevier
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS), Praktikum (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	mündliche Prüfung inklusive Präsentation und Verteidigung der Projektarbeit
Prüfungsvorleistung	50% der Punkte bei schriftlichen Lösungen und 50% gründliche Bearbeitung beim Votiersytsem, sowie zweimaliges Vorrechnen in Übungsgruppen
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seminar zu Computational Statistics</li> <li>• CS 610 GPU Programming</li> </ul>
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	2./4. Fachsemester

<b>MAC 566</b>	<b>Optimization in ML</b>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematics C
Level	Master
ECTS	6
Workload	Lectures and exercises: 56h Self-study: 124h
Prerequisites	Stochastik I, Monte Carlo Methods
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Stochastic) Gradient Methods</li> <li>• (Empirical) Risk Minimization</li> <li>• Variance Reduction and Acceleration</li> <li>• Training of Neural Networks</li> <li>• Programming in Python</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	MK1, M02, M03
	MF1, MF3
	(cf, "Erläuterungen zu den Abkürzungen")
Media	Blackboard, Slides
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectures Notes</li> <li>• Guanghui Lan, "First-order and Stochastic Optimization Methods for Machine Learning "</li> <li>• Shai Shalev-Shwartz and Shai Ben-David, "Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms"</li> </ul>
Methods	Lectures, theoretical and programming exercises
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Participation in the exercises
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	Irregular

Lecturer	Prof. Dr. Simon Weißmann
Person in charge	Prof. Dr. Simon Weißmann
Duration of module	1 semester
Further modules	--
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mannheim Master in Data Science, M.Sc. Wirtschaftsinformatik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>

MAC 567	Numerik und Stochastik von Klimamodellen
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	8
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 84 h pro Semester (6 SWS)
	Eigenstudium:154 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 126 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 28 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik, Stochastik I
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Theoretische Grundlagen: Gewöhnliche Differenzialgleichungen, stochastische Differenzialgleichungen, dynamische Systeme, Numerik von gewöhnlichen Differenzialgleichungen, Numerik von stochastischen Differenzialgleichungen</li> <li>Anwendung in Klimamodellen (Physik, Stefan-Boltzmann-Gesetz)</li> <li>Klassifikation von Klimamodellen (Energiebilanzmodelle, Boxmodelle, GCM)</li> <li>Stochastische Resonanz, stochastisches Rauschen</li> <li>Long range dependence (fraktionale Brownsche Bewegung)</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Die Studierenden haben die grundlegenden und wichtigsten mathematischen Klimamodelle erlernt, insbesondere die Besonderheiten von deterministischen und stochastischen Modellen (MK1, M02)
	Methodenkompetenz: Die Studierenden können nach Besuch des Moduls gegebene numerische Aussagen über Klimamodelle klassifizieren und zur Bearbeitung geeignete Verfahren auswählen bzw. konstruieren (MF1, MF2, MO3)
	Personale Kompetenz: Teamarbeit
Medienformen	Tafelanschrieb und Beamerpräsentation
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Imkeller, P. (Ed.) Stochastic Climate Models, Springer, 2001</li> <li>Stocker, T. Introduction to Climate modelling. University of Bern, Lecture notes (2024)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• von Storch, H. und Güss, S. und Heimann, M. Das Klimasystem und seine Modellierung. Springer, (1999).</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Bearbeitung von Übungsblättern und jeweils 50 % der Übungsaufgaben und Votieraufgaben bestanden
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS 2025, (evtl. auch in Zukunft)
Lehrende/r	Dr. Peter Parczewski
Modulverantwortlicher	Dr. Peter Parczewski
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	
Verwendbarkeit	Bspw.: M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 568</b>	<b>Monte Carlo Methoden II</b> <i>Monte Carlo Methods II</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 56 h pro Semester
	Eigenstudium: 124 h pro Semester
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik, Monte Carlo Methods
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Markovketten Monte Carlo für lineare Gleichungssysteme</li> <li>• Random Walk Verfahren für das Dirichlet-Problem</li> <li>• Quantisierung von Zufallsvariablen</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	BK1, BK3, B02, B03
	BF2, BF3, BF4
	Vgl. Erläuterungen zu den Abkürzungen
Medienformen	Tafelanschrieb und Folien
Begleitende Literatur	Eigenes Skript; die Vorlesung basiert auf verschiedenen Originalarbeiten.
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung mit Übung
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	Mindestens 50% der Punkte der Abgabeaufgaben
Prüfungsdauer	30 Minuten
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS 25 (mindestens einmal alle zwei Jahre)
Lehrende/r	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch

Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	Computational Finance
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Fachsemester

<b>MAC 569</b>	<b>Konvexe Optimierung – Theoretische und Algorithmische Grundlagen</b> <i>Convex Optimization – Theory and Algorithms</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung mit Übung
Typ der Veranstaltung	Mathematik C, Wahlmodul Mathematik
Modulniveau	Master
ECTS	6
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 4 h pro Semester (4 SWS)
	Eigenstudium: 20 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 10 h pro Semester</li> <li>davon Vorbereitung für die Prüfung: 10 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Lineare Algebra I und IIA, Analysis I+II
Lehrinhalte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Introduction to Convex Analysis and Monotone Operators</li> <li>Tools for Large-Scale Convex Optimization</li> <li>Fast Methods for Machine learning and Distributed Optimization</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Convex Analysis</li> <li>Numerical Algorithms</li> <li>Complexity Theory</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Gradient Methods</li> <li>Operator Splitting Techniques</li> <li>Acceleration of Numerical Schemes</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>Willingness for self-study</li> <li>Creativity for problem solving</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb
Begleitende Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boyd, S., &amp; Vandenberghe, L. (2004). Convex Optimization. Cambridge University Press.</li> <li>Yurii Nesterov. Lectures on Convex Optimization. Springer 2018...</li> <li>Ernest Ryu &amp; Wotao Yin (2023). Large-Scale Convex Optimization: Algorithms &amp; Analyses via Monotone Operators. Cambridge University Press</li> </ul>
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (4 SWS)

Art der Prüfungsleistung	schriftliche Klausur/bei geringer Studentenzahl auf mündliche Prüfung möglich
Prüfungsvorleistung	Handing-in of problem sets and passing at least 50% of them
Prüfungsdauer	90 Minuten
Sprache	Deutsch/Englisch
Angebotsturnus	Irregular
Lehrende/r	Prof. Mathias Staudigl
Modulverantwortlicher	Prof. Mathias Staudigl
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	Bspw.: M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik
Einordnung in Fachsemester	1./2./3. Fachsemester

<b>MAC 570</b>	Reinforcement Learning - Coding
Form of module	Lectures with exercises
Type of module	Mathematics C
Level	Master
ECTS	5
Workload	28 hours lectures 122 hours self-studies
Prerequisites	Reinforcement Learning
Aim of module	Implementation of standard algorithms in reinforcement learning <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bandit algorithms (UCB)</li> <li>• TD algorithms (Q-learning, TD)</li> <li>• Policy gradient algorithms (SAC, PPO)</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	MK1, M02, M03
	MF1, MF3
	(cf, "Erläuterungen zu den Abkürzungen")
Media	Blackboard, Slides
Literature	Original articles
Methods	Lectures, programmig tasks
Form of assessment	written exam
Admission requirements for assessment	-
Duration of assessment	90 min
Language	English
Offering	irregular
Lecturer	Prof. Dr. Leif Döring, Prof. Dr. Simon Weißmann
Person in charge	Prof. Dr. Leif Döring, Prof. Dr. Simon Weißmann

Duration of module	1 semester
Further modules	-
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mannheim Master in Data Science, M.Sc. Wirtschaftsinformatik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup>

<b>MAC 571</b>	<b>Large-scale dynamics of stochastic systems</b> <i>Large-scale dynamics</i>
Form of module	Lecture
Type of module	Mathematics C
Level	Master
ECTS	5
Workload	Self-Study: 154 hours per semester
Prerequisites	Stochastik 1, Markovketten, desirable: Mathematical Finance or Probability Theory 1
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Markov chains and boundary value problems</li> <li>• Elements of discrete potential theory (harmonic functions, capacity, variational characterization)</li> <li>• Functional inequalities (Poincare, Nash, Sobolev, Log-Sobolev)</li> <li>• Stochastic particle and spin systems</li> <li>• Potential theoretic approach to metastability</li> <li>• Martingale problems and convergence</li> <li>• Hydrodynamic limit</li> <li>•</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional skills: gaining a mathematical understanding of the fundamental results in discrete potential theory and advanced theory of Markov chains (MK1, MF3)
	Methodological competence: proper handling of the standard methods in the theory of Markov chains (MK1, MF3)
	Interpersonal skills: teamwork
Media	Videos and discussions/presentations on the blackboard
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bovier, den Hollander “Metastability”</li> <li>• Landim, “Metastable Markov chains”</li> <li>• Lyons, “Random walks on trees and networks”</li> </ul>
Methods	Lectures (2 SWS), homework problems
Form of assessment	Oral exam

Admission requirements for assessment	--
Duration of assessment	30 min
Language	English
Offering	irregular
Lecturer	Prof. Dr. Martin Slowik
Person in charge	Prof. Dr. Martin Slowik
Duration of module	1 semester
Further modules	--
Range of application	M.Sc Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, (B.Sc Wirtschaftsmathematik)
Semester	M.Sc. 1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , 3 <sup>rd</sup> ; (B.Sc. 5 <sup>th</sup> , 6 <sup>th</sup> )

<b>MAC 572</b>	<b>Algorithmic trading and stochastic control</b> <i>Algorithmic trading and stochastic control</i>
Form of module	Lecture with exercise classes
Type of module	Mathematik C
Level	Master
ECTS	6
Workload	Classroom instruction: 42 hours per semester Self-study: 138 hours per semester
Prerequisites	Stochastik 1, Stochastic Calculus; Advanced Topics in Mathematical Finance is recommended
Aim of module	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stochastic Optimal Control</li> <li>• Optimal stopping</li> <li>• Optimal Execution with Continuous Trading</li> <li>• Market Making</li> <li>• Pairs Trading and Statistical Arbitrage Strategies</li> </ul>
Learning outcomes and qualification goals	Professional skills: gaining a mathematical understanding of fundamental results in stochastic control and algorithmic trading (MK1, MK2, MF1, MF2, MF3, MO3, MO4)
	Methodological competence: proper handling of the standard methods in in stochastic control and algorithmic trading (MK1, MF1, MO2)
	Interpersonal skills: team work (MO2, MO3)
Media	Presentation on the blackboard
Literature	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Cartea, Álvaro, Sebastian Jaimungal, and José Penalva. Algorithmic and high-frequency trading. Cambridge University Press, 2015.</li> <li>• Pham, Huyên. Continuous-time stochastic control and optimization with financial applications. Vol. 61. Springer Science &amp; Business Media, 2009.</li> </ul>
Methods	Lectures, tutorials, problem sheets, question hours
Form of assessment	Oral exam
Admission requirements for assessment	Successful participation in the exercise classes
Duration of assessment	30 min

Language	English
Offering	FSS
Lecturer	Prof. Dr. David Prömel
Person in charge	Prof. Dr. David Prömel
Duration of module	1 semester
Further modules	-
Range of application	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Semester	1 <sup>st</sup> , 2 <sup>nd</sup> , or 3 <sup>rd</sup>

<b>MAC 573</b>	<b>Reading Kurs Graphentheorie</b> <i>Reading Course Graph Theory</i>
Form der Veranstaltung	Vorlesung
Typ der Veranstaltung	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
Modulniveau	Bachelor/Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: 92 h pro Semester <ul style="list-style-type: none"> <li>• davon Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium: 71 h pro Semester</li> <li>• davon Vorbereitung auf die Prüfung: 21 h pro Semester</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Lineare Algebra I und IIA
Lehrinhalte	Grundlagen der Graphentheorie. Bäume, Färbungen der Ecken oder Kanten, Hamilton-Zykel, Zerlegungen, Algorithmen, Planare Graphen
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Probleme in der Graphentheorie einordnen und lösen</li> <li>• Algorithmen verstehen und ausführen</li> <li>• Beweise nachvollziehen und selber führen</li> </ul>
	Methodenkompetenz: Eigenständig mit mathematischer Literatur umgehen, Texte lesen und verdauen, Material auswählen und in eigener Weise wiedergeben (MF1, MO4)
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesen und Verstehen mathematischer Texte (MF1)</li> <li>• Darstellung mathematischer Argumentation (MO1, MO2, MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation einfacher wissenschaftlicher Sachverhalte (MO2, MO3)</li> </ul>
Medienformen	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beamer und Folien
Begleitende Literatur	N. Hartsfield, G. Ringel: Pearls in Graph Theory. A Comprehensive Introduction. Academic Press, Inc., 1990.
Lehr- und Lernmethoden	Vorlesung (2 SWS)
Art der Prüfungsleistung	Mündliche Prüfung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	30 Minuten

Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Claus Hertling
Modulverantwortliche	Prof. Dr. Claus Hertling
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik
Einordnung Fachsemester	in 2. oder 4. Semester (M.Sc.) bzw 4. oder 6. Semester (B.Sc.)

#### 4. Seminare Mathematik

<b>MAS 500</b> (SEM 440)	<b>Mathematisches Seminar Master</b> <i>Mathematical Seminar Master</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master, je nach Vortrag auch Bachelor
ECTS	4 Master / 3 Bachelor
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: ca. 92 h pro Semester
Vorausgesetzte Kenntnisse	Beherrschung des Stoffs der mathematischen Grundvorlesungen aus dem Bachelor-Studium.
Lehrinhalte	Die Teilnehmer des Seminars entscheiden sich für ein Einzelthema; sie bereiten einen Vortrag und eventuell eine schriftliche Ausarbeitung darüber vor. Die Grundlage dazu bilden vom Betreuer/der Betreuerin ausgewählte Stellen aus der mathematischen Fachliteratur. Alle Teilnehmer tragen selbst vor.
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Die Studierenden verfügen über vertiefte Fachkenntnisse auf dem Gebiet des Seminars. (MK1, MK2)
	Methodenkompetenz: Eigenständig mit mathematischer Literatur umgehen, Texte lesen und verstehen, Material auswählen und in eigener Weise wiedergeben (MF1, MO4).
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>9. Lesen und verstehen mathematischer Texte (MF1)</li> <li>10. Darstellung mathematischer Argumentation (MO1, MO3)</li> <li>11. Fähigkeit zur Präsentation wissenschaftlicher Inhalte (MO2, MO3, MO4)</li> <li>12. Fähigkeit zum Computersatz von mathematischen Texten (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Vorbereiten der Präsentation in Zusammenarbeit mit der Betreuerin/dem Betreuer, Präsentationen der Studierenden
Begleitende Literatur	Fachspezifisch

Lehr- und Lernmethoden	Selbständiges Erarbeiten der schriftlichen Fassung und der Präsentation, Diskussion mit den anderen Teilnehmern.
Art der Prüfungsleistung	Individuelle Bewertung der Präsentation und eventuell der schriftlichen Ausarbeitung; aktive Teilnahme am Seminar.
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch / Englisch
Lehrende/r	N. N.
Modulverantwortlicher	N. N.
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M. Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Im M.Sc.

<b>MAS 501</b> (SEM 469)	<b>Fortgeschrittenenseminar Stochastik</b> <i>Advanced Seminar Stochastics</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Wahrscheinlichkeitstheorie I und/oder II
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen der modernen Stochastik
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Stochastik (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit, in einem Spezialgebiet einschlägige Fachliteratur lesen und präsentieren zu können (MF1, MO1, MO3)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschriebe, Präsentationen mit Beamer
Begleitende Literatur	Ausgewählte Buchkapitel oder Zeitschriftenartikel der modernen Stochastik
Lehr- und Lernmethoden	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Lehrende/r	Prof. Dr. Leif Döring; Prof. Dr. Martin Slowik
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Leif Döring; Prof. Dr. Martin Slowik
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-

Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Fachsemester

<b>MAS 502</b>	<b>Seminar Ausgewählte Themen der stochastischen Numerik</b> <i>Seminar on Selected Topics in Numerical Mathematics</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik, Stochastische Simulation/Monte Carlo Methods
Lehrinhalte	Wechselnde Themen aus dem Bereich der Stochastischen Numerik und ihrer Anwendungen
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden haben vertieftes Wissen in einem Spezialgebiet der Stochastischen Numerik und dessen Anwendungen erworben (MK1, MK2).</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden können nach Besuch des Moduls gegebene numerische Probleme aus dem behandelten Spezialgebiet klassifizieren und zu deren Bearbeitung geeignete Algorithmen auswählen bzw. konstruieren (MF1, MF2, M03).</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, M04)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation komplexer wissenschaftlicher Sachverhalte (M04)</li> <li>• Mathematische Textverarbeitung (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb, Beamerpräsentation, schriftliche Ausarbeitungen
Begleitende Literatur	wechselnd, je nach Themenkreis
Lehr- und Lernmethoden	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und begleitende schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch

Lehrende/r	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Fachsemester

<b>MAS 503</b>	<b>Seminar Modellierung und Simulation</b> <i>Seminar on Modeling and Simulation</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik von Differentialgleichungen gewöhnlicher oder partieller, Optimierung
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen aus der Praxis
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Numerik / Optimierung (MK1, MK2, MF2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit, in einem Spezialgebiet einschlägige Fachliteratur lesen und präsentieren zu können (MF1, MO1, MO3, MO4)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschriebe, Präsentationen mit Beamer
Begleitende Literatur	Ausgewählte Buchkapitel, Zeitschriftenartikel der Numerik / Optimierung
Lehr- und Lernmethoden	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	FSS
Lehrende/r	Prof. Dr. Simone Göttlich
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simone Göttlich
Dauer des Moduls	1 Semester

Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	ab dem 1./2. Fachsemester

<b>MAS 505</b> (SEM 471)	<b>Fortgeschrittenenseminar Spieltheorie</b> <i>Advanced Seminar Game Theory</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 h schriftlich Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Eine Vorlesung der Spieltheorie
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen der Spieltheorie
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Verschieden, es hängt vom Thema ab.
	Methodenkompetenz: Eigenständig mit mathematischer Literatur umgehen, Texte lesen und verdauen, Material auswählen und in eigener Weise wiedergeben (MF1, MO4).
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation einfacher wissenschaftlicher Sachverhalte (MO2, MO3)</li> <li>• Fähigkeit zum Computersatz von mathematischen Texten (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
Begleitende Literatur	Verschieden, es hängt vom Thema ab.
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Lehrende/r	Dr. Thomas Reichelt
Modulverantwortlicher	Dr. Thomas Reichelt
Dauer des Moduls	1 Semester

Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Fachsemester

<b>MAS 510 (SEM 472)</b>	<b>Seminar Diffusion Equations + Advanced</b>
Form of module	Seminar
Type of module	Advanced
Level	Bachelor + Master
ECTS	3 + 4
Workload	Meeting in person: 28 hours per semester (2 SWS) Reading topic related references: 20 hours Preparing for the presentation: 20 hours Report for the presentation: 15 hours
Prerequisites	Ana I+II, LA, Basic knowledge of differential equations
Aim of module	Preparation for the Bachelor + Master theses
Learning outcomes and qualification goals	Weak solution theory (MK1, MO2)
	Free energy method in studying large time behavior (MK1, MO2)
	Application of the theory in newly derived models (MO3)
Media	Blackboard or beamer
Literature	Will be distributed at the first meeting
Methods	Presentations by the participants
Form of assessment	Presentation and the report from the presentation
Admission requirements for assessment	Clearly present the leaning distributed learning material, participate the other presentations, join the discussions in the seminar
Duration of assessment	
Language	English
Offering	Regularly in the FSS
Lecturer	Prof. boshi. Li Chen
Person in charge	Prof. boshi. Li Chen
Duration of module	One semester

Further modules	
Range of application	Bachelor and Master students from WiMa, Lehramt Math.
Semester	3./5. Semester (Bachelor), 1./2./3. Semester (Master)

<b>MAS 511 (SEM 473)</b>	<b>Seminar Kinetic Models + Advanced</b>
Form of module	Seminar
Type of module	Advanced
Level	Bachelor + Master
ECTS	3 + 4
Workload	Meeting in person: 28 hours per semester (2 SWS) Reading topic related references: 20 hours Preparing for the presentation: 20 hours Report for the presentation: 15 hours
Prerequisites	Ana I+II, LA, Basic knowledge of differential equations
Aim of module	Preparation for the Bachelor + Master theses
Learning outcomes and qualification goals	Mean field limit of many particle systems (MK1, MO2)
	General theory of kinetic equations (MK1, MO2)
	Understand some updated kinetic models
Media	Blackboard or beamer
Literature	Will be distributed at the first meeting
Methods	Presentations by the participants
Form of assessment	Presentation and the report from the presentation
Admission requirements for assessment	Clearly present the leaning distributed learning material, participate the other presentations, join the discussions in the seminar
Duration of assessment	
Language	English
Offering	Regularly in the HWS
Lecturer	Prof. boshi. Li Chen
Person in charge	Prof. boshi. Li Chen
Duration of module	One semester

Further modules	
Range of application	Bachelor and Master students from WiMa, Lehramt Math.
Semester	3./5. Semester (Bachelor), 1./2./3. Semester (Master)

<b>MAS 512</b>	<b>Research Seminar Scientific Computing</b>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in das Thema: 36 h</li> <li>• Inhaltliche Vorbereitung des Vortrags: 36 h</li> <li>• Ausarbeitung von Präsentation und ggf. Handouts mittels LaTeX: 20 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Numerik partieller Differentialgleichungen, Nichtlineare Optimierung.
Lehrinhalte	Wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenständiges Erschließen von Fachliteratur (MK1), (MK2), (MF1)</li> <li>• Übertragung der Inhalte auf ein konkretes Anwendungsbeispiel</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung der methodischen Kenntnisse aus der Numerik und Analysis partieller Differentialgleichungen (MF1), (MK2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Halten eines Fachvortrags (MO1), (MO3)</li> <li>• Aufbereitung von Fachwissen für ein fachlich interessiertes Publikum (MO4)</li> </ul>
Medienformen	
Begleitende Literatur	Ausgewählte Buchkapitel, Zeitschriftenartikel der Numerik / Optimierung
Lehr- und Lernmethoden	Vorbereitung und Abhalten eines Seminarvortrags mit entsprechender schriftlicher Ausarbeitung sowie Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten (ähnlich zu einem Reading Course).

Art der Prüfungsleistung	Vorbereitung und Abhalten eines Seminarvortrags mit entsprechender schriftlicher Ausarbeitung sowie Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten (ähnlich zu einem Reading Course).
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	regelmäßig im HWS und FSS
Lehrende/r	Prof. Dr. Simone Göttlich
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Simone Göttlich
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	ab 3. Fachsemester

<b>MAS 513</b>	<b>Research Seminar Applied Analysis</b>
Form of module	Seminar
Type of module	advanced
Level	Master
ECTS	4
Workload	Meeting in person: 28 hours per semester (2 SWS) Reading topic related references: 20 hours Preparing for the presentation: 20 hours Report for the presentation: 15 hours
Prerequisites	Ana I+II, LA, Functional Analysis, Dynamical System, Intro. PDE.
Aim of module	Preparation for Master theses, advanced training for doctoral students
Learning outcomes and qualification goals	General theory of PDEs
	Topics related to the current interests of the working group
Media	Blackboard or beamer
Literature	Will be distributed at the first meeting
Methods	Presentations by the participants
Form of assessment	Presentation and the report from the presentation
Admission requirements for assessment	Clearly present the leaning distributed learning material, participate the other presentations, join the discussions in the seminar
Duration of assessment	
Language	English
Offering	Regularly in the FSS and HWS
Lecturer	Prof. boshi. Li Chen
Person in charge	Prof. boshi. Li Chen
Duration of module	One semester

Further modules	
Range of application	Master students from WiMa, Lehramt Math.
Semester	1./2./3. Semester (Master)

<b>MAS 514</b> (SEM 476)	<b>Fortgeschrittenenseminar Stochastische Prozesse</b> <i>Advanced Seminar on Stochastic Processes</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master und Bachelor
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie/Stochastik 1
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen der stochastischen Prozesse
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Stochastik (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit, in einem Spezialgebiet einschlägige Fachliteratur lesen und präsentieren zu können (MF1, MO1, MO3)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschriebe, Präsentationen mit Beamer
Begleitende Literatur	Ausgewählte Buchkapitel oder Zeitschriftenartikel der modernen Stochastik
Lehr- und Lernmethoden	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Lehrende/r	Prof. Dr. Leif Döring
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Leif Döring
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-

Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./2. Fachsemester

<b>MAS 515 (SEM 477)</b>	<b>Fortgeschrittenenseminar Mathematische Optimierung</b>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Numerik, Optimierung
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen der Optimierung
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Vertiefte Kenntnisse in einem Spezialgebiet der Numerik / Optimierung (MK1, MK2, MF2)
	Methodenkompetenz: Fähigkeit, in einem Spezialgebiet einschlägige Fachliteratur lesen und präsentieren zu können (MF1, MO1, MO3, MO4)
	Personale Kompetenz: Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)
Medienformen	Tafelanschriften, Präsentationen mit Beamer
Begleitende Literatur	Ausgewählte Buchkapitel, Zeitschriftenartikel der Numerik / Optimierung / Stochastischen Optimierung
Lehr- und Lernmethoden	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch, auf Wunsch Englisch
Lehrende/r	Prof. Dr. Mathias Staudigl, Prof. Dr. Simon Weißmann
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Mathias Staudigl, Prof. Dr. Simon Weißmann
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	

Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mannheim Master in Data Science
Einordnung in Fachsemester	Ab dem 1. Fachsemester

<b>MAS 516</b> (SEM 458)	<b>Seminar Fortgeschrittene Mathematische Methoden für hochdimensionale Daten</b> <i>Seminar on Advanced Mathematical Methods for highdimensional Data</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in das Thema: 36 h</li> <li>• inhaltliche Vorbereitung des Vortrags: 36 h</li> <li>• Ausarbeitung einer Präsentation mittels LaTeX und Tafelanschrieb: 20 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Mathematische Methoden der Big Data Analytics I oder Extremwertstistik
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen innerhalb der mathematischen Methoden für hochdimensionale Daten
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der Methodenkenntnis für hochdimensionale Daten (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche mathematischen Methoden für hochdimensionale Daten eingesetzt werden können (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen von Methoden hinsichtlich ihrer mathematischen Analysierbarkeit (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der praktischen Grenzen des Einsatzes jeglicher Methoden bei hochdimensionalen Daten (MO4)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, MO1, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich hochdimensionaler Daten (MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (MF2, MO1)</li> <li>• Fähigkeit zum Computereinsatz zur Erstellung mathematischer Texte (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Präsentation mit Beamer

Begleitende Literatur	Abhängig vom Thema
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und Folien der Präsentation
Prüfungsvorleistung	Inhaltliche Vorbereitung zu und Wahrnehmung eines Beratungsgesprächs mindestens 3 Tage vor dem Vortrag
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	2./4. Fachsemester

<b>MAS 519</b> (SEM 461)	<b>Seminar Computational Statistics (für Fortgeschrittene)</b> <i>Seminar on Advanced Computational Statistics</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in das Thema: 36 h</li> <li>• inhaltliche Vorbereitung des Vortrags: 36 h</li> <li>• Ausarbeitung einer Präsentation mittels LaTeX und Tafelanschrieb: 20 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Vorlesung „Computational Statistics“
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen innerhalb des Gebietes „Computational Statistics“
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der Methodenkenntnis innerhalb des Gebietes „Computational Statistics“ (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche Algorithmen für welche Daten eingesetzt werden sollten (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen der mathematischen Analysierbarkeit von Algorithmen (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen des Einsatzes jeglichen Algorithmus in der Praxis (MO4)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, MO1, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich Computational Statistics (MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (MF2, MO1)</li> <li>• Fähigkeit zum Computereinsatz zur Erstellung mathematischer Texte (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Präsentation mit Beamer
Begleitende Literatur	Verschiedenes, es hängt vom Thema ab

Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und Folien der Präsentation
Prüfungsvorleistung	Inhaltliche Vorbereitung zu und Wahrnehmung eines Beratungsgesprächs mindestens 3 Tage vor dem Vortrag
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Fachsemester

<b>MAS 521 (SEM 478)</b>	<b>Fortgeschrittenenseminar zur Versicherungsmathematik</b> <i>Advanced Seminar on Insurance Mathematics</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 64 h für die inhaltliche Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 28 h für die Erstellung des Handouts, der Folien und die schriftliche Ausarbeitung des Vortrags in Latex</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Wahrscheinlichkeitstheorie auf der Grundlage der Maß- und Integrationstheorie
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen der Versicherungsmathematik und verwandter Gebiete der Stochastik
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Mathematische Analyse stochastischer Modelle
	Methodenkompetenz: Eigenständige Erarbeitung mathematischer Literatur, Aneignung der Ergebnisse und Beweismethoden und deren Umsetzung in einen verständlichen Vortrag
	Personale Kompetenz: Fähigkeit zur verständlichen Präsentation mathematischer Sachverhalte
Medienformen	Präsentation der Ergebnisse mit Beamer und Tafelanschrieb der Beweise
Begleitende Literatur	Literaturhinweise zum jeweiligen Thema werden bei der Vorbesprechung angegeben
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der Teilnehmer
Art der Prüfungsleistung	Handout, Folien und schriftliche Ausarbeitung des Vortrags
Prüfungsvorleistung	Mindestens eine Konsultation
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt

Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	Ab dem 1. Fachsemester

<b>MAS 530</b> (SEM 466)	<b>Fortgeschrittenen Seminar "Komplexe Methoden"</b> <i>Advanced Seminar on Complex Methods</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in das Thema: 36 h</li> <li>• inhaltliche Vorbereitung des Vortrags: 36 h</li> <li>• Ausarbeitung einer Präsentation mittels LaTeX und Tafelanschrieb: 20 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	„Analyse und Modellierung prozessbasierter Daten“ oder „Advanced Topics in Data Science“
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der Methodenkenntnis in Modellierung komplexer Daten (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche mathematischen Methoden für komplexe Daten eingesetzt werden können (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen von Methoden hinsichtlich ihrer mathematischen Analysierbarkeit (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der praktischen Grenzen des Einsatzes statistischer Methoden bei komplexer Daten (MO4)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, MO1, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich komplexer Daten (MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (MF2, MO1)</li> <li>• Fähigkeit zum Computereinsatz zur Erstellung mathematischer Texte (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Präsentation mit Beamer
Begleitende Literatur	Verschieden, es hängt vom Thema ab.
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden

Art der Prüfungsleistung	Vortrag und Folien der Präsentation
Prüfungsvorleistung	Inhaltliche Vorbereitung zu und Wahrnehmung eines Beratungsgesprächs mindestens 3 Tage vor dem Vortrag
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	2./4. Fachsemester

<b>MAS 533 (SEM 449)</b>	<b>Seminar Ausgewählte Themen partieller und gewöhnlicher Differenzialgleichungen</b>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 Stunden pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 Stunden Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 Stunden schriftlich Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Eine der Vorlesungen Differenzialgleichungen, Dynamische Systeme oder Analysis III
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen zu Theorie und Anwendungen von Differenzialgleichungen und dynamischen Systemen
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Aspekte der Theorie der Differenzialgleichungen und der Theorie der dynamischen Systeme (MK1)</li> <li>• Anwendungen von Differenzialgleichungen und dynamischen Systemen in den Wirtschaftswissenschaften (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Beweisführung (MF1, MO1)</li> <li>• Strukturierung mathematischer Texte (MO1, MO2)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesen und Verstehen mathematischer Texte (MF1)</li> <li>• Darstellung mathematischer Argumentation (MO1, MO2, MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation einfacher wissenschaftlicher Sachverhalte (MO2, MO3)</li> <li>• Fähigkeit zum Computersatz von mathematischen Texten (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
Begleitende Literatur	Wird zu Beginn bekannt gegeben
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsdauer	
Sprache	Deutsch, auf Wunsch Englisch

Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schmidt
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schmidt
Dauer des Moduls	
Weiterführende Module	
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	3

<b>MAS 535</b> (SEM 444)	<b>Fortgeschrittenenseminar Algebra</b> <i>Advanced Seminar on Algebra</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Lineare Algebra I & II/A
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen der Algebra
Lern- und Kompetenzziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachkompetenz: Verschieden, es hängt vom Thema ab.</li> <li>• Methodenkompetenz: Eigenständig mit mathematischer Literatur umgehen, Texte lesen und verdauen, Material auswählen und in eigener Weise wiedergeben (MF1, MO4).</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation einfacher wissenschaftlicher Sachverhalte (MO2, MO3)</li> <li>• Fähigkeit zum Computersatz von mathematischen Texten (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschriften, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
Begleitende Literatur	Verschieden, es hängt vom Thema ab.
Lehr- und Lernmethoden	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Claus Hertling

Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Claus Hertling
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	ab dem 1. Fachsemester

<b>MAS 539 (SEM 462)</b>	<b>Fortgeschrittenenseminar Expositiones Mathematica</b>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master, insbesondere Lehramt
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Grundvorlesungen
Lehrinhalte	Nicht durch die Vorlesungen erfasste Themen aus Grundvorlesungen, Numerik und Stochastik
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung der Zusammenhänge in Analysis, Numerik und Stochastik (MK1)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematische Beweisführung</li> <li>• Modellierung</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation einfacher wissenschaftlicher Sachverhalte (MO2, MO3)</li> <li>• Mathematische Textverarbeitung (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschriebe, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
Begleitende Literatur	Wechselnd, je nach Themengebieten
Lehr- und Lernmethoden	Betreuung eines Projektes zwischen Schulen und Universität
Art der Prüfungsleistung	Erfolgreiche Betreuung eines Projektes und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Jedes Semester
Lehrende/r	Dr. Peter Parczewski

Modulverantwortlicher	Dr. Peter Parczewski
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	Ab dem 1. Fachsemester

<b>MAS 540</b> (SEM 463)	<b>Fortgeschrittenenseminar Finanzmathematik</b> <i>Advanced Seminar on Mathematical Finance</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1, Stochastik 2 und Grundwissen in der Finanzmathematik
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen der Finanzmathematik
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Aspekte der stochastischen Modellierung wirtschafts- und finanzmathematischer Fragestellungen (MK1, MK2)</li> <li>• Mathematische Analyse einfacher wirtschafts- und finanzmathematischer Modelle (MK1, MF2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche stochastischen Modelle für eine einfache wirtschafts- und finanzmathematische Fragestellung eingesetzt werden können (MF2, MO1)</li> <li>• Erkennen der Grenzen solcher Modelle hinsichtlich ihrer mathematischen Analysierbarkeit</li> <li>• Erkennen der Grenzen des Einsatzes solcher Modelle in der Praxis</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich der stochastischen Modellierung</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation einfacher wissenschaftlicher Sachverhalte (MO2, MO3)</li> <li>• Fähigkeit zum Computersatz von mathematischen Texten (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Tafelschriebe, Präsentationen mit Beamer
Begleitende Literatur	Wechselnd
Lehr- und Lernmethoden	Vorträge der teilnehmenden Studierenden

Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. David Prömel
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. David Prömel
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, Lehramt Mathematik
Einordnung in Fachsemester	Ab dem 1. Fachsemester

<b>MAS 541</b> (SEM 464)	<b>Fortgeschrittenenseminar Mathematische Methoden der Künstlichen Intelligenz</b> <i>Advanced Seminar on Mathematical Methods in Artificial Intelligence</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung des Vortrags: 62 h</li> <li>• Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags: 30 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1, Stochastik 2
Lehrinhalte	Ausgewählte Themen zur mathematischen Theorie in künstlicher Intelligenz, wie <ul style="list-style-type: none"> <li>• preferential attachment networks</li> <li>• stochastic block model</li> <li>• graphical models</li> <li>• belief propagation</li> <li>• replica symmetry breaking</li> </ul>
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Aspekte der Theorie großer stochastischer Netzwerke</li> <li>• Modellierung mit Modellen der mathematischen Physik</li> <li>• Analyse von Schätzalgorithmen</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welches Netzwerkmodell zu welchen Anwendungen passt</li> <li>• Abschätzungen von Schätzfehlern</li> <li>• Konkrete, einfache Modellbildung</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich der mathematischen Modellierung</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation einfacher wissenschaftlicher Sachverhalte (MO1)</li> <li>• Fähigkeit zum Computersatz von mathematischen Texten (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschriebe, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen

Begleitende Literatur	Mézard, Montanari: Information, Physics, and Computation
Lehr- und Lernmethoden	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	Unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Leif Döring
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Leif Döring
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	Ab dem 1. Fachsemester

<b>MAS 545 (SEM 487)</b>	<b>Seminar: The scottish book (functional analysis)</b>
Form of module	Seminar
Type of module	Mathematik C
Level	Master
ECTS	4
Workload	Presence at the seminar: 28 h (2SWS), Work at home: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 35 h preparation of the talk/presentation,</li> <li>• 20 h written version of the talk.</li> </ul>
Prerequisites	Analysis I+II, Lineare Algebra I+II basic knowledge of: probability theory, functional analysis
Aim of module	Problems from the “Scottish book” on topics in functional analysis, probability, measure theory, topology or geometry.
Learning outcomes and qualification goals	Professional competence: Better understanding of the main results in functional analysis, analysis, probability theory (MK1)
	Competence in methods: Proper handling of the methods in functional analysis, probability theory (MK1, MF1, MO1, MO3)
	Personal competence: Communication and working in groups (MO2, MO3)
Media	Blackboard as well as beamer
Literature	R. D. Mauldin: The Scottish Book, Birkhäuser, 2015. And papers from the references
Methods	Seminar talks of the participating students
Form of assessment	Seminar talk, handout and presentation of slides
Admission requirements for assessment	-
Duration of assessment	-
Language	English (German)
Offering	Sporadic

Lecturer	Dr. Peter Parczewski
Person in charge	Dr. Peter Parczewski
Duration of module	One semester
Further modules	-
Range of application	M.Sc. Mathematics in Business and Economics, M.Sc. Mathematics
Semester	1. or 3. Semester

<b>MAS 547</b>	<b>Research Seminar Mathematical Physics</b>
Form of module	Seminar
Type of module	Seminar Mathematics
Level	Master
ECTS	4
Workload	Classroom instruction: 28h per semester (2 SWS) Self-study: 92 h per semester
Prerequisites	Linear Algebra, Analysis
Aim of module	Will be announced at the beginning of the course.
Learning outcomes and qualification goals	Professional competence: advanced understanding of the respective subject
	Competence in methods: independent study of specialist literature, selection of material and its presentation (BF6, BO4)
	Personal competence: communication capabilities (BF5, BO1, BO4), ability to present scientific topics (BF5, BO1), ability to compose mathematical texts on a computer
Media	Blackboard presentation, beamer presentation, composition of material (handout)
Literature	Dependent on subject. Will be announced in the lectures.
Methods	Study of scientific literature, preparation of and performance of scientific presentation, introduction to scientific methodology
Form of assessment	Presentation and handout
Admission requirements for assessment	
Duration of assessment	
Language	English
Offering	HWS and FSS
Lecturer	N.N.

Person in charge	N.N.
Duration of module	1 semester
Further modules	
Range of application	MSc Wirtschaftsmathematik, BSc Wirtschaftsmathematik, MSc Mathematik
Semester	1./2./3. semester

<b>MAS 548</b>	<b>Research Seminar Algebraic Geometry</b>
Form of module	Seminar
Type of module	Seminar Mathematics
Level	Master
ECTS	4
Workload	Presence at the seminar: 28 h/semester (2 SWS), Work at home: 62 h preparation of the talk, 30 h written version of the talk.
Prerequisites	Knowledge in algebraic geometry
Aim of module	Talks on current research subjects in algebraic geometry
Learning outcomes and qualification goals	Professional competence: (MK1, MF3, MO2) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Learning about current research subjects and results in algebraic geometry</li> </ul>
	Competence in methods: (MF1, MF3, MO3) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Working independently with literature,</li> <li>• Reading and understanding mathematical texts,</li> <li>• Doing successful research</li> </ul>
	Personal competence: (MO1, MO4) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordering the material well and putting up a scientific talk and presenting it</li> </ul>
Media	Blackboard as well as beamer.
Literature	Relevant books and research papers
Methods	Seminar talks of the participants
Form of assessment	Seminar talk
Admission requirements for assessment	-
Duration of assessment	-
Language	English
Offering	regular

Lecturer	Prof. Dr. Claus Hertling, Dr. Thomas Reichelt
Person in charge	Prof. Dr. Claus Hertling, Dr. Thomas Reichelt
Duration of module	1 semester
Further modules	-
Range of application	M.Sc. Mathematics in Business and Economics, M. Sc. Mathematics, Doctoral students
Semester	3 <sup>rd</sup> or higher semester

<b>MAS 549</b>	<b>Seminar Fortgeschrittene Algorithmen der Textverarbeitung und der Bioinformatik</b> <i>Seminar on Advanced Algorithms in Text Processing and Bioinformatics</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in das Thema: 36 h</li> <li>• inhaltliche Vorbereitung des Vortrags: 36 h</li> <li>• Ausarbeitung einer Präsentation mittels LaTeX und Tafelanschrieb: 20 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1 & 2
Lehrinhalte	Ausgewählte Algorithmen der Textverarbeitung mit Anwendungen insbesondere in der Sequenzanalyse
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der mathematischen Methodenkenntnisse zur Textverarbeitung (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche mathematischen Methoden zur Textverarbeitung eingesetzt werden können (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen von Methoden hinsichtlich ihrer mathematischen Analysierbarkeit (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen des Einsatzes jeglicher Textverarbeitungsverfahren bei großen Datensätzen (MO4)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, MO1, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich der Textverarbeitung (MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (MF2, MO1)</li> <li>• Fähigkeit zum Computereinsatz zur Erstellung mathematischer Texte (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Präsentation mit Beamer

Begleitende Literatur	H.-J. Böckenhauer & D. Bongartz: Algorithmische Grundlagen der Bioinformatik. Teubner.
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und Folien der Präsentation
Prüfungsvorleistung	Inhaltliche Vorbereitung zu und Wahrnehmung eines Beratungsgesprächs mindestens 3 Tage vor dem Vortrag
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Fachsemester

<b>MAS 550</b>	<b>Seminar Fortgeschrittene Methoden in den Versicherungs- und Naturwissenschaften</b> <i>Seminar on Advanced Methods in insurance and natural sciences</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in das Thema: 36 h</li> <li>• inhaltliche Vorbereitung des Vortrags: 36 h</li> <li>• Ausarbeitung einer Präsentation mittels LaTeX und Tafelanschrieb: 20 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1 & 2
Lehrinhalte	Ausgewählte mathematische und statistische Methoden in den Versicherungs- und Naturwissenschaften
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der mathematischen und statistischen Methodenkenntnis in den Versicherungs- und Naturwissenschaften (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche mathematischen und statistischen Methoden in den Versicherungs- und Naturwissenschaften eingesetzt werden können (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen von mathematischen und statistischen Methoden hinsichtlich ihrer mathematischen Analysierbarkeit (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen des Einsatzes eines mathematischen bzw. statistischen Verfahrens in den Versicherungs- und Naturwissenschaften (MO4)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, MO1, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich der Versicherungs- und Naturwissenschaften (MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (MF2, MO1)</li> <li>• Fähigkeit zum Computereinsatz zur Erstellung</li> </ul>

	mathematischer Texte (LaTeX)
Medienformen	Präsentation mit Beamer
Begleitende Literatur	gemäß der ausgewählten Themen
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und Folien der Präsentation
Prüfungsvorleistung	Inhaltliche Vorbereitung zu und Wahrnehmung eines Beratungsgesprächs mindestens 3 Tage vor dem Vortrag
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	1./3. Fachsemester

<b>MAS 551</b>	<b>Seminar über fortgeschrittene Methoden der mathematischen Statistik</b> <i>Seminar on Advanced Methods in Mathematical Statistics</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Vertiefung
Modulniveau	Master
ECTS	4
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einarbeitung in das Thema: 36 h</li> <li>• inhaltliche Vorbereitung des Vortrags: 36 h</li> <li>• Ausarbeitung einer Präsentation mittels LaTeX und Tafelanschrieb: 20 h</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Stochastik 1 & 2
Lehrinhalte	Fortgeschrittene Themen der Mathematischen Statistik
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der mathematisch-statistischen Methodenkenntnisse (MK1, MK2)</li> </ul>
	Methodenkompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche mathematischen-statistischen Methoden eingesetzt werden können (MF1, MF2)</li> <li>• Erkennen der Grenzen exakter mathematisch-statistischer Methoden (MF1, MF2, MO4)</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, MO1, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich der Mathematischen Statistik (MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (MF2, MO1)</li> <li>• Fähigkeit zum Computereinsatz zur Erstellung mathematischer Texte (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Präsentation mit Beamer
Begleitende Literatur	Gemäß der ausgewählten Themen
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und Folien der Präsentation

Prüfungsvorleistung	Inhaltliche Vorbereitung zu und Wahrnehmung eines Beratungsgesprächs mindestens 3 Tage vor dem Vortrag
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch
Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Prof. Dr. Martin Schlather
Modulverantwortlicher	Prof. Dr. Martin Schlather
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	2./4. Fachsemester

<b>SEM 493</b> (MAS 553)	<b>Seminar Lie Algebren</b> <i>Seminar Lie Algebras</i>
Form der Veranstaltung	Seminar
Typ der Veranstaltung	Seminar Mathematik
Modulniveau	Master, je nach Vortrag auch Bachelor
ECTS	4 Master / 3 Bachelor
Arbeitsaufwand	Präsenzstudium: 28 h pro Semester (2 SWS)
	Eigenstudium: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 h schriftlich Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
Vorausgesetzte Kenntnisse	Grundvorlesungen, Algebra
Lehrinhalte	Darstellungen von Lie-Algebren, Nilpotente und auflösbare Lie-Algebren, Satz von Lie, Cartan-Kriterium, Satz von Weyl, Wurzelraumzerlegung
Lern- und Kompetenzziele	Fachkompetenz: Die Studierenden verfügen über vertiefte Fachkenntnisse auf dem Gebiet des Seminars. (MK1, MK2)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Methodenkompetenz: Eigenständig mit mathematischer Literatur umgehen, Texte lesen und verdauen, Material auswählen und in eigener Weise wiedergeben (BF6, BO4).</li> </ul>
	Personale Kompetenz: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (BF5, BO1, BO4)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (BF5, BO1)</li> <li>• Fähigkeit zum Computersatz von mathematischen Texten (LaTeX)</li> </ul>
Medienformen	Tafelanschrieb, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
Begleitende Literatur	James E. Humphreys - Introduction to Lie algebras and representation theory
Lehr- und Lernmethoden	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
Art der Prüfungsleistung	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
Prüfungsvorleistung	-
Prüfungsdauer	-
Sprache	Deutsch

Angebotsturnus	unregelmäßig
Lehrende/r	Dr. Thomas Reichelt
Modulverantwortlicher	Dr. Thomas Reichelt
Dauer des Moduls	1 Semester
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. / B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, Lehramt Mathematik
Einordnung Fachsemester	in Ab dem 5. Fachsemester (B.Sc.)

## 5. Masterarbeit

<b>MAM 650</b>	<b>Masterarbeit</b>
Form der Veranstaltung	Abschlussarbeit
Typ der Veranstaltung	Abschlussarbeit
Modulniveau	Master
ECTS	30
Vorausgesetzte Kenntnisse	Lehrveranstaltungen des Masterstudiengangs Wirtschaftsmathematik im Umfang von mindestens 60 ECTS.
Lehrinhalte	Die Studierenden bearbeiten selbstständig ein Thema aus einem Spezialgebiet der Mathematik, der Wirtschaftsmathematik, der Ökonometrie/Statistik oder der Kryptographie/Komplexitätstheorie.
Lern- und Kompetenzziele	Die/Der Studierende soll nachweisen, dass sie/er in der Lage ist, innerhalb einer vorgegebenen Frist ein Problem selbstständig unter Einsatz wissenschaftlicher Methoden zu bearbeiten. (MK1, MK2, MF1, MO2, MO3)
Begleitende Literatur	Variiert je nach Thema der Masterarbeit
Lehr- und Lernmethoden	Selbstständige schriftliche Bearbeitung eines Themas
Art der Prüfungsleistung	Schriftliche Abschlussarbeit
Prüfungsdauer	6 Monate
Sprache	Deutsch/Englisch
Angebotsturnus	Frühjahrssemester, Herbstsemester
Lehrende/r	Dozenten der Fakultät
Modulverantwortlicher	Dozenten der Fakultät
Dauer des Moduls	6 Monate
Weiterführende Module	-
Verwendbarkeit	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
Einordnung in Fachsemester	4. Fachsemester

## V. Erläuterungen zu den Abkürzungen

### Kenntnisse

Die Studierenden besitzen

(MK1) fundierte Kenntnisse in Hauptgebieten der reinen und angewandten Mathematik, sowie vertiefte Kenntnisse in mindestens einem Spezialisierungsgebiet, in dem typischerweise auch die Masterarbeit geschrieben wird;

(MK2) fundierte Kenntnisse über Anwendungsbereiche und Problemlösungsstrategien der Mathematik in den Wirtschaftswissenschaften.

### Fähigkeiten

Die Studierenden besitzen die Fertigkeit,

(MF1) einschlägige Forschungsliteratur im Spezialgebiet zu lesen und auf Problemstellungen anzuwenden;

(MF2) eigenverantwortlich in Industrie, Wirtschaft und Verwaltung mathematisch an Problemen zu arbeiten;

(MF3) ihr Studium in einer Promotion fortzusetzen.

### Kompetenzen

Die Studierenden

(MO1) sind in der Lage, selbstständig einen wissenschaftlichen Vortrag auf Forschungsniveau auszuarbeiten und zu präsentieren;

(MO2) sind sicher im Umgang mit den grundlegenden Methoden der reinen und angewandten Mathematik;

(MO3) sind befähigt, komplexe Argumentationen im Gebiet der reinen und angewandten Mathematik durchzuführen;

(MO4) besitzen Kompetenz in der Vermittlung mathematischer Inhalte und deren Verknüpfung zu praktischen Fragestellungen