

**Studiengang**  
**Master of Science (M.Sc.)**  
**”Wirtschaftsmathematik“**



– Modulkatalog –

Akademisches Jahr  
HWS 2025 / FSS 2026

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>2</b>
<b>Modulübersicht</b> .....	<b>3</b>
Wahlpflichtveranstaltungen Reine Mathematik.....	3
Wahlbereich Mathematik und Informatik.....	3
Wahlbereich Mathematik.....	3
Wahlbereich Informatik .....	4
Wahlbereich Wirtschaftswissenschaften .....	5
Wahlbereich Betriebswirtschaftslehre .....	5
Wahlbereich Volkswirtschaftslehre.....	6
Seminare Mathematik .....	7
Masterarbeit .....	8
<b>Studienplan Wirtschaftsmathematik</b> .....	<b>9</b>
<b>Modulbeschreibungen</b> .....	<b>10</b>
Wahlpflichtveranstaltungen Reine Mathematik.....	10
Wahlbereich Mathematik .....	22
Seminare Mathematik .....	59
Masterarbeit .....	88
<b>Erläuterungen zu den Abkürzungen</b> .....	<b>89</b>

# Vorwort

Der vorliegende Modulkatalog beschreibt alle Kurse, die für den Masterstudiengang Wirtschaftsmathematik angeboten werden. Diese Module werden in den Semestern **Herbst-/Wintersemester 2025 (HWS 25)** und **Frühjahrs-/Sommersemester 2026 (FSS 26)** angeboten.

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/>

Die für Sie geltende Prüfungsordnung finden Sie auf den Seiten des Studienbüros:  
<https://www.uni-mannheim.de/pruefungen/rechtliche-grundlagen/pruefungsordnungen/>

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:  
[studienbuero-wim@uni-mannheim.de](mailto:studienbuero-wim@uni-mannheim.de)  
Tel.: 0621/181-1179.

# Modulübersicht

Die Modulübersicht enthält die Mathematik-Module des Masterstudiengangs. Detaillierte Informationen zu den Modulen finden sich in den Modulbeschreibungen. Die Wahl weiterer Mathematik-Module ist mit dem Einverständnis des Prüfungsausschusses möglich.

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/>

## Wahlpflichtveranstaltungen Reine Mathematik

Modulnr.	Modul	Sprache	ECTS	Angebot	DozentIn	Seite
MAA 504	Partial Differential Equations	E	8	FSS	Prof. Chen	10
MAA 510	Introduction to Partial Differential Equations	E	8	HWS	Prof. M. Schmidt	12
MAA 516	Funktionalanalysis	D	8	HWS	Dr. Parczewski	14
MAC 515	Stochastic Processes	E	8	FSS	Prof. Slowik	16
MAA 519	Stochastic Calculus, Robotvorlesung	E	5	HWS/FSS	Prof. Prömel	18
MAA 409	Elemente der Funktionentheorie, Reading Kurs	D	5	FSS	Prof. Hertling	20

## Wahlbereich Mathematik und Informatik

### Wahlbereich Mathematik

Modulnr.	Modul	Sprache	ECTS	Angebot	DozentIn	Seite
MAA 520	Analytische Zahlentheorie, Robotervorlesung	D	8	FSS	Prof. Reichelt	22
MAA 525	Mean-field particle systems and their limits to non-local PDEs, Robotervorlesung	E	8	HWS	Prof. Chen	24
MAB 513	Computeralgebra, Robotervorlesung	D	8	HWS	Prof. Seiler	26
MAB 518	Quantum Computing und dessen mathematische Grundlagen	D	8	HWS	Prof. Schlather	28

MAB 519	Reinforcement Learning	E	10	FSS	Prof. Döring	30
MAB 520	Reinforcement Learning 2	E	5	HWS	Prof. Döring	32
MAB 521	Harmonische Analysis auf Halbgruppen und ihre Anwendung in der Statistik	D	8	HWS	Prof. Schlather	33
MAC 502	Computational Finance	E	6	FSS	Prof. Neuenkirch	35
MAC 507	Nonlinear Optimization	E	6	FSS	Prof. Satudigl	37
MAC 509	Numerics of Ordinary Differential Equations	E	6	HWS	Prof. Göttlich	39
MAC 510	Numerik partieller Differentialgleichungen	D	8	FSS	Prof. Neuenkirch	41
MAC 527	Markov Processes, Robotervorlesung	E	5	HWS	Prof. Döring/ Prof. Slowik	43
MAC 528	Inverse Probleme	D	6	FSS	Prof. Weißmann	45
MAC 538	Anwendungen skalarer Erhaltungsgleichungen, Robotervorlesung	D	6	FSS	Prof. Göttlich/ Dr. Schillinger	47
MAC 539	Schadenversicherungsmathematik I	D	3	FSS	Prof. K. Schmidt	49
MAC 540	Copulas und Konkordanzmaße	D	4	HWS	Prof. K. Schmidt	51
MAC 557	Advanced Topics in Mathematical Finance	E	6	FSS	Prof. Prömel	53
MAC 559	Quasi Monte Carlo Methoden	D	6	HWS	Prof. Neuenkirch	55
MAC 574	Bayes'sche Optimierung	D	4	HWS	Prof. Weißmann	57

## Wahlbereich Informatik

Modul	Angebot	ECTS
CS 550 - Algorithmics	FSS	6
CS 651 - Kryptographie II	HWS	6
CS 652 - Data Security and Privacy	FSS	6
CS 664 - Blockchain Security	HWS	6
CS 701 - Seminar Selected Topics in Algorithmics and Cryptography	FSS	4
CS 716 - Seminar IT-Security	unreg.	4

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

## Wahlbereich Wirtschaftswissenschaften

In diesem Bereich sind Wahlmodule im Umfang von mindestens 30 ECTS-Punkten und höchstens 34 ECTS-Punkten zu wählen. Dabei sind mindestens 6 ECTS-Punkte aus dem Unterbereich "Volkswirtschaftslehre", einzubringen; es dürfen höchstens 24 ECTS-Punkte aus dem Unterbereich "Betriebswirtschaftslehre", eingebracht werden:

Volkswirtschaftslehre: *Module im Umfang von 6 – 34 ECTS-Punkten*

Betriebswirtschaftslehre: *Module im Umfang von 0 – 24 ECTS-Punkten*

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 den beiden Studiengängen:

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

<https://www.vwl.uni-mannheim.de/studium/masterstudium/course-catalog/>

## Wahlbereich Betriebswirtschaftslehre

Modul	Angebot	ECTS
CC 501 – Decision Analysis: Business Analytics II	FSS/HWS	6
FIN 500 – Investments	HWS	6
FIN 540 – Corporate Finance I – Lecture (Capital Structure, Cost of Capital and Valuation)	HWS	5
FIN 541 – Corporate Finance I – Case Study (Capital Structure, Cost of Capital and Valuation)	HWS	5
FIN 580 – Derivatives – Basic Strategies and Pricing	HWS	6
FIN 590 – Financial Institutions I	HWS	4
FIN 601 – Bond Markets	FSS	6
FIN 602 – Trading and Exchanges	HWS	6
FIN 603 – Empirical Finance	FSS	10
FIN 604 – Stata in Finance	FSS/HWS	2
FIN 606 – FinTech	HWS	4
FIN 620 – Behavioral Finance	FSS	6
FIN 630 – Corporate Governance	HWS	6
FIN 640 – Corporate Finance II (Mergers, Acquisitions and Divestitures)	FSS	8
FIN 682 – International Asset Management – Modern Investment Management, Responsible Investing and Fintech	FSS	6
FIN 684 – Financial Institutions II	FSS	4

FIN 685 – Banking Regulation	FSS	6
FIN 686 – Sustainable Finance and Impact Investing	FSS	6
FIN 687 – Python in Finance	FSS/HWS	2
MAN 669 – Technology Ventures: From Invention to Innovation	FSS	6
OPM 501 – Logistics Management	HWS	6
OPM 502 – Inventory Management	HWS	6
OPM 503 – Transportation Management: Road, Rail and Sea Freight	FSS	4
OPM 504 – Transportation Management: Aviation	HWS	4
OPM 510 – Sustainable Operations Management	FSS	4
OPM 544 – Supply Chain Risk Management – from Strategy to Operations	HWS	4
OPM 561 – Production Management: Lean Approaches and Variability	HWS	4
OPM 581 – Service Operations Management	HWS	6
OPM 582 – Case Studies in Operations Management	FSS	6
OPM 584 – Case Studies in Airline Operations Management	HWS	6
OPM 591 – Strategic Procurement	HWS	6
OPM 593 – Negotiation	HWS	6
OPM 601 – Supply Chain Strategy	FSS	6
OPM 661 – Business Analytics: Robust Planning in Stochastic Systems	FSS	8
OPM 662 – Business Analytics: Modeling and Optimization	FSS	8
OPM 682 – Revenue Management and Dynamic Pricing	FSS	6
OPM 692 – Strategic Sourcing	FSS	6

## Wahlbereich Volkswirtschaftslehre

Modul	Angebot	ECTS
BE 510 – Business Economics I	HWS	6
BE 511 – Business Economics II	FSS	6
E 508 – Multiple Time Series Analysis	HWS	9
E 5024 – Poverty and Inequality	HWS	7
E 5026 – Programming in STATA	HWS	9
E 5038 – Empirical Macroeconomics: Shock and Propagation	FSS	5
E 5040 – Impact Evaluation	HWS	7

E 5069 – Power Analysis	FSS	5
E 5087 – Banking and Banking Regulation	HWS	7
E 5095 – Nonparametric Econometrics	FSS	9

## Seminare Mathematik

Modulnr.	Modul	Sprache	ECTS	Angebot	DozentIn	Seite
MAS 501	Fortgeschrittenenseminar Stochastik	D	4	HWS	Prof. Döring	59
MAS 502	Seminar Ausgewählte Themen der stochastischen Numerik	D	4	FSS	Prof. Neuenkirch	61
MAS 503	Seminar Modellierung und Simulation	D	4	FSS	Prof. Göttlich/ Dr. Schillinger	63
MAS 510	Seminar Diffusion Equations	E	4	FSS	Prof. Chen	65
MAS 512	Research Seminar Scientific Computing	D	4	HWS	Prof. Göttlich	66
MAS 515	Fortgeschrittenenseminar Mathematische Optimierung	D	4	HWS	Prof. Staudigl	68
MAS 519	Fortgeschrittenenseminar Computational Methods	D	4	HWS	Prof. Schlather	70
MAS 521	Fortgeschrittenenseminar zur Versicherungsmathematik	D	4	HWS	Prof. K. Schmidt	72
MAS 533	Seminar Ausgewählte Themen partieller und gewöhnlicher Differenzialgleichungen	D	4	HWS/FSS	Prof. M. Schmidt	74
MAS 539	Fortgeschrittenenseminar Expositiones Mathematicae	D	4	HWS/FSS	Dr. Parczewski	76
MAS 540	Fortgeschrittenenseminar Finanzmathematik	D	4	HWS/FSS	Prof. Prömel	78
MAS 541	Fortgeschrittenenseminar Mathematische Methoden der Künstlichen Intelligenz	D	4	HWS/FSS	Prof. Döring	80
MAS 548	Research Seminar Algebraic Geometry	D	4	FSS	Prof. Reichelt/ Prof. Hertling	82

MAS 553	Seminar Lie Algebren	D	4	HWS	Dr. Reichelt	84
MAS 555	Seminar zu Definitheit	D	4	FSS	Prof. Schlather	86

## Masterarbeit

Modul	Angebot	ECTS	Seite
MAM 650 – Masterarbeit	HWS/FSS	30	88

# Studienplan Wirtschaftsmathematik

## Mathematik:

Die Modulübersicht im Modulkatalog enthält alle Module, die im Master-Studiengang belegt werden können. Im Bereich **Wahlpflichtbereich Reine Mathematik** sind Wahlpflichtprüfungen im Umfang von **mindestens 13 ECTS-Punkten und höchstens 42 ECTS-Punkten** zu bestehen.

## Wahlbereich Mathematik und Informatik:

In diesem Bereich müssen Wahlmodule im Umfang von **mindestens 6 ECTS-Punkten** belegt und die entsprechenden Prüfungen bestanden werden. Die verfügbaren Module und ECTS-Punkte sind dem Modulkatalog des *M. Sc. Wirtschaftsmathematik* zu entnehmen. Zusätzlich können **bis zu 18 ECTS-Punkte** aus dem Studiengang *M. Sc. Wirtschaftsinformatik* eingebracht werden, wobei auch hier die Module und Details im Modulkatalog aufgeführt sind. Weitere Informationen zu diesen Modulen und Prüfungen finden sich in den externen Unterlagen des *M. Sc. Wirtschaftsinformatik*.

## 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.

## 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.

## Prüfungsleistungen:

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

- Wahlpflichtbereich Reine Mathematik: **13 – 42 ECTS-Punkte**
- Wahlbereich Mathematik und Informatik: **mindestens 6 ECTS-Punkte**
- Wirtschaftswissenschaften: **30 – 34 ECTS-Punkte**, davon **höchstens 24 ECTS** aus der Betriebswirtschaftslehre
- Seminare: **8 ECTS-Punkte**
- Masterarbeit: **30 ECTS-Punkte**

## 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.**

# Modulbeschreibungen

## Wahlpflichtveranstaltungen Reine Mathematik

### MAA 504: Partial Differential Equations

<b>Modulnummer</b>	MAA 504
<b>Titel</b>	Partial Differential Equations / <i>Partielle Differentialgleichungen</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik A
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Arbeitsaufwand</b>	<b>Präsenzstudium:</b> 84 h pro Semester (6 SWS) <b>Eigenstudium:</b> 154 h pro Semester, davon <ul style="list-style-type: none"><li>• 126 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li><li>• 28 h: Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung</li></ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Analysis I & II, Lineare Algebra I, Stochastik 1
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Elliptische Differentialgleichungen</li><li>• Funktionenräume</li><li>• Randwertproblem, Dirichletproblem</li><li>• A-priori-Abschätzungen</li></ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<b>Fachkompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vertrautheit mit den Grundbegriffen partieller Differentialgleichungen (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> <b>Methodenkompetenz:</b> <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> <b>Personale Kompetenz:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Vertieftes Verständnis für komplexe Argumentationen in der elliptischen Theorie (MO3)</li></ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb, Beamer, Skript (online), Lernvideos

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

## MAA 510: Introduction to Partial Differential Equations

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

<b>Duration of assessment</b>	30 minutes
<b>Language</b>	English
<b>Offering</b>	HWS 2025
<b>Lecturer</b>	Prof. Dr. Martin Schmidt
<b>Person in charge</b>	Prof. boshi. Li Chen, Prof. Dr. Martin Schmidt
<b>Duration</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	Seminar Prof. Schmidt, Seminar Prof. Chen
<b>Programs</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Semester</b>	1. semester

## MAA 516: Funktionalanalysis

<b>Modulnummer</b>	MAA 516
<b>Titel</b>	Funktionalanalysis / <i>Functional Analysis</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik A
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 84 h pro Semester (6 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 154 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 126 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 28 h: Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Analysis I & II, Lineare Algebra I & II
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metrische Räume: Vollständigkeit, Vervollständigung; Kompaktheit, Satz von Arzelà-Ascoli</li> <li>• Banachräume: lineare Operatoren und Funktionale, Dualraum, Reflexivität, schwache Konvergenz, kompakte Operatoren, adjungierte Operatoren</li> <li>• Grundprinzipien der Funktionalanalysis: Bairescher Kategoriensatz, Satz von Banach-Steinhaus, Satz vom inversen Operator, Satz vom abgeschlossenen Graphen, Hahn-Banach-Sätze</li> <li>• Hilberträume: Orthonormalbasen, selbstadjungierte Operatoren</li> <li>• Fredholmtheorie und Spektraltheorie: Fredholm-Alternative, Spektralzerlegung, Spektralsatz</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden haben die Standardmethoden und wichtigsten Aussagen der Funktionalanalysis erlernt (MK1, MF1)</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb

<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>D. Werner: Funktionalanalysis</i>, Springer, 2018</li> <li>• <i>Alt, H. W.: Lineare Funktionalanalysis: Eine anwendungsorientierte Einführung</i>, Springer, 2012</li> <li>• <i>Hirzebruch, F. und Scharlau, W.: Funktionalanalysis</i>, Spektrum, 1996</li> <li>• <i>Dobrowolski, J.: Angewandte Funktionalanalysis</i>, Springer, 2010</li> <li>• <i>Rudin, W.: Reelle und komplexe Analysis</i>, Oldenbourg Verlag, 1999</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Bearbeitung von Übungsblättern und jeweils 50% der Übungsaufgaben und Votieraufgaben bestanden
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	HWS
<b>Lehrende/r</b>	Dr. Peter Parczewski
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch, Prof. Dr. Martin Schmidt, Prof. Dr. Leif Döring
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2. Fachsemester (Master), 5./6. Fachsemester (Bachelor)

## MAC 515: Stochastic Processes

<b>Module number</b>	MAC 515
<b>Title</b>	Stochastic Processes / <i>Stochastische Prozesse</i>
<b>Form of module</b>	Lecture with exercise classes
<b>Type of module</b>	Mathematics elective C
<b>Level</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Workload</b>	Lectures: 56 h Exercise classes: 28 h Self-study: 156 h
<b>Prerequisites</b>	Stochastik 1
<b>Aim of module</b>	<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>
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MK1, M02, MO3</li> <li>• MF1, MF3</li> <li>• (cf "Erläuterungen zu den Abkürzungen")</li> </ul>
<b>Media</b>	Blackboard, videos
<b>Literature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture Notes</li> <li>• Achim Klenke, <i>Probability Theory</i></li> </ul>
<b>Methods</b>	Lectures, theoretical exercises
<b>Form of assessment</b>	Oral exam
<b>Admission requirements for assessment</b>	Participation in the exercise
<b>Duration of assessment</b>	30 minutes
<b>Language</b>	English
<b>Offering</b>	FSS
<b>Lecturer</b>	Prof. Dr. Leif Döring, Prof. Dr. Martin Slowik, Prof. Dr. David Prömel, Prof. Dr. Simon Weißmann
<b>Person in charge</b>	Prof. Dr. Martin Slowik
<b>Duration of module</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	-
<b>Range of application</b>	M.Sc. Mathematik, M.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik

<b>Semester</b>	1./2./3./4. semester
-----------------	----------------------

## MAA 519: Stochastic Calculus

<b>Module number</b>	MAA 519
<b>Title</b>	Stochastic Calculus
<b>Form of module</b>	Lecture with exercise classes
<b>Type of module</b>	Mathematics elective A
<b>Level</b>	Master
<b>ECTS</b>	5
<b>Workload</b>	<b>Classroom instruction:</b> 12 hours per semester <b>Self-study:</b> 138 hours per semester
<b>Prerequisites</b>	Stochastik 1 & 2; WT1 is recommended
<b>Aim of module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stochastic Integration and Itô 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>
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<p><b>Professional competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaining a mathematical understanding of fundamental results in stochastic calculus (MK1, MK2, MF1, MF2, MF3, MO3, MO4)</li> </ul> <p><b>Methodological competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proper handling of the standard methods in stochastic calculus (MK1, MF1, MO2)</li> </ul> <p><b>Personal competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamwork (MO2, MO3)</li> </ul>
<b>Media</b>	Videos and presentation on the blackboard
<b>Literature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Kuo, H.-H., <i>Introduction to Stochastic Integration</i>, Springer-Verlag, 2006</li> <li>• Karatzas, I. and Shreve, S., <i>Brownian Motion and Stochastic Calculus</i>, Springer-Verlag, 1998</li> <li>• Revuz, D. and Yor, M., <i>Continuous Martingales and Brownian Motion</i>, Springer-Verlag, 1999</li> </ul>
<b>Methods</b>	Lectures, tutorials, problem sheets, question hours
<b>Form of assessment</b>	Oral exam
<b>Admission requirements for assessment</b>	Successful participation in the exercise classes
<b>Duration of assessment</b>	30 minutes
<b>Language</b>	English
<b>Offering</b>	FSS, HWS
<b>Lecturer</b>	Prof. Dr. David Prömel

<b>Person in charge</b>	Prof. Dr. David Prömel
<b>Duration of module</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	-
<b>Range of application</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Semester</b>	1./2./3. semester

## MAA 409: Elemente der Funktionentheorie

<b>Modulnummer</b>	MAA 409
<b>Titel</b>	Reading Course Elemente der Funktionentheorie / <i>Introductory Complex Analysis</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik A
<b>Modulniveau</b>	Bachelor und Master
<b>ECTS</b>	5
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 14 h pro Semester (1 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 106 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 92 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 14 h: Vorbereitung für die Prüfung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Analysis I & II, Lineare Algebra I
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komplexe Differenzierbarkeit</li> <li>• Holomorphe und meromorphe Funktionen</li> <li>• Residuenkalkül</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wegintegrale im Komplexen (BK1)</li> <li>• Potenzreihenrechnung (BK1)</li> <li>• Fundamentalsatz der Algebra (BK1)</li> <li>• Cauchyscher Integralsatz und Integralformel (BF1, BK1)</li> <li>• Residuensatz (BK1, BO3)</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen reeller und komplexer Differenzierbarkeit (BF1, BO2)</li> <li>• Berechnen von Residuen (BO3)</li> <li>• Berechnen von reellen Integralen mit dem Residuensatz (BF1, BO3)</li> <li>• Verständnis von lokalen Eigenschaften holomorpher Funktionen (BF1, BO2)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit (BF4)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beamer und Folien
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Skript (online)</li> <li>• E. Freitag, R. Busam, <i>Funktionentheorie I</i></li> <li>• K. Jänich, <i>Funktionentheorie</i></li> <li>• R. Remmert, G. Schumacher, <i>Funktionentheorie I</i></li> <li>• A. Hurwitz, <i>Vorlesungen über Allgemeine Funktionentheorie und Elliptische Funktionen</i></li> <li>• L. Ahlfors, <i>Complex Analysis</i></li> <li>• J.B. Conway, <i>Functions of One Complex Variable</i></li> </ul>

<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Erfolgreiche Teilnahme am Übungsbetrieb (mindestens 40% der Übungspunkte)
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	FSS, alle zwei Jahre
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Claus Hertling
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Claus Hertling
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	5./6. Fachsemester

# Wahlbereich Mathematik

## MAA 520: Analytische Zahlentheorie

<b>Modulnummer</b>	MAA 520
<b>Titel</b>	Analytische Zahlentheorie / <i>Analytic Number Theory</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik A
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 84 h pro Semester (6 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 154 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 126 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 28 h: Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Analysis I & II, Lineare Algebra I & II/A, (Elemente der) Funktionentheorie
<b>Lehrinhalte</b>	<p>Eine Auswahl aus folgenden Themen:</p> <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>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden sind mit den Grundbegriffen und wichtigsten Aussagen der analytischen Zahlentheorie vertraut (MK1)</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <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>
<b>Medienform</b>	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beamer und Folien
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Skript (online)</li> <li>• J. Brüder: <i>Einführung in die analytische Zahlentheorie</i></li> <li>• T. M. Apostol: <i>Introduction to Analytic Number Theory</i></li> <li>• D. B. Zagier: <i>Zetafunktionen und quadratische Körper</i></li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Erfolgreiche Teilnahme am Übungsbetrieb (mindestens 50% der Übungspunkte)

<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Unregelmäßig
<b>Lehrende/r</b>	Dr. Thomas Reichelt
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dr. Thomas Reichelt
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2./3. Fachsemester

## MAA 525: Mean-field particle systems and their limits to non-local PDEs

<b>Module number</b>	MAA 525
<b>Title</b>	Mean-field particle systems and their limits to non-local PDEs
<b>Form of module</b>	Lecture courses with tutorials
<b>Type of module</b>	Mathematics elective A
<b>Level</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Workload</b>	<b>Classroom instruction:</b> 56h (lecture) + 28h (tutorial) (6 SWS) <b>Self-study:</b> 154h
<b>Prerequisites</b>	Analysis I & II, Linear Algebra I, Probability I
<b>Aim of module</b>	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>
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<b>Professional competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaining a mathematical understanding of the fundamental results (MK1, MF3)</li> </ul> <b>Methodological competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• (MK1, MF3)</li> </ul> <b>Personal competence:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamwork</li> </ul>
<b>Media</b>	Discussions/presentations on the blackboard and videos
<b>Literature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Golse, F. (2016). <i>On the dynamics of large particle systems in the mean field limit</i>. In: <i>Macroscopic and large scale phenomena: coarse graining, mean field limits and ergodicity</i>, Springer, Cham, pp. 1–144 (Sections 1.2–1.5)</li> <li>• Carmona, R. (2016). <i>Lectures on BSDEs, stochastic control, and stochastic differential games with financial applications</i>, SIAM, Chapters 1–2</li> <li>• Lachker, D. (2018). <i>Lecture Notes: Mean-field games and interacting particle systems</i>, Chapters 1–3</li> </ul>
<b>Methods</b>	Lecture (4 SWS), Tutorial (2 SWS)
<b>Form of assessment</b>	Oral exam
<b>Admission requirements for assessment</b>	-
<b>Duration of assessment</b>	30 minutes

<b>Language</b>	English
<b>Offering</b>	Irregular
<b>Lecturer</b>	Prof. boshi. Li Chen
<b>Person in charge</b>	Prof. boshi. Li Chen
<b>Duration of module</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	-
<b>Range of application</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Semester</b>	1./2./3. semester

## MAB 513: Computeralgebra

<b>Modulnummer</b>	MAB 513
<b>Titel</b>	Computeralgebra / <i>Computer Algebra</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik B
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 84 h pro Semester (6 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 154 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 126 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 28 h: Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Lineare Algebra I & II/A
<b>Lehrinhalte</b>	<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>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse im Umgang mit einem Computeralgebrasystem</li> <li>• Lösungsverfahren für nichtlineare Gleichungssysteme (MK1)</li> <li>• Berechnung von Gröbnerbasen nach Buchberger (MK1)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <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>
<b>Medienformen</b>	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beispiele und Algorithmen mit Computeralgebrasystem via Beamer

<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Skript (online)</li> <li>• M. Kaplan: <i>Computeralgebra</i></li> <li>• F. Winkler: <i>Polynomial Algorithms in Computer Algebra</i></li> <li>• K. O. Geddes, S. R. Czabor, G. Labahn: <i>Algorithms for Computer Algebra</i></li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Unregelmäßig
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Wolfgang Seiler
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, M.Sc. Wirtschaftspädagogik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2./3. Fachsemester Master, 5./6. Fachsemester Bachelor

## MAB 518: Quantum Computing und dessen mathematische Grundlagen

<b>Modulnummer</b>	MAB 518
<b>Titel</b>	Quantum Computing und dessen mathematische Grundlagen / <i>Quantum Computing and its Mathematical Foundations</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik B
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 84 h pro Semester (6 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 154 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 126 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 28 h: Vorbereitung für die Prüfung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lineare Algebra I</li> <li>• Stochastik 1</li> <li>• Grundkenntnisse in C (z. B. Kurs “High Performance Computing”)</li> <li>• Hilbert-Räume (z. B. Kurs “Stochastik 2B”)</li> </ul>
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantencomputing und seine Grundlagen, wie (Quanten)Informationstheorie</li> <li>• Quanten-Wahrscheinlichkeitstheorie</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b> (MK1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Grundlagen des Quantencomputing</li> <li>• Programmieren eines Quantencomputers</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b> (MK2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellen einfacher Algorithmen für Quantencomputer</li> <li>• Mathematische Darstellung von Quantencomputern und deren Grundlagen</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b> (MF2, MF3, MO4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beurteilen der Fähigkeiten und Grenzen eines Quantencomputers</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Präsentationen mit Beamer, Tafelanschriften
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Watrous: <i>The Theory of Quantum Computing</i>. Cambridge</li> <li>• E.R. Johnson: <i>Programming Quantum Computers: Essential Algorithms and Code Samples</i>. O’Reilly, 2019</li> <li>• A. Khrennikov: <i>Quantum Probability and Randomness</i>. MDPI, 2019</li> <li>• M.A. Nielsen &amp; I.L. Chuang: <i>Quantum Computation and Quantum Information</i>. Cambridge</li> <li>• R.W. Yeung: <i>A First Course in Information Theory</i>. Springer, 2002</li> <li>• M.M. Wilde: <i>Quantum Information Theory</i>. Cambridge, 2017</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung

<b>Prüfungsvorleistung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% der Punkte bei schriftlichen Lösungen</li> <li>• 50% gründliche Bearbeitung beim Votiersystem</li> <li>• zweimaliges Vorrechnen in Übungsgruppen</li> </ul>
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Voraussichtlich 2-jährlich ab HWS 2025
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Martin Schlather
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Martin Schlather
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	Seminar "Definitheit"
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./3. Fachsemester

## MAB 519: Reinforcement Learning

<b>Module number</b>	MAB 519
<b>Title</b>	Reinforcement Learning
<b>Form of module</b>	Lecture with exercise classes
<b>Type of module</b>	Mathematics elective B
<b>Level</b>	Master
<b>ECTS</b>	10
<b>Workload</b>	Lectures: 56h Exercise classes: 28h Self-study: 156h
<b>Prerequisites</b>	Stochastik 1, Markovketten
<b>Aim of module</b>	<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>
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MK1, M02, M03</li> <li>• MF1, MF3</li> <li>• (cf. "Erläuterungen zu den Abkürzungen")</li> </ul>
<b>Media</b>	Blackboard, Slides
<b>Literature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture Notes</li> <li>• Sutton, Barto: <i>Reinforcement Learning – An Introduction</i></li> <li>• Putterman: <i>Markov Decision Processes</i></li> </ul>
<b>Methods</b>	Lectures, theoretical and programming exercises
<b>Form of assessment</b>	Oral exam
<b>Admission requirements for assessment</b>	Participation in the exercises
<b>Duration of assessment</b>	30 minutes
<b>Language</b>	English
<b>Offering</b>	Irregular
<b>Lecturer</b>	Prof. Dr. Leif Döring
<b>Person in charge</b>	Prof. Dr. Leif Döring
<b>Duration of module</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	-

<b>Range of application</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mannheim Master in Data Science, M.Sc. Wirtschaftsinformatik
<b>Semester</b>	1./2./3. semester

## MAB 520: Reinforcement Learning 2

<b>Module number</b>	MAB 520
<b>Title</b>	Reinforcement Learning 2
<b>Form of module</b>	Lecture
<b>Type of module</b>	Mathematics elective B
<b>Level</b>	Master
<b>ECTS</b>	5
<b>Workload</b>	Lectures: 28 h Self-study: 114 h
<b>Prerequisites</b>	Reinforcement Learning
<b>Aim of module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (Double)Deep Q-Learning</li> <li>• Regularisation methods in actor-critic</li> <li>• RL with human feedback</li> <li>• Monte Carlo Search Trees</li> <li>• ODE method to stochastic approximation and their applications</li> </ul>
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MK1, M02, M03</li> <li>• MF1, MF3</li> <li>• (cf. “Erläuterungen zu den Abkürzungen”)</li> </ul>
<b>Media</b>	Blackboard, Slides
<b>Literature</b>	Original articles
<b>Methods</b>	Lectures
<b>Form of assessment</b>	Oral exam
<b>Admission requirements for assessment</b>	-
<b>Duration of assessment</b>	30 minutes
<b>Language</b>	English
<b>Offering</b>	Irregular
<b>Lecturer</b>	Prof. Dr. Leif Döring
<b>Person in charge</b>	Prof. Dr. Leif Döring
<b>Duration of module</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	-
<b>Range of application</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mannheim Master in Data Science, M.Sc. Wirtschaftsinformatik
<b>Semester</b>	1./2./3. semester

**MAB 521: Harmonische Analysis auf Halbgruppen und ihre Anwendung in der Statistik**

<b>Modulnummer</b>	MAB 521
<b>Titel</b>	Harmonische Analysis auf Halbgruppen und ihre Anwendung in der Statistik / <i>Harmonic Analysis on Semigroups and its Application in Statistics</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik B
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 84 h pro Semester (6 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 154 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 126 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 28 h: Vorbereitung für die Prüfung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Lineare Algebra I, Stochastik 1
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Halbgruppen</li> <li>• Positiv definite Funktionen</li> <li>• Satz von Bochner in der allgemeinsten Form</li> <li>• Anwendungen in der Statistik</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b> (MK1)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Grundlagen der Fourier-Transformation</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b> (MK2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Umgang mit positiv definiten Funktionen</li> <li>• Beschreibung von Kegeln</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b> (MF2, MF3, MO4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beurteilen der Wichtigkeit positiv definiter Funktionen</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Präsentationen mit Beamer, Tafelanschriften
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Berg, Christensen, Ressel (1984). <i>Harmonic Analysis on Semigroups</i>. Springer</li> <li>• Diverse Forschungsartikel des Lehrstuhls</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 50% der Punkte bei schriftlichen Lösungen</li> <li>• 50% gründliche Bearbeitung beim Votiersystem</li> <li>• zweimaliges Vorrechnen in Übungsgruppen</li> </ul>
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten

<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Voraussichtlich 2-jährlich ab HWS 2025
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Martin Schlather
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Martin Schlather
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	Seminar "Definitheit"
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Volkswirtschaftslehre, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./3. Fachsemester

## MAC 502: Computational Finance

<b>Modulnummer</b>	MAC 502
<b>Titel</b>	Computational Finance
<b>Form der Veranstaltung</b>	Lecture with exercise classes (inverted classroom)
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Mathematics elective C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	6
<b>Arbeitsaufwand</b>	<b>Classroom instruction:</b> 56 hours per semester <b>Self-study:</b> 124 hours per semester
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Advanced Mathematical Finance, Monte Carlo Methods
<b>Lehrinhalte</b>	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>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MK2, MO3</li> <li>• MF1, MF2</li> <li>• (cf “Erläuterungen zu den Abkürzungen”)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Videos, Beamer presentation and blackboard
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture Notes</li> <li>• Fusai, Roncoroni: <i>Implementing Models in Quantitative Finance: Methods and Cases</i>, Springer, 2008</li> <li>• Glasserman: <i>Monte Carlo Methods in Financial Engineering</i>, Springer, 2003</li> <li>• Higham: <i>An Introduction to Financial Option Valuation: Mathematics, Stochastics and Computation</i>, CUP, 2004</li> <li>• Korn et al.: <i>Monte Carlo Methods and Models in Finance and Insurance</i>, Chapman &amp; Hall, 2012</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Lecture, theoretical and programming exercises and question hours
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Oral exam
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Successful participation in the exercise classes, i.e. 50% of the points for the homework
<b>Prüfungsdauer</b>	30 minutes
<b>Sprache</b>	English
<b>Angebotsturnus</b>	FSS
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
<b>Dauer des Moduls</b>	1 semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, MMDS
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2./3. semester

## MAC 507: Nonlinear Optimization

<b>Modulnummer</b>	MAC 507
<b>Titel</b>	Nonlinear Optimization / <i>Nichtlineare Optimierung</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	6
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 56 h pro Semester (4 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 126 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 112 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 14 h: Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Lineare Algebra I & II/A, Analysis I & II, idealerweise auch Lineare Optimierung
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notwendige und Hinreichende Optimalitätsbedingungen für unrestringierte und restringierte Optimierungsprobleme</li> <li>• Regularitätstheorie</li> <li>• Semi-Definite Programme</li> <li>• Asymptotische Konvergenzgarantien von gängigen Optimierungsverfahren</li> <li>• Numerische Verfahren für nicht-lineare Optimierungsprobleme</li> <li>• Numerische Implementierung von Algorithmen</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Modellierung eines Problems (MF1, MF2)</li> <li>• Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb; Eigenes Skript (online)
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amir Beck: <i>Introduction to Nonlinear Optimization</i></li> <li>• Jorge Nocedal and Stephen J. Wright: <i>Numerical Optimization</i></li> <li>• Carl Geiger, Christian Kanzow: <i>Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben</i></li> <li>• Carl Geiger, Christian Kanzow: <i>Theorie und Numerik restringierter Optimierungsprobleme</i></li> </ul>

<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Schriftliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Bearbeitung von Übungsblättern und mindestens 50% der Übungsaufgaben bestanden
<b>Prüfungsdauer</b>	90 Minuten
<b>Sprache</b>	Englisch
<b>Angebotsturnus</b>	Regelmäßig
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Mathias Staudigl PhD
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Mathias Staudigl PhD
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	Konvexe Optimierung, Seminar Prof. Staudigl
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, Master in Data Science
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2./3. Fachsemester

## MAC 509: Numerics of Ordinary Differential Equations

<b>Module number</b>	MAC 509
<b>Title</b>	Numerics of Ordinary Differential Equations / <i>Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen</i>
<b>Form of module</b>	Lecture with exercise classes
<b>Type of module</b>	Mathematics elective C
<b>Level</b>	Master
<b>ECTS</b>	6
<b>Workload</b>	<p><b>Classroom instruction:</b> 56 hours per semester (4 SWS)  <b>Self-study:</b> 126 hours per semester, of which:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 98 h: Preparation and follow-up of the course and free self-study</li> <li>• 28 h: Preparation for the exam, e.g. exam/seminar final paper and presentation preparation</li> </ul>
<b>Prerequisites</b>	Numerik, Knowledge of Differential Equations
<b>Aim of module</b>	<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>
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<p><b>Professional competence:</b></p> <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> <p><b>Methodological competence:</b></p> <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> <p><b>Personal competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamwork (MO2, MO3)</li> </ul>
<b>Media</b>	Presentation on the blackboard, projector and slides
<b>Literature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes (online)</li> <li>• P. Deuffhard, A. Hohmann: <i>Numerische Mathematik II</i></li> <li>• M. Hanke-Bourgeois: <i>Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens</i></li> <li>• J. Stoer: <i>Einführung in die Numerische Mathematik II</i></li> </ul>
<b>Methods</b>	Lecture (2 SWS), exercise class (2 SWS)
<b>Form of assessment</b>	Oral exam
<b>Admission requirements for assessment</b>	At least 75% of the points of the programming tasks
<b>Duration of assessment</b>	30 minutes

<b>Language</b>	English
<b>Offering</b>	HWS
<b>Lecturer</b>	Prof. Dr. Simone Göttlich, Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
<b>Person in charge</b>	Prof. Dr. Simone Göttlich
<b>Duration of module</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	Numerics of Partial Differential Equations, Seminar Modellierung und Simulation
<b>Range of application</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Semester</b>	1./2./3. semester

## MAC 510: Numerik partieller Differentialgleichungen

<b>Modulnummer</b>	MAC 510
<b>Titel</b>	Numerik partieller Differentialgleichungen / <i>Numerics of Partial Differential Equations</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	8
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 84 h pro Semester (6 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 154 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 126 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 28 h: Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Numerik, Kenntnisse von Differentialgleichungen, Numerik von Differentialgleichungen I
<b>Lehrinhalte</b>	<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>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Modellierung eines Problems (MF1, MF2)</li> <li>• Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Präsentationen mit Tafelanschiebe, Beamer und Folien
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenes Skript (online)</li> <li>• LeVeque: <i>Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems</i></li> <li>• LeVeque: <i>Numerical Methods for Conservation Laws</i></li> <li>• Großmann/Roos: <i>Numerik Partieller Differentialgleichungen</i></li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (4 SWS), Übung (2 SWS)

<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Mindestens 75% der Punkte der Programmieraufgaben
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	FSS
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Simone Göttlich, Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Simone Göttlich
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	Seminar Modellierung und Simulation, Scientific Computing Research Seminar
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	Ab dem 2. Fachsemester

## MAC 527: Markov Processes

<b>Module number</b>	MAC 527
<b>Title</b>	Markov Processes
<b>Form of module</b>	Lecture
<b>Type of module</b>	Mathematics elective C
<b>Level</b>	Master
<b>ECTS</b>	5
<b>Workload</b>	<b>Self-study:</b> 154 hours per semester
<b>Prerequisites</b>	Stochastik 1
<b>Aim of module</b>	<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>
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<p><b>Professional competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaining a mathematical understanding of the fundamental results in the theory of Markov processes (MK1, MF3)</li> </ul> <p><b>Methodological competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proper handling of the standard methods in the theory of Markov processes (MK1, MF3)</li> </ul> <p><b>Personal competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamwork</li> </ul>
<b>Media</b>	Videos and discussions/presentations on the blackboard
<b>Literature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chung, <i>Lectures from Markov processes to Brownian motion</i></li> <li>• Liggett, <i>Continuous Time Markov processes: An Introduction</i></li> <li>• Stroock, <i>An Introduction to Markov Processes</i></li> <li>• Pardoux, <i>Markov Processes and application</i></li> <li>• Ethier, Kurtz, <i>Markov Processes: Characterization and convergence</i></li> </ul>
<b>Methods</b>	Lectures (2 SWS), supervision, homework problems
<b>Form of assessment</b>	Oral exam
<b>Admission requirements for assessment</b>	-
<b>Duration of assessment</b>	30 minutes
<b>Language</b>	English

<b>Offering</b>	Irregular
<b>Lecturer</b>	Prof. Dr. Leif Döring, Prof. Dr. Martin Slowik
<b>Person in charge</b>	Prof. Dr. Leif Döring
<b>Duration of module</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	-
<b>Range of application</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Semester</b>	1./2./3. semester

## MAC 528: Inverse Probleme

<b>Modulnummer</b>	MAC 528
<b>Titel</b>	Inverse Probleme / <i>Inverse Problems</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	6
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 56 h pro Semester (4 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 126 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 112 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 14 h: Vorbereitung für die Prüfung, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Optimierung, Numerik. Grundlegende Kenntnisse in Funktionalanalysis, Wahrscheinlichkeitstheorie und nichtlinearer Optimierung sind hilfreich
<b>Lehrinhalte</b>	<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>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b> (MK1, MK2, MO2, MO4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennenlernen und verstehen verschiedener Methoden und Algorithmen</li> <li>• Implementierungen verschiedener Verfahren</li> <li>• Interpretation numerischer Ergebnisse</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b> (MF1, MF2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Modellierung eines Problems</li> <li>• Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b> (MO2, MO3)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb, Beamerpräsentation
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript</li> <li>• H.W. Engl, M. Hanke, A. Neubauer: <i>Regularization of Inverse Problems</i>, Kluwer, 1996 / 2000</li> <li>• A. Kirsch: <i>An introduction to the mathematical theory of inverse problems</i>, Springer, 2011 (2. Auflage)</li> <li>• A. Rieder: <i>Keine Probleme mit Inversen Problemen</i>, Vieweg, 2003</li> <li>• J. Kaipio, E. Somersalo: <i>Statistical and Computational Inverse Problems</i>, Springer, 2005</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (3 SWS), Übung (1 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung

<b>Prüfungsvorleistung</b>	Bearbeitung von Übungsblättern und mindestens 50% der Übungsaufgaben bestanden
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch, auf Wunsch Englisch
<b>Angebotsturnus</b>	Unregelmäßig
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Simon Weißmann
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Simon Weißmann
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, Lehramt Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2./3. Fachsemester

## MAC 538: Anwendungen skalarer Erhaltungsgleichungen

<b>Modulnummer</b>	MAC 538
<b>Titel</b>	Anwendungen skalarer Erhaltungsgleichungen / <i>Applications of scalar conservation laws</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	6
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 56 h pro Semester (4 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 126 h pro Semester, davon</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 112 h: Vor- und Nachbereitung der Veranstaltung und freies Selbststudium</li> <li>• 14 h: Vorbereitung für die Prüfung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Dynamische Systeme
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Theorie skalarer Erhaltungsgleichungen</li> <li>• Mehrskalmodellierung (Bsp. Verkehr, Produktion)</li> <li>• Netzwerkmodelle (Bsp. Verkehr, Produktion)</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit (MO2, MO3)</li> <li>• Präsentationstechnik</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Präsentationen mit Tafelanschrieb, Beamer und Folien
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C. D'Apice, S. Göttlich, M. Herty, B. Piccoli – <i>Modeling, Simulation and Optimization of Supply Chains: A Continuous Approach</i>, SIAM book series on Mathematical Modeling and Computation, 226 Seiten, 2010</li> <li>• M. Garavello, B. Piccoli – <i>Traffic flow on networks</i>, AIMS Series on Applied Mathematics, xvi+243 Seiten, 2006</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (2 SWS), Übung (2 SWS)

<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Mind. 75% der Punkte der Programmieraufgaben
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	FSS
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Simone Göttlich
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Simone Göttlich
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	Numerik partieller Differentialgleichungen, Research Seminar Scientific Computing
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2./3. Fachsemester

## MAC 539: Schadenversicherungsmathematik I

<b>Modulnummer</b>	MAC 539
<b>Titel</b>	Schadenversicherungsmathematik I / <i>Non-Life Insurance Mathematics I</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	3
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 56 h pro Semester, davon</p> <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>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Wahrscheinlichkeitstheorie auf der Grundlage der Maß- und Integrationstheorie
<b>Lehrinhalte</b>	<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> <li>• Bestimmung ausreichender Prämien</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnis stochastischer Modelle der Schadenversicherungsmathematik</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung stochastischer Modelle der Schadenversicherungsmathematik</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur Kommunikation mit Aktuarien in der Praxis</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmidt: <i>Versicherungsmathematik</i></li> <li>• Goelden et al.: <i>Schadenversicherungsmathematik</i></li> <li>• Schmidt: <i>Lectures on Risk Theory</i>,  <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>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	20 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch

<b>Angebotsturnus</b>	FSS
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	Schadenversicherungsmathematik II voraussichtlich alle 2 Jahre im FSS, Seminare zur Versicherungsmathematik
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	Ab dem 1. Fachsemester

## MAC 540: Copulas und Konkordanzmaße

<b>Modulnummer</b>	MAC 540
<b>Titel</b>	Copulas und Konkordanzmaße / <i>Copulas and Measures of Concordance</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 56 h pro Semester, davon</p> <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>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Wahrscheinlichkeitstheorie auf der Grundlage der Maß- und Integrationstheorie
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Copulas dienen der Darstellung und der Erzeugung von multivariaten Verteilungen. Konkordanzmaße bewerten mit Hilfe von Copulas stochastische Zusammenhänge zwischen Zufallsvariablen</li> <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>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundkenntnisse über Copulas und Konkordanzmaße</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung von Copulas und Konkordanzmaßen, unter anderem in der Versicherungsmathematik</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur Kommunikation mit Aktuarien in der Praxis</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante, Sempi: <i>Principles of Copula Theory</i></li> <li>• Nelsen: <i>An Introduction to Copulas</i></li> <li>• Fuchs, Schmidt: <i>Bivariate Copulas und Konkordanzmaße</i> (Manuskript)</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	20 Minuten

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

## MAC 557: Advanced Topics in Mathematical Finance

<b>Module number</b>	MAC 557
<b>Title</b>	Advanced Topics in Mathematical Finance
<b>Form of module</b>	Lecture with exercise classes
<b>Type of module</b>	Mathematics elective C
<b>Level</b>	Master
<b>ECTS</b>	6
<b>Workload</b>	<b>Classroom instruction:</b> 42 hours per semester <b>Self-study:</b> 138 hours per semester
<b>Prerequisites</b>	Stochastic Calculus, basic knowledge in mathematical finance
<b>Aim of module</b>	<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>
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<p><b>Professional competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaining a mathematical understanding of the main results in continuous-time finance (MK1, MK2, MF1, MF2, MF3, MO3, MO4)</li> </ul> <p><b>Methodological competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proper handling of the methods in mathematical finance and stochastic analysis analysis (MK1, MF1, MO2)</li> </ul> <p><b>Personal competence:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamwork (MO2, MO3)</li> </ul>
<b>Media</b>	Videos and presentation on the blackboard
<b>Literature</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecture notes</li> <li>• Björk, T., <i>Arbitrage Theory in Continuous Time</i>, Oxford University Press, 3rd ed., 2009</li> <li>• Shreve, S. E., <i>Stochastic Calculus for Finance, II</i>, Springer-Verlag, 2004</li> <li>• Pham, H., <i>Continuous-time Stochastic Control and Optimization with Financial Applications</i>, Springer-Verlag, 2009</li> <li>• Filipovic, D., <i>Term-Structure Models: A Graduate Course</i>, Springer Finance Textbooks, 2009</li> </ul>
<b>Methods</b>	Lectures, tutorials, problem sheets, question hours
<b>Form of assessment</b>	Oral exam
<b>Admission requirements for assessment</b>	Successful participation in the exercise classes, i.e. 50% of the points for the homework
<b>Duration of assessment</b>	30 minutes

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

## MAC 559: Quasi Monte Carlo Methoden

<b>Modulnummer</b>	MAC 559
<b>Titel</b>	Quasi Monte Carlo Methoden
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	6
<b>Arbeitsaufwand</b>	<b>Präsenzstudium:</b> 56 h pro Semester <b>Eigenstudium:</b> 124 h pro Semester
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Numerik, Monte Carlo Methods
<b>Lehrinhalte</b>	<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>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BK1, BK3, BO2, BO3</li> <li>• BF2, BF3, BF4</li> <li>• Vgl. Erläuterungen zu den Abkürzungen</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb und Folien
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leobacher, Pillichshammer: <i>Introduction to Quasi-Monte Carlo Integration and Applications</i></li> <li>• Niederreiter: <i>Random Number Generation and Quasi-Monte Carlo Methods</i></li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung mit Übung
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Mindestens 50% der Punkte der Abgabenaufgaben
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	HWS 25 (mindestens einmal alle zwei Jahre)
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch, Dr. Peter Parczewski
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester

<b>Weiterführende Module</b>	Seminar "Ausgewählte Themen der stochastischen Numerik"
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	2./4. Fachsemester

## MAC 574: Bayes'sche Optimierung

<b>Modulnummer</b>	MAC 574
<b>Titel</b>	Bayes'sche Optimierung / <i>Bayesian Optimization</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Vorlesung
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Wahlpflichtveranstaltung Mathematik C
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)  <b>Eigenstudium:</b> 56 h pro Semester, davon</p> <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, z.B. Prüfungs-/ Seminarabschlussarbeits- und Präsentationsvorbereitung</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Stochastik 1, Stochastische Prozesse und Optimierung sind hilfreich
<b>Lehrinhalte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bayes'scher Ansatz globaler Optimierungsprobleme</li> <li>• Modellierung durch Gaußprozesse</li> <li>• Gaußprozess-Regression</li> <li>• Prior- und Posterior-Verteilungen</li> <li>• Anwendung in Hyperparameteroptimierung</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Modellierung eines Problems (MF1, MF2)</li> <li>• Konkrete Problemlösungsstrategien und deren Interpretation (MF1, MF2)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teamarbeit (MO2, MO3)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb, Beamerpräsentation
<b>Begleitende Literatur</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorlesungsskript</li> <li>• J. Mockus: <i>Bayesian Approach to Global Optimization</i>, Springer, 1989</li> <li>• R. Garnett: <i>Bayesian Optimization</i>, Cambridge University Press, 2023</li> </ul>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorlesung (2 SWS)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Mündliche Prüfung

<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	30 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch, auf Wunsch Englisch
<b>Angebotsturnus</b>	Unregelmäßig
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Simon Weißmann
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Simon Weißmann
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, B.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, Lehramt Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	Ab dem 1. Fachsemester

# Seminare Mathematik

## MAS 501: Fortgeschrittenenseminar Stochastik

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

<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./3. Fachsemester

## MAS 502: Seminar Ausgewählte Themen der stochastischen Numerik

<b>Modulnummer</b>	MAS 502
<b>Titel</b>	Seminar Ausgewählte Themen der stochastischen Numerik / <i>Seminar on Selected Topics in Numerical Mathematics</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Vertiefung
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS) <b>Eigenstudium:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h: Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 h: Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Numerik, Stochastische Simulation/Monte Carlo Methods
<b>Lehrinhalte</b>	Wechselnde Themen aus dem Bereich der Stochastischen Numerik und ihrer Anwendungen
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <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, MO3)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, MO4)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation komplexer wissenschaftlicher Sachverhalte (MO4)</li> <li>• Mathematische Textverarbeitung (<math>\text{\LaTeX}</math>)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb, Beamerpräsentation, schriftliche Ausarbeitungen
<b>Begleitende Literatur</b>	Wechselnd, je nach Themenkreis
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Vortrag und begleitende schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch

<b>Angebotsturnus</b>	Unregelmäßig
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Andreas Neuenkirch
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2./3. Fachsemester

## MAS 503: Seminar Modellierung und Simulation

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

<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./2. Fachsemester

## MAS 510: Seminar Diffusion Equations

<b>Module number</b>	MAS 510
<b>Title</b>	Seminar Diffusion Equations + Advanced
<b>Form of module</b>	Seminar
<b>Type of module</b>	Advanced
<b>Level</b>	Bachelor + Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Workload</b>	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
<b>Prerequisites</b>	Analysis I & II, Linear Algebra, Basic knowledge of differential equations
<b>Aim of module</b>	Preparation for the Bachelor + Master theses
<b>Learning outcomes and qualification goals</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weak solution theory (MK1, MO2)</li> <li>• Free energy method in studying large time behavior (MK1, MO2)</li> <li>• Application of the theory in newly derived models (MO3)</li> </ul>
<b>Media</b>	Blackboard or beamer
<b>Literature</b>	Will be distributed at the first meeting
<b>Methods</b>	Presentations by the participants
<b>Form of assessment</b>	Presentation and the report from the presentation
<b>Admission requirements for assessment</b>	Clearly present the learning-distributed material, participate in the other presentations, join the discussions in the seminar
<b>Duration of assessment</b>	45–90 minutes
<b>Language</b>	English
<b>Offering</b>	Regularly in the FSS
<b>Lecturer</b>	Prof. boshi. Li Chen
<b>Person in charge</b>	Prof. boshi. Li Chen
<b>Duration of module</b>	1 semester
<b>Further modules</b>	-
<b>Range of application</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Semester</b>	1./2./3. semester (Master), 3./5. semester (Bachelor)

## MAS 512: Research Seminar Scientific Computing

<b>Modulnummer</b>	MAS 512
<b>Titel</b>	Research Seminar Scientific Computing
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Vertiefung
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)</p> <p><b>Eigenstudium:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 h: Einarbeitung in das Thema</li> <li>• 36 h: Inhaltliche Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 20 h: Ausarbeitung von Präsentation und ggf. Handouts mittels L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Numerik partieller Differentialgleichungen, Nichtlineare Optimierung.
<b>Lehrinhalte</b>	Wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung der methodischen Kenntnisse aus der Numerik und Analysis partieller Differentialgleichungen (MF1), (MK2)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <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>
<b>Medienformen</b>	-
<b>Begleitende Literatur</b>	Ausgewählte Buchkapitel, Zeitschriftenartikel der Numerik / Optimierung
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorbereitung und Abhalten eines Seminarvortrags mit entsprechender schriftlicher Ausarbeitung sowie Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten (ähnlich zu einem Reading Course)
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Vorbereitung und Abhalten eines Seminarvortrags mit entsprechender schriftlicher Ausarbeitung sowie Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten (ähnlich zu einem Reading Course)
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Regelmäßig im HWS

<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Simone Göttlich
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Simone Göttlich
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	ab 3. Fachsemester

## MAS 515: Fortgeschrittenenseminar Mathematische Optimierung

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

<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, M.Sc. Mannheim Master in Data Science
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	Ab dem 1. Fachsemester

## MAS 519: Fortgeschrittenenseminar Computational Methods

<b>Modulnummer</b>	MAS 519
<b>Titel</b>	Fortgeschrittenenseminar Computational Methods / <i>Advanced Seminar on Computational Methods</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Vertiefung
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)</p> <p><b>Eigenstudium:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 20 h: Einarbeitung in das Thema</li> <li>• 20 h: Inhaltliche Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 15 h: Ausarbeitung einer Präsentation mittels <math>\text{\LaTeX}</math> und Tafelanschrieb</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Vorlesung "Computational Statistics" oder "High Performance Computing"
<b>Lehrinhalte</b>	Ausgewählte Themen innerhalb des Gebietes "Computational Methods"
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der Methodenkenntnis innerhalb des Gebietes "Computational Methods" (MK1)</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, welche einfache 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 von einfachen Algorithmen in der Praxis (MO4)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MF2, MO1, MO4)</li> <li>• Strategien zur Lösung von einfachen Problemen im Bereich Computational Methods (MO3)</li> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (MO1, MO4)</li> <li>• Fähigkeit zum Computersatz zur Erstellung von mathematischen Texten (<math>\text{\LaTeX}</math>)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Präsentation mit Beamer
<b>Begleitende Literatur</b>	Gemäß den jeweiligen Themen, z.B. G.H. Givens & J.A. Hoeting: <i>Computational Statistics</i> . Wiley
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Vortrag und Folien der Präsentation

<b>Prüfungsvorleistung</b>	Inhaltliche Vorbereitung zu und Wahrnehmung eines Beratungsgesprächs mindestens 3 Tage vor dem Vortrag
<b>Prüfungsdauer</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Voraussichtlich 2-jährlich ab HWS 25
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Martin Schlather
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Martin Schlather
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./3. Fachsemester

## MAS 521: Fortgeschrittenenseminar zur Versicherungsmathematik

<b>Modulnummer</b>	MAS 521
<b>Titel</b>	Fortgeschrittenenseminar zur Versicherungsmathematik / <i>Advanced Seminar on Insurance Mathematics</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Vertiefung
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)</p> <p><b>Eigenstudium:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 64 h: Inhaltliche Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 28 h: Erstellung des Handouts, der Folien und der schriftlichen Ausarbeitung des Vortrags in <math>\text{\LaTeX}</math></li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Wahrscheinlichkeitstheorie auf der Grundlage der Maß- und Integrationstheorie
<b>Lehrinhalte</b>	Ausgewählte Themen der Versicherungsmathematik und verwandter Gebiete der Stochastik
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Analyse stochastischer Modelle</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenständige Erarbeitung mathematischer Literatur, Aneignung der Ergebnisse und Beweismethoden und deren Umsetzung in einen verständlichen Vortrag</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation mathematischer Sachverhalte</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Präsentation der Ergebnisse mit Beamer und Tafelanschrieb der Beweise
<b>Begleitende Literatur</b>	Literaturhinweise zum jeweiligen Thema werden bei der Vorbesprechung angegeben
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminarvorträge der Teilnehmer
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Handout, Folien und schriftliche Ausarbeitung des Vortrags
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	45-90 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Jedes Semester
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Klaus D. Schmidt
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	Ab dem 1. Fachsemester

**MAS 533: Seminar Ausgewählte Themen partieller und gewöhnlicher Differenzialgleichungen**

<b>Modulnummer</b>	MAS 533
<b>Titel</b>	Seminar Ausgewählte Themen partieller und gewöhnlicher Differenzialgleichungen
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Vertiefung
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 Stunden pro Semester (2 SWS)</p> <p><b>Eigenstudium:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h: Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 h: Schriftlich Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Eine der Vorlesungen Differenzialgleichungen, Dynamische Systeme oder Analysis III
<b>Lehrinhalte</b>	Ausgewählte Themen zu Theorie und Anwendungen von Differenzialgleichungen und dynamischen Systemen
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Beweisführung (MF1, MO1)</li> <li>• Strukturierung mathematischer Texte (MO1, MO2)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <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 (<math>\text{\LaTeX}</math>)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschrieb, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
<b>Begleitende Literatur</b>	Wird zu Beginn bekannt gegeben
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfungsdauer</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch, auf Wunsch Englisch
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Martin Schmidt

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Martin Schmidt
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	3. Fachsemester

## MAS 539: Fortgeschrittenenseminar Expositiones Mathematicae

<b>Modulnummer</b>	MAS 539
<b>Titel</b>	Fortgeschrittenenseminar Expositiones Mathematicae
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Vertiefung
<b>Modulniveau</b>	Master, insbesondere Lehramt
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)</p> <p><b>Eigenstudium:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h: Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 h: Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Grundvorlesungen
<b>Lehrinhalte</b>	Nicht durch die Vorlesungen erfasste Themen aus Grundvorlesungen, Numerik und Stochastik
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefung der Zusammenhänge in Analysis, Numerik und Stochastik (MK1)</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mathematische Beweisführung</li> <li>• Modellierung</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (MO3, MO4)</li> <li>• Fähigkeit zur Präsentation einfacher wissenschaftlicher Sachverhalte (MO2, MO3)</li> <li>• Mathematische Textverarbeitung (<math>\text{\LaTeX}</math>)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschriften, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
<b>Begleitende Literatur</b>	Wechselnd, je nach Themengebieten
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Betreuung eines Projektes zwischen Schulen und Universität
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Erfolgreiche Betreuung eines Projektes und schriftliche Ausarbeitung (3-10 Seiten)
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	45-90 Minuten
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Jedes Semester
<b>Lehrende/r</b>	Dr. Peter Parczewski

<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dr. Peter Parczewski
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	Ab dem 1. Fachsemester

## MAS 540: Fortgeschrittenenseminar Finanzmathematik

<b>Modulnummer</b>	MAS 540
<b>Titel</b>	Fortgeschrittenenseminar Finanzmathematik / <i>Advanced Seminar on Mathematical Finance</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Vertiefung
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS) <b>Eigenstudium:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h: Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 h: Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Stochastik 1 & 2, Grundwissen in der Finanzmathematik
<b>Lehrinhalte</b>	Ausgewählte Themen der Finanzmathematik
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <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 (<math>\text{\LaTeX}</math>)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschriebe, Präsentationen mit Beamer
<b>Begleitende Literatur</b>	Wechselnd
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-

<b>Prüfungsdauer</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Unregelmäßig
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. David Prömel
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. David Prömel
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik, Lehramt Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	Ab dem 1. Fachsemester

MAS 541: Fortgeschrittenenseminar Mathematische Methoden der Künstlichen Intelligenz

<b>Modulnummer</b>	MAS 541
<b>Titel</b>	Fortgeschrittenenseminar Mathematische Methoden der Künstlichen Intelligenz / <i>Advanced Seminar on Mathematical Methods in Artificial Intelligence</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Vertiefung
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)</p> <p><b>Eigenstudium:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h: Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 h: Schriftliche Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Stochastik 1 & 2
<b>Lehrinhalte</b>	<p>Ausgewählte Themen zur mathematischen Theorie in künstlicher Intelligenz, wie</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reinforcement Learning</li> <li>• Stochastic optimization</li> <li>• Neural networks</li> <li>• Preferential attachment networks</li> <li>• Stochastic block model</li> <li>• Graphical models</li> </ul>
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Aspekte von Lernalgorithmen</li> <li>• Stochastische Entscheidungstheorie</li> <li>• Modellierung mit Modellen der mathematischen Physik</li> <li>• Analyse von Schätzalgorithmen</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <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> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <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 (<math>\text{\LaTeX}</math>)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelanschriften, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
<b>Begleitende Literatur</b>	Mézard, Montanari: <i>Information, Physics, and Computation</i>

<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Vorträge der teilnehmenden Studierenden
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Unregelmäßig
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Leif Döring
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Leif Döring
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	Ab dem 1. Fachsemester

## MAS 548: Research Seminar Algebraic Geometry

<b>Modulnummer</b>	MAS 548
<b>Titel</b>	Research Seminar Algebraic Geometry
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Seminar Mathematics
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Presence at the seminar:</b> 28 h per semester (2 SWS)</p> <p><b>Work at home:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h: Preparation of the talk</li> <li>• 30 h: Written version of the talk</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Knowledge in algebraic geometry
<b>Lehrinhalte</b>	Talks on current research subjects in algebraic geometry
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Professional competence:</b> (MK1, MF3, MO2)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Learning about current research subjects and results in algebraic geometry</li> </ul> <p><b>Competence in methods:</b> (MF1, MF3, MO3)</p> <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> <p><b>Personal competence:</b> (MO1, MO4)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ordering the material well and putting up a scientific talk and presenting it</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Blackboard as well as beamer
<b>Begleitende Literatur</b>	Relevant books and research papers
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminar talks of the participants
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Seminar talk
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	-
<b>Sprache</b>	English
<b>Angebotsturnus</b>	Regular
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Claus Hertling, PD Dr. Thomas Reichelt
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Claus Hertling, PD Dr. Thomas Reichelt
<b>Dauer des Moduls</b>	1 semester

<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Mathematics in Business and Economics, M.Sc. Mathematics, Doctoral students
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	3./4. semester

## MAS 553: Seminar Lie Algebren

<b>Modulnummer</b>	MAS 553
<b>Titel</b>	Seminar Lie Algebren / <i>Seminar Lie Algebras</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Seminar Mathematik
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)</p> <p><b>Eigenstudium:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 62 h: Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 30 h: Schriftlich Ausarbeitung des Vortrags</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Grundvorlesungen, Algebra
<b>Lehrinhalte</b>	Darstellungen von Lie-Algebren, Nilpotente und auflösbare Lie-Algebren, Satz von Lie, Cartan-Kriterium, Satz von Weyl, Wurzelraumzerlegung
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Studierenden verfügen über vertiefte Fachkenntnisse auf dem Gebiet des Seminars (MK1, MK2)</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eigenständig mit mathematischer Literatur umgehen, Texte lesen und verdauen, Material auswählen und in eigener Weise wiedergeben (BF6, BO4)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <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 (<math>\text{\LaTeX}</math>)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Tafelschrieb, Präsentationen mit Beamer, schriftliche Ausarbeitungen
<b>Begleitende Literatur</b>	James E. Humphreys - <i>Introduction to Lie algebras and representation theory</i>
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Vortrag und schriftliche Ausarbeitung
<b>Prüfungsvorleistung</b>	-
<b>Prüfungsdauer</b>	-
<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Unregelmäßig

<b>Lehrende/r</b>	Dr. Thomas Reichelt
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dr. Thomas Reichelt
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	1./3. Fachsemester

## MAS 555: Seminar zu Definitheit

<b>Modulnummer</b>	MAS 555
<b>Titel</b>	Seminar zu Definitheit / <i>Seminar on Definitness</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Seminar
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Seminar Mathematik
<b>Modulniveau</b>	Bachelor
<b>ECTS</b>	4
<b>Arbeitsaufwand</b>	<p><b>Präsenzstudium:</b> 28 h pro Semester (2 SWS)</p> <p><b>Eigenstudium:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 36 h: Einarbeitung in das Thema</li> <li>• 36 h: Inhaltliche Vorbereitung des Vortrags</li> <li>• 20 h: Ausarbeitung einer Präsentation mittels <math>\text{\LaTeX}</math> und Tafelanschrieb</li> </ul>
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Quantum Computing oder Harmonic Analysis on Semigroups
<b>Lehrinhalte</b>	Aspekte der Definitheit
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	<p><b>Fachkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der Kenntnis über und Anwendung des Konzepts "Definitheit" (BK1)</li> </ul> <p><b>Methodenkompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen, wann Definitheit auftritt (BF1)</li> <li>• Erkennen der Grenzen des Konzepts "Definitheit" (BF1)</li> <li>• Erkennen der praktischen Bedeutung des Konzepts "Definitheit" (BF2, BF3)</li> </ul> <p><b>Personale Kompetenz:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikationsfähigkeit (BO1)</li> <li>• Strategien zur Lösung von Problemen im Bereich "Definitheit" (BO3)</li> <li>• Fähigkeit zur verständlichen Präsentation wissenschaftlicher Sachverhalte (BO4)</li> <li>• Fähigkeit zum Computersatz zur Erstellung mathematischer Texte (<math>\text{\LaTeX}</math>)</li> </ul>
<b>Medienformen</b>	Präsentation mit Beamer
<b>Begleitende Literatur</b>	Gemäß den jeweiligen Themen
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Seminarvorträge der teilnehmenden Studierenden
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Vortrag und Folien der Präsentation
<b>Prüfungsvorleistung</b>	Inhaltliche Vorbereitung zu und Wahrnehmung eines Beratungsgesprächs mindestens 3 Tage vor dem Vortrag
<b>Prüfungsdauer</b>	-

<b>Sprache</b>	Deutsch
<b>Angebotsturnus</b>	Voraussichtlich 2-jährlich ab FSS 26
<b>Lehrende/r</b>	Prof. Dr. Martin Schlather
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Prof. Dr. Martin Schlather
<b>Dauer des Moduls</b>	1 Semester
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	B.Sc. Wirtschaftsmathematik, Lehramt Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	6. Fachsemester

# Masterarbeit

## MAM 650: Masterarbeit

<b>Modulnummer</b>	MAM 650
<b>Titel</b>	Masterarbeit / <i>Master Thesis</i>
<b>Form der Veranstaltung</b>	Abschlussarbeit
<b>Typ der Veranstaltung</b>	Abschlussarbeit
<b>Modulniveau</b>	Master
<b>ECTS</b>	30
<b>Vorausgesetzte Kenntnisse</b>	Lehrveranstaltungen des Masterstudiengangs Wirtschaftsmathematik im Umfang von mindestens 60 ECTS
<b>Lehrinhalte</b>	Die Studierenden bearbeiten selbstständig ein Thema aus einem Spezialgebiet der Mathematik, der Wirtschaftsmathematik, der Ökonometrie/Statistik oder der Kryptographie/Komplexitätstheorie
<b>Lern- und Kompetenzziele</b>	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)
<b>Begleitende Literatur</b>	Variiert je nach Thema der Masterarbeit
<b>Lehr- und Lernmethoden</b>	Selbstständige schriftliche Bearbeitung eines Themas
<b>Art der Prüfungsleistung</b>	Schriftliche Abschlussarbeit, 30–100 Seiten
<b>Prüfungsdauer</b>	6 Monate
<b>Sprache</b>	Deutsch/Englisch
<b>Angebotsturnus</b>	FSS, HWS
<b>Lehrende/r</b>	Dozenten der Fakultät
<b>Modulverantwortliche/r</b>	Dozenten der Fakultät
<b>Dauer des Moduls</b>	6 Monate
<b>Weiterführende Module</b>	-
<b>Verwendbarkeit</b>	M.Sc. Wirtschaftsmathematik, M.Sc. Mathematik
<b>Einordnung in Fachsemester</b>	4. Fachsemester

# 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.

## Fertigkeiten

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.