

---

**Modulhandbuch**  
**Mathematics - Master's Programme**  
im Sommersemester 2022  
erstellt am 26/04/24

---

<b>mat510 - Fourier Analysis</b>	6
<b>mat515 - Functional Analysis II</b>	8
<b>mat525 - Non-Linear Functional Analysis</b>	9
<b>mat530 - Topology</b>	10
<b>mat535 - Global Analysis</b>	11
<b>mat536 - Global Analysis</b>	12
<b>mat538 - Singular Analysis</b>	13
<b>mat540 - Differential Geometry</b>	14
<b>mat542 - Complex Geometry</b>	16
<b>mat543 - Selected Topics in Geometry</b>	17
<b>mat545 - Complex Analysis II</b>	18
<b>mat550 - Spectral Theory of Differential Operators</b>	19
<b>mat555 - Partial Differential Equations I</b>	20
<b>mat560 - Partial Differential Equations II</b>	21
<b>mat565 - Non-Linear Partial Differential Equations</b>	22
<b>mat570 - Dynamical Systems</b>	23
<b>mat575 - Modelling with Partial Differential Equations</b>	24
<b>mat579 - Selected Topics in Analysis</b>	25
<b>mat595 - Numerical Methods for Partial Differential Equations</b>	26
<b>mat597 - Numerical Methods for Partial Differential Equations with Uncertainties</b>	28
<b>mat599 - Selected Topics in Numerical Analysis</b>	30

---

<b>mat605 - Seminar in Analysis</b>	31
.....	
<b>mat610 - Seminar in Modelling</b>	32
.....	
<b>mat615 - Seminar in Numerical Analysis</b>	33
.....	
<b>mat705 - Algebraic Number Theory</b>	34
.....	
<b>mat710 - Algorithmic Number Theory</b>	35
.....	
<b>mat715 - Algebraic Curves and Functions</b>	37
.....	
<b>mat720 - Elliptic Curves</b>	38
.....	
<b>mat725 - Arithmetic Duality</b>	40
.....	
<b>mat730 - Coding Theory</b>	41
.....	
<b>mat735 - Complex Multiplication</b>	42
.....	
<b>mat740 - Mathematical Cryptology</b>	43
.....	
<b>mat745 - Modular Forms</b>	45
.....	
<b>mat750 - Commutative Algebra</b>	46
.....	
<b>mat755 - Topics in Algebraic Geometry</b>	47
.....	
<b>mat760 - Special Topics in Number Theory</b>	48
.....	
<b>mat765 - Computer Algebra</b>	49
.....	
<b>mat770 - Seminar Algebra and Number Theory</b>	51
.....	
<b>mat775 - Analytic Number Theory</b>	52
.....	
<b>mat779 - Selected Topics in Algebra</b>	53
.....	
<b>mat785 - Representation Theory</b>	54
.....	
<b>mat805 - Actuarial Mathematics I</b>	56
.....	
<b>mat806 - Actuarial Mathematics II</b>	57
.....	
<b>mat810 - Quantitative Risk Management</b>	58
.....	

---

<b>mat811 - Quantitative Risk Analysis</b>	59
<b>mat816 - Quantitative Risk Analysis</b>	61
<b>mat819 - Special topics in stochastics</b>	62
<b>mat820 - Stochastic Analysis and continuous-time Financial Mathematics</b>	63
<b>mat825 - Stochastic Processes and Finance</b>	64
<b>mat826 - Statistics of Financial Markets</b>	65
<b>mat827 - Actuarial statistics</b>	67
<b>mat829 - Special topics in actuarial and financial mathematics</b>	69
<b>mat830 - Linear Models / Regression</b>	70
<b>mat837 - Extreme Value Statistics and Applications</b>	71
<b>mat839 - Time Series Models resp. State Space Models</b>	73
<b>mat840 - Monte Carlo Methods</b>	75
<b>mat843 - Elements of Multivariate Statistics</b>	76
<b>mat845 - Spatial Statistics</b>	78
<b>mat847 - Elements of Exploratory Data Analysis, Robust Statistics, and Diagnostics</b>	79
<b>mat849 - Statistical Algorithms</b>	81
<b>mat850 - Asset Liability Management</b>	82
<b>mat857 - Stochastic Models in Finance</b>	83
<b>mat860 - Advanced Topics in Stochastic Modelling</b>	84
<b>mat865 - Advanced Topics in Statistics</b>	85
<b>mat870 - Seminar in Statistics</b>	87
<b>mat875 - Seminar in Actuarial Mathematics, Probability and Statistics</b>	

---

.....	89
<b>mat880 - Seminar in Mathematical Finance</b>	
.....	90
<b>mat905 - Selected Topics in Mathematics</b>	
.....	91
<b>pb - Professionalisierung</b>	
.....	92
<b>mam - Master's Thesis Module</b>	
.....	93

# Mastermodule

## mat510 - Fourier Analysis

<b>Module label</b>	Fourier Analysis
<b>Modulkürzel</b>	mat510
<b>Credit points</b>	9.0 KP
<b>Workload</b>	270 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>

**Prerequisites**

**Skills to be acquired in this module**

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken
- Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik
- Beherrschen der Grundbegriffe der Fourieranalysis wie etwa Fourierkoeffizient, Fourierreihe, Dirichlet-, Poisson- und Fejerkerne, Fourier-Transformation, Fourierinversion, ...
- Kennenlernen verschiedenster Konvergenzsätze in verschiedenen Funktionenräumen -
- ennenlernen verschiedener Rahmenbedingungen, in denen Fourieranalysis betrieben werden: für periodische Funktionen, für Funktionen auf dem  $\mathbb{R}^n$ , für Funktionen auf Gruppen, ...
- Kennenlernen von Anwendungen dazu - etwa der Physik durch Modellierung realer Prozesse
- Erkennen inhaltlicher Zusammenhänge zu anderen klassischen Gebieten der Analysis, etwa Funktionalanalysis, Theorie partieller Differentialgleichungen, Wahrscheinlichkeitstheorie, Zahlentheorie, ...

<b>Module contents</b>	Grundlegende Definitionen und Techniken, der Satz von Fejer und seine Varianten, Hilbertraum-Methoden, Konvergenz von Fourier-Reihen in Funktionenräumen, die Fourier-Transformation in $\mathbb{R}^N$ , abstrakte Konzepte wie etwa: harmonische Analysis oder Banachalgebren
------------------------	--

<b>Literaturempfehlungen</b>	Edwards, D.A.: Fourier series I, II, Springer Katznelson, Y.: An Introduction to Harmonic Analysis, Cambridge Math. Library Körner, T.W.: Fourier Analysis, Cambridge University Press Rudin, W.: Real and Complex Analysis, Mc Graw-Hill Stein E.M., Shakarchi, R.: Fourier Analysis -- an Introduction, Princeton U. Press
------------------------------	---

<b>Links</b>	
<b>Languages of instruction</b>	German, English
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig
<b>Module capacity</b>	unlimited
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		4	--	56

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>84 h</b>

---

## mat515 - Functional Analysis II

<b>Module label</b>	Functional Analysis II			
<b>Modulkürzel</b>	mat515			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Vertiefung der Funktionalanalysis durch ausgewählte Kapitel</li> <li>• Zugewinn an abstrakten analytischer Werkzeugen, die nicht zwingend an eine spezifische Problemstellung geknüpft sind</li> <li>• Zugewinn an allgemeinem analytischen Abstraktionsvermögen und damit auch ein mehr an Verständnis für die Analysis als Ganzes</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Weiterführende Themen der Funktionalanalysis, z.B.: Spektraltheorie beschränkter und unbeschränkter Operatoren, schwache Topologien, Banachraumtheorie, Theorie lokalkonvexer Räume, Operatorhalbgruppen, Banachalgebren, $C^*$ -Algebren, ...			
<b>Literaturempfehlungen</b>	D. Werner, Funktionalanalysis, Springer Verlag W. Rudin: Functional Analysis, McGraw-Hill Book Co. M. Reed, B. Simon: Methods of modern mathematical physics-functional analysis, Academic Press R. Meise, D. Vogt: Funktionalanalysis, Vieweg Verlag G.J. Murphy: $C^*$ -Algebras and Operator Theory, Academic Press G. Köthe: Topological vector spaces, I, II, Springer Grundlehren, 1966-1979			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A			
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		4	--	56
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				84 h

## mat525 - Non-Linear Functional Analysis

<b>Module label</b>	Non-Linear Functional Analysis			
<b>Modulkürzel</b>	mat525			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Vertrautheit mit topologischen Methoden zum Beweis von Existenzaussagen</li> <li>• Kennenlernen der Anwendung abstrakter Methoden auf nichtlineare Probleme</li> <li>• Eng verwandt mit den Modulen Funktionalanalysis, Elementare Methoden der partiellen Differentialgleichungen, Theorie der partiellen Differentialgleichungen, Nichtlineare partielle Differentialgleichungen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	<p>Aufbauend auf Grundkenntnissen der Funktionalanalysis werden Nichtlineare Abbildungen zwischen Banachräumen untersucht. Nach Einführung der Grundbegriffe wie Gateaux- und Frechetdifferenzierbarkeit behandeln wir u.a.: Lokale Auflösbarkeit nichtlinearer Gleichungen (Satz über implizite Funktionen in Banachräumen), Fredholmtheorie, Liapunov-Schmidt-Reduktion und Verzweigungen, Fixpunktsätze (Brouwer, Schauder, Kakutani), Indextheorie. Parallel zur Theorie werden Anwendungen betrachtet, z.B. zu nichtlinearen partiellen Differentialgleichungen und aus der Spieltheorie und Ökonomie.</p>			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Appell, J. and Văth, M., Elemente der Funktionalanalysis, Vieweg, 2005  Werner, D., Funktionalanalysis, Springer, 2007  Zeidler. E., Nonlinear Functional Analysis, Springer, 1985  Drábek, P. und Milota, J., Methods of Nonlinear Analysis, Birkhäuser</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

## mat530 - Topology

<b>Module label</b>	Topology
<b>Modulkürzel</b>	mat530
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>

### Prerequisites

### Skills to be acquired in this module

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken
- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik
- Kennenlernen grundlegender Strukturen der Mathematik, zum Beispiel initiale und finale Objekte
- Kennenlernen von Invarianten und Verständnis für deren Bedeutung bei Problemlösungen
- Enge Bezüge zur Globalen Analysis und algebraischen Geometrie

### Module contents

- Mengentheoretische Topologie: Topologische Räume, stetige Abbildungen, Produkte und Quotienten, Zusammenhang und Kompaktheit
- Algebraische Topologie: Fundamentalgruppe, singuläre und/oder simpliziale Homologie

<b>Literaturempfehlungen</b>	B. von Querenburg, Mengentheoretische Topologie, Springer N. Bourbaki, General Topology, Springer A. Hatcher, Algebraic Topology, Cambridge U. Press J. J. Rotman, An Introduction to Algebraic Topology
------------------------------	---

### Links

<b>Languages of instruction</b>	German, English
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig
<b>Module capacity</b>	unlimited
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A/B (In jedem der Studienschwerpunkte A und B werden 3 KP angerechnet.)

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat535 - Global Analysis

<b>Module label</b>	Global Analysis			
<b>Modulkürzel</b>	mat535			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kenntnis der Grundbegriffe der Analysis auf Mannigfaltigkeiten wie Tangentialraum, Vektorfelder, Lie-Klammer, Tensoren</li> <li>• Verständnis des Wechselspiels von Analysis, Geometrie und Topologie, z.B. Verständnis für die Rolle von Differentialformen für geometrische und topologische Fragestellungen</li> <li>• Enge Beziehungen zu Differentialgeometrie, algebraischer Topologie, Beziehungen zu partiellen Differentialgleichungen, komplexer Geometrie</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Grundlagen: Differentialformen, allgemeiner Satz von Stokes, de Rham-Kohomologie, Weitere Themen, z.B.: Sätze von de Rham und Hodge, Vektorbündel, Symplektische Geometrie, Lie-Gruppen, Satz von Frobenius, Satz von Chern-Gauß-Bonnet			
<b>Literaturempfehlungen</b>	Jost, J.: Riemannian Geometry and Geometric Analysis; Springer Agricola, I. und Friedrich, T.: Globale Analysis; Vieweg Milnor, J.W.: Topology from the Differentiable Viewpoint, Princeton U. Press			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	regelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		4	--	56
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>84 h</b>

## mat536 - Global Analysis

<b>Module label</b>	Global Analysis			
<b>Modulkürzel</b>	mat536			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Vertieftes Verständnis des Wechselspiels von Analysis, Geometrie und Topologie</li> <li>• Enge Beziehungen zu Differentialgeometrie, algebraischer Topologie, partiellen Differentialgleichungen, komplexer Geometrie</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Vertiefende Themen der Globalen Analysis, z.B. Indextheorie, charakteristische Klassen, Dirac-Operatoren, Morse-Theorie			
<b>Literaturempfehlungen</b>	R. Bott, L.W. Tu: Differential Forms in Algebraic Topology H.B. Lawson, M.-L. Michelsohn: Spin Geometry, Princeton Univ. Press N. Berline, E. Getzler, M. Vergne: Heat Kernels and Dirac Operators, Springer			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>			<b>Type of examination</b>
<b>Final exam of module</b>			KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		4	--	56
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>84 h</b>

## mat538 - Singular Analysis

<b>Module label</b>	Singular Analysis
<b>Modulkürzel</b>	mat538
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> </ul>
<b>Prerequisites</b>	
<b>Skills to be acquired in this module</b>	

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken
- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik
- Kennenlernen des Wechselspiels von Geometrie und Analysis in der Behandlung singulärer Probleme
- Verständnis für die Rolle von blow-ups in Problemen, in denen mehrere Skalierungen eine Rolle spielen
- Enge Bezüge zu partiellen Differentialgleichungen, Globaler Analysis, Differentialgeometrie

### Module contents

- Grundlegende Methoden der Singulären Analysis: Asymptotik, blow-up, Pushforward Theorem und singular asymptotics Lemma
- weitere Themen, z.B.: b-Kalkül, Laplace Operator auf einem Kegel, das regulär-singulare Sturm Liouville Problem, limit point und limit circle Fälle, die maximale und minimale abgeschlossene Erweiterung.

<b>Literaturempfehlungen</b>	R. Melrose, The Atiyah-Patodi Singer Index theorem AK Peters D. Grieser, Basics of the b-calculus, online <a href="https://arxiv.org/abs/math/0010314">https://arxiv.org/abs/math/0010314</a>
------------------------------	---

### Links

<b>Languages of instruction</b>	German, English
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig
<b>Module capacity</b>	unlimited
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SoSe oder WiSe	42
Exercises		1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat540 - Differential Geometry

<b>Module label</b>	Differential Geometry	
<b>Modulkürzel</b>	mat540	
<b>Credit points</b>	9.0 KP	
<b>Workload</b>	270 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kenntnis der geometrischen Grundbegriffe zu Kurven und Flächen wie erste und zweite Fundamentalform, Krümmungsbegriffe, kovariante Ableitung, Parallelverschiebung, Geodätische</li> <li>• Kenntnis der Grundbegriffe der Analysis auf Mannigfaltigkeiten wie Tangentialraum, Vektorfelder, Lie-Klammer, Tensoren</li> <li>• Kenntnis der Grundbegriffe der Riemannschen Geometrie, wie Levi-Civita Zusammenhang, Riemannscher Krümmungstensor</li> <li>• Kennenlernen und Verstehen des Zusammenspiels von Differentialrechnung und Linearer Algebra in der Untersuchung gekrümmter Kurven und Flächen sowie Riemannscher Mannigfaltigkeiten</li> <li>• Verstehen des Unterschieds von innerer und äußerer Geometrie</li> <li>• Kenntnis fundamentaler Sätze wie Theorema Egregium, Satz von Gauß-Bonnet</li> <li>• Fähigkeit zum Rechnen sowohl in lokalen Koordinaten als auch mit invarianten Größen</li> <li>• Erkennen inhaltlicher Zusammenhänge zu Themen der Analysis I-III und der Linearen Algebra</li> <li>• Enge Beziehungen zu komplexer Geometrie, globaler Analysis</li> </ul>	
<b>Module contents</b>	<p>Wie berechnet man, wie stark eine Kurve oder Fläche 'gekrümmt' ist?          Warum muss jede ebene Landkarte eines Gebietes auf der Erde verzerrt sein?          Wie bestimmt man für zwei Punkte auf einer Fläche die kürzeste Verbindungslinie, die innerhalb der Fläche verläuft?          Themen im Einzelnen: Kurven und Flächen im Raum: Krümmung und Torsion von Kurven; 1. und 2. Fundamentalform sowie Gauß- und mittlere Krümmung von Flächen, innere Geometrie von Flächen, Theorema egregium von Gauß, Parallelverschiebung, Geodätische, Satz von Gauß-Bonnet, Riemannsche Mannigfaltigkeiten, Tensoren, kovariante Ableitung, Riemannscher Krümmungstensor</p>	
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>W. Kühnel, Differentialgeometrie, Springer Spektrum          M. do Carmo, Differentialgeometrie von Kurven und Flächen, Springer Vieweg          M. do Carmo, Riemannian Geometry, Birkhäuser          C. Bär, Elementare Differentialgeometrie, de Gruyter          B. O'Neill, Semi-Riemannian Geometry, Birkhäuser</p>	
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	regelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A	
<b>Examination</b>	Prüfungszeiten	Type of examination
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		4	--	56
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>84 h</b>

## mat542 - Complex Geometry

<b>Module label</b>	Complex Geometry
<b>Modulkürzel</b>	mat542
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> </ul>

### Prerequisites

### Skills to be acquired in this module

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken
- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik
- Verständnis für das Zusammenwirken holomorpher und differentialgeometrischer Strukturen
- Enge Bezüge zur Differentialgeometrie und zur algebraischen Topologie, Bezüge zu nicht-linearen partiellen Differentialgleichungen

### Module contents

- Einführung in komplexe Mannigfaltigkeiten, holomorphe Vektorbündel, Chern und Levi-Civita Zusammenhang, erste Chern Klasse, Kähler Mannigfaltigkeiten, Ricci Krümmung, Calabi-Yau Vermutung, Kähler-Einstein Metriken, Kodaira Einbettungstheorem, Kähler hyperbolische Räume
- Ausblick auf die Chern Weil Theorie und charakteristische Klassen, Ricci Fluss auf Kähler Mannigfaltigkeiten

<b>Literaturempfehlungen</b>	R.O. Wells, Differential Analysis on Complex Manifolds, Springer P. Griffiths, J. Harris, Principles of Algebraic Geometry, Wiley
------------------------------	--

### Links

<b>Languages of instruction</b>	German, English
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig
<b>Module capacity</b>	unlimited
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SoSe oder WiSe	42
Exercises		1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat543 - Selected Topics in Geometry

<b>Module label</b>	Selected Topics in Geometry			
<b>Modulkürzel</b>	mat543			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in der aktuellen Forschung der Geometrie</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Vertiefende Themen der Geometrie			
<b>Literaturempfehlungen</b>	wird je nach Thema bekanntgegeben			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	3	SoSe oder WiSe	42
Seminar or exercise	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat545 - Complex Analysis II

<b>Module label</b>	Complex Analysis II			
<b>Modulkürzel</b>	mat545			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Bezüge zur komplexen Geometrie und ggf. zur Zahlentheorie</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Vertiefende Themen der Funktionentheorie, z.B.: Weierstrassscher Produktsatz, elliptische Funktionen, Satz von Mittag-Leffler; holomorphe Funktionen im $C^n$ , Satz von Hartogs, Riemannscher und Hartogs'scher Fortsetzungssatz, Holomorphiegebiete, d-quer-Problem, plurisubharmonische Funktionen. Pseudokonvexität, Levi-Problem, Cousin-Probleme			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>W. Rudin: Reelle und Komplexe Analysis, Oldenbourg Verlag  T. Ransford: Potential theory in the complex plane; London Math. Soc., Student Texts 28, 1995  L.L. Helms: Introduction to Potential theory, Wiley, New York , 1969  J. Wermer: Potential Theory, Springer Lecture Notes 408 , 1974  D.H. Armitage, S.J. Gardiner: Classical Potential Theory, Springer Monographs in Math., 2001  P. Pflug: Holomorphiegebiete, pseudokonvexe Gebiete und das Levi-Problem, Lecture Notes in Math. 432 , 1975  M. Range: Holomorphic functions and integral representations in several complex variables, graduate text in Math. 1986  R. Narasimhan: Several complex variables, University of Chicago Press , 1971  S.G. Krantz: Function theory of several complex variables, Wadsworth &amp; Brooks, 1992  T. Ohsawa: Analysis of Several Complex Variables, Translation of Math. Monographs, 211, 2002</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		4	--	56
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				84 h

## mat550 - Spectral Theory of Differential Operators

<b>Module label</b>	Spectral Theory of Differential Operators			
<b>Modulkürzel</b>	mat550			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Shestakov, Ivan (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Verständnis für das Zusammenspiel von Analysis (Spektrum des Laplace-Operators) und Geometrie</li> <li>• Enge Beziehung zu Globale Analysis I und II</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Spektralsatz für beschränkte Operatoren; Spektraltheorie linearer elliptischer Operatoren, z.B. Laplace-Operator auf Gebieten im $\mathbb{R}^n$ ; diskretes und stetiges Spektrum; Eigenwertasymptotik; Eigenwertungleichungen; Abhängigkeit des Spektrums vom Gebiet; inverses Spektralproblem; Bedeutung des Spektrums in Physik und Anwendungen			
<b>Literaturempfehlungen</b>	Chavel, I.: Eigenvalues in Riemannian Geometry, Academic Press 1984 Reed, M. und Simon, B.: Methods of modern mathematical physics, Academic Press 1979			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat555 - Partial Differential Equations I

<b>Module label</b>	Partial Differential Equations I		
<b>Modulkürzel</b>	mat555		
<b>Credit points</b>	9.0 KP		
<b>Workload</b>	270 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Befähigung zur Klassifikation und Verständnis der grundlegenden Eigenschaften einfacher partieller Differentialgleichungen (linear, konstante Koeffizienten)</li> <li>• Anwendung der Fourierentwicklung und -transformation, elementare Hilbertraummethode</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	Methode der Charakteristiken, Laplace-, Wärmeleitungs- und Wellengleichung als Prototypen für elliptische, parabolische und hyperbolische partielle Differentialgleichungen, Randwertprobleme, Separation der Variablen, Fouriertransformation, elementare Hilbertraummethode		
<b>Literaturempfehlungen</b>	L. C. Evans, Partial Differential Equations, AMS, 1998 G. B. Folland, Introduction to Partial Differential Equations, Princeton Univ. Press, 1995 S. Salsa, Partial differential equations in action, Springer 2008 B. Schweizer, Partielle Differentialgleichungen, Springer, 2013 M.E. Taylor, Partial differential equations I, Springer 1996.		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	regelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		4	--
Exercises		2	--
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>			84 h

## mat560 - Partial Differential Equations II

<b>Module label</b>	Partial Differential Equations II			
<b>Modulkürzel</b>	mat560			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Verständnis von Methoden zur Behandlung allgemeiner linearer partieller Differentialgleichungen, inklusive Singularitäten; vertiefte Kenntnis funktionalanalytischer Methoden, z.B. Distributionen und Sobolev-Räume</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Distributionen, Sobolev-Räume, elliptische Randwertprobleme, Pseudodifferentialoperatoren			
<b>Literaturempfehlungen</b>	L. C. Evans, Partial Differential Equations, AMS, 1998 S. Salsa, Partial differential equations in action, Springer 2008 B. Schweizer, Partielle Differentialgleichungen, Springer, 2013.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		4	--	56
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>84 h</b>

## mat565 - Non-Linear Partial Differential Equations

<b>Module label</b>	Non-Linear Partial Differential Equations				
<b>Modulkürzel</b>	mat565				
<b>Credit points</b>	9.0 KP				
<b>Workload</b>	270 h				
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>				
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>				
<b>Prerequisites</b>					
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Grundlegendes Verständnis zu Phänomenen und Theorie nichtlinearer partieller Differentialgleichungen, insbesondere Evolutionsgleichungen, inklusive Grundbegriffen der Dynamik wie Stabilität und Langzeitverhalten</li> </ul>				
<b>Module contents</b>	Grundlegende Existenztheorie für nichtlineare partielle DGL. Spezielle Lösungen und Grundbegriffe der Dynamik wie Stabilität, Instabilität und Langzeitasymptotik an Hand ausgewählter Prototypen. Beispiele sind etwa KPP und Burgersgleichung als Prototypen für nichtlineare parabolische Probleme bzw. Klein-Gordon, KdV und NLS-Gleichungen für den hyperbolischen Fall.				
<b>Literaturempfehlungen</b>	L. C. Evans, Partial Differential Equations, AMS, 1998 M. Renardy and R.C.Rogers, An Introduction to partial differential equations, Springer, 1993 J. C. Robinson, Infinite-dimensional dynamical systems, Cambridge University Press 2001 G. Schneider und H. Uecker, Nonlinear PDE - a dynamical systems perspective, AMS 2017 B. Schweizer, Partielle Differentialgleichungen, Springer, 2013				
<b>Links</b>					
<b>Languages of instruction</b>	German, English				
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester				
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig				
<b>Module capacity</b>	unlimited				
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C				
<b>Examination</b>	Prüfungszeiten		Type of examination		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance	
Lecture		4	--	56	
Exercises		2	--	28	
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>					84 h

## mat570 - Dynamical Systems

<b>Module label</b>	Dynamical Systems			
<b>Modulkürzel</b>	mat570			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kenntnis der grundlegenden mathematischen Theorie Dynamischer Systeme und ihrer Anwendungen, insbesondere der Begriffe Stabilität/Instabilität, Attraktor und reguläre und chaotische Dynamik und der damit verbundenen Phänomene.</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Diskrete dynamische Systeme, ein- und mehrdimensionale Iterationen, Bifurkation und Chaos. Dynamik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Omega-Limes Mengen, Attraktoren, dissipative und Hamilton'sche Systeme.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>R.L. Devaney. An Introduction to chaotic dynamical systems, Addison-Wesley Publishing Company, 1989.</p> <p>J.K. Hale/H. Kocak. Dynamics and bifurcations, Springer-Verlag, 1991.</p> <p>K.R. Meyer/ G.R. Hall. Introduction to Hamiltonian dynamical systems and the N-Body problem, Applied Mathematical Sciences, 90. Springer-Verlag, 1992.</p> <p>F. Verhulst. Nonlinear differential equations and dynamical systems. Springer-Verlag, Berlin 1996.</p> <p>S. Wiggins. Global bifurcations and chaos. Analytical methods. Applied Mathematical Sciences, 73. New York etc.: Springer-Verlag 1988.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C			
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat575 - Modelling with Partial Differential Equations

<b>Module label</b>	Modelling with Partial Differential Equations			
<b>Modulkürzel</b>	mat575			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kenntnis grundlegender partiellen Differentialgleichungsmodelle aus der Naturwissenschaft, Fähigkeit zur Modellanalyse (Existenz- und Stabilitätsfragen, Bifurkation, Langzeitverhalten für Evolutionsgleichungen), Fähigkeit zu eigener Modellierung mit partiellen Differentialgleichungen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Wir betrachten ausgewählte partielle Differentialgleichungen bzw insbesondere Differentialgleichungssysteme. Neben klassischer Theorie wie Existenz- und Eindeutigkeit von Lösungen werden auch die zu Grunde liegenden Modellierungen sowie die Anwendungen im jeweiligen Umfeld behandelt. Beispiele sind etwa Reaktions-Diffusionssysteme, Navier-Stokes-Gleichungen, oder Maxwellgleichungen.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	Fowler, A. C., Mathematical models in the applied sciences, Cambridge University Press, 1997 Temam, R. and Miranville, A. M., Mathematical modelling in continuum mechanics, Cambridge University Press, 2005 Jones, D. S. and Plank, M. J. and Sleeman, B. D., Differential equations and mathematical biology. Chapman & Hall, 2010 Murray, J. D., Mathematical biology, Springer, 1989 Schneider, G. and Uecker, H., Nonlinear PDE - a dynamical systems perspective, AMS 2017 Schweizer, B., Partielle Differentialgleichungen, Springer, 2013			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

## mat579 - Selected Topics in Analysis

<b>Module label</b>	Selected Topics in Analysis			
<b>Modulkürzel</b>	mat579			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in der aktuellen Forschung der Analysis</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Vertiefende Themen der Analysis			
<b>Literaturempfehlungen</b>	Literaturempfehlungen wird je nach Thema bekanntgegeben.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	3	SoSe oder WiSe	42
Seminar or exercise	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

---

## mat595 - Numerical Methods for Partial Differential Equations

<b>Module label</b>	Numerical Methods for Partial Differential Equations
<b>Modulkürzel</b>	mat595
<b>Credit points</b>	9.0 KP
<b>Workload</b>	270 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li></ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Chernov, Alexey (module responsibility)</li></ul>
<b>Prerequisites</b>	
<b>Skills to be acquired in this module</b>	

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Erwerb vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen
- Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software
- Beherrschen der Analyse und Komplexität von Algorithmen
- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik
- Erwerb von grundlegenden numerischen Methoden zum Lösen partieller Differentialgleichungen
- Verständnis von grundlegenden numerischen Verfahren und ihren Konvergenzeigenschaften
- Fähigkeit zur Entwicklung und Implementation von Algorithmen zum Lösen partieller Differentialgleichungen
- Erweiterung des im Bachelorstudium erworbenen Wissens durch Vertiefung in einem weiterführenden mathematischen Gebiet
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens aus den Bereichen der theoretischen Analysis, angewandten Mathematik und des wissenschaftlichen Rechnens
- Querverbindungen zu den Modulen: Einführung in die Numerik, Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen, Elementare Methoden der partiellen Differentialgleichungen, Theorie der partiellen Differentialgleichungen
- Inhaltliche Querverbindungen: Numerische Approximation von Funktionen, Interpolation und Projektion, Stabilität und Konvergenz von Algorithmen, Partielle Differentialgleichungen, Distributionen, Zeitschrittverfahren

---

### Module contents

- Mathematische Modelle mit partiellen Differentialgleichungen 2. Ordnung
- Finite-Differenzen-Methode für die Poisson Gleichung: Konstruktion, Fehleranalyse und Implementierung
- Analysis abstrakter variationeller Formulierungen, allgemeine Fehleranalyse
- Finite-Elemente-Methode für die Poisson Gleichung: Konstruktion, Datenstrukturen und Implementierung, Fehleranalyse
- Adaptive Finite-Elemente-Methode
- Numerische Verfahren für die Wärmeleitungsgleichung: Linienmethode, Zeitschrittverfahren
- Numerische Verfahren für hyperbolische Probleme

---

### Literaturempfehlungen

S.C. Brenner, L.R. Scott: The Mathematical Theory of Finite Element Methods, Springer Verlag, 2008  
D. Braess: Finite Elemente: Theorie, schnelle Löser und Anwendungen in der Elastizitätstheorie, Springer Verlag, 2013  
W. Hackbusch: Theorie und Numerik elliptischer Differentialgleichungen, Springer Verlag, 2017  
P. Knabner, L. Angermann: Numerik partieller Differentialgleichungen. Eine anwendungsorientierte Einführung, Springer Verlag, 2000  
G. Dziuk: Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen, de Gruyter Verlag, 2010

---

---

**Links**

<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	regelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		4	--	56
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				84 h

## mat597 - Numerical Methods for Partial Differential Equations with Uncertainties

<b>Module label</b>	Numerical Methods for Partial Differential Equations with Uncertainties
<b>Modulkürzel</b>	mat597
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chernov, Alexey (module responsibility)</li> </ul>
<b>Prerequisites</b>	
<b>Skills to be acquired in this module</b>	

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen
- Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software
- Beherrschen der Analyse und Komplexität von Algorithmen
- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik
- Kennenlernen eines modernen Forschungsgebiets der Numerik und angewandten Mathematik mit Komponenten der Stochastik
- Verständnis von weiterführenden numerischen Verfahren und ihren Konvergenzeigenschaften
- Fähigkeit zur Entwicklung und Implementation von Algorithmen zum Lösen partieller Differentialgleichungen mit stochastischen Parametern
- Erweiterung des im Masterstudium erworbenen Wissens durch Vertiefung in einem weiterführenden mathematischen Gebiet
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens aus den Bereichen der angewandten Mathematik, des wissenschaftlichen Rechnens und der Stochastik
- Inhaltliche Querverbindungen zu den Modulen: Numerik partieller Differentialgleichungen, Monte Carlo Methoden

### Module contents

- Zufallsfelder
- Monte Carlo Methoden für partielle Differentialgleichungen
- Stochastische Kollokations- und Galerkin-Methoden
- Numerik für hochdimensionale Probleme

### Literaturempfehlungen

R.G. Ghanem, P.D. Spanos: Stochastic finite elements: a spectral approach. Springer-Verlag, 1991  
 O.P. Le Maître, O.M. Knio: Spectral methods for uncertainty quantification. Springer, 2010  
 M.B. Giles: Multilevel Monte Carlo methods, Acta Numerica 24 (2015), 259–328  
 C. Schwab, C.J. Gittelsohn: Sparse tensor discretizations of high-dimensional parametric and stochastic PDEs, Acta Numerica 20 (2011), 291–467

### Links

<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	3	--	42
Seminar or exercise	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

## mat599 - Selected Topics in Numerical Analysis

<b>Module label</b>	Selected Topics in Numerical Analysis
<b>Modulkürzel</b>	mat599
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chernov, Alexey (module responsibility)</li> </ul>
<b>Prerequisites</b>	
<b>Skills to be acquired in this module</b>	

- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen
- Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software
- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik
- Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in der aktuellen Forschung der Numerik

<b>Module contents</b>	Vertiefende Themen der Numerik			
<b>Literaturempfehlungen</b>	wird je nach Thema bekanntgegeben.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	3	SoSe oder WiSe	42
Seminar or exercise	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat605 - Seminar in Analysis

<b>Module label</b>	Seminar in Analysis		
<b>Modulkürzel</b>	mat605		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>	Funktionalanalysis sowie je nach Themengebiet Mastermodule aus dem Bereich Analysis und Geometrie (wird jeweils bekanntgegeben)		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Erwerb von sozialen und beruflichen Kompetenzen, Schlüsselqualifikationen und Strategien zur Verhaltensänderung</li> <li>• Kompetenzen und Fähigkeiten in freier Rede, ausgewählten Gesprächstechniken und ausgewählten Moderations- und Präsentationstechniken</li> <li>• Vertiefte Kenntnis von und Fähigkeit im Umgang mit Informations-/Kommunikationstechnologien</li> <li>• Vertiefte Kenntnisse des Schreibens mathematisch-technischer Texte</li> <li>• Erwerb handlungsorientierter Fähigkeiten für die Kommunikation im beruflichen Alltag bei Präsentation, Vermittlung und Dokumentation von Inhalten</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Fähigkeiten in Zeitmanagement und Organisation</li> <li>• Befähigung zur selbstständigen Ausarbeitung und angemessenen Präsentation fortgeschrittener Themen der Analysis</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	ausgewählte fortgeschrittene Themen der Analysis		
<b>Literaturempfehlungen</b>	je nach gewähltem Thema		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	regelmäßig		
<b>Module capacity</b>	14		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>		SA	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar		
<b>SWS</b>	2		
<b>Frequency</b>	--		
<b>Workload Präsenzzeit</b>	28 h		

## mat610 - Seminar in Modelling

<b>Module label</b>	Seminar in Modelling
<b>Modulkürzel</b>	mat610
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> </ul>
<b>Prerequisites</b>	mat320 (Mathem.Modellierung) oder eine Vorlesung aus mat555 (Elementare Methoden der partiellen Differentialgleichungen), mat560 (Theorie der partiellen Differentialgleichungen), mat565 (Nichtlineare partielle Differentialgleichungen), mat570 (Dynamische Systeme), mat575 (Modellierung mit partiellen Differentialgleichungen)

### Skills to be acquired in this module

- Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Erwerb von sozialen und beruflichen Kompetenzen, Schlüsselqualifikationen und Strategien zur Verhaltensänderung
- Kompetenzen und Fähigkeiten in freier Rede, ausgewählten Gesprächstechniken und ausgewählten Moderations- und Präsentationstechniken
- Vertiefte Kenntnis von und Fähigkeit im Umgang mit Informations-/Kommunikationstechnologien
- Vertiefte Kenntnisse des Schreibens mathematisch-technischer Texte
- Erwerb handlungsorientierter Fähigkeiten für die Kommunikation im beruflichen Alltag bei Präsentation, Vermittlung und Dokumentation von Inhalten
- Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen
- Fähigkeiten in Zeitmanagement und Organisation
- Befähigung zur selbstständigen Ausarbeitung und angemessenen Präsentation fortgeschrittener Themen der Mathematischen Modellierung

<b>Module contents</b>	ausgewählte fortgeschrittene Themen der mathematischen Modellierung		
<b>Literaturempfehlungen</b>	je nach gewählttem Themenkreis		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C		
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination	
<b>Final exam of module</b>			SA
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar		
<b>SWS</b>	2		
<b>Frequency</b>	--		
<b>Workload Präsenzzeit</b>	28 h		

## mat615 - Seminar in Numerical Analysis

<b>Module label</b>	Seminar in Numerical Analysis
<b>Modulkürzel</b>	mat615
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chernov, Alexey (module responsibility)</li> </ul>
<b>Prerequisites</b>	je nach Themengebiet Mastermodule bzw. weiterführende Bachelormodule aus dem Bereich Numerik (wird jeweils bekanntgegeben), z.B. mat340 Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen und/oder mat595 Numerik partieller Differentialgleichungen und/oder mat350 Lineare und nichtlineare Optimierung

### Skills to be acquired in this module

- Beherrschen der Analyse und Komplexität von Algorithmen
- Erwerb von sozialen und beruflichen Kompetenzen, Schlüsselqualifikationen und Strategien zur Verhaltensänderung
- Kompetenzen und Fähigkeiten in freier Rede, ausgewählten Gesprächstechniken und ausgewählten Moderations- und Präsentationstechniken
- Vertiefte Kenntnis von und Fähigkeit im Umgang mit Informations-/Kommunikationstechnologien
- Vertiefte Kenntnisse des Schreibens mathematisch-technischer Texte
- Erwerb handlungsorientierter Fähigkeiten für die Kommunikation im beruflichen Alltag bei der Präsentation, Vermittlung und Dokumentation von Inhalten
- Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen
- Fähigkeiten in Zeitmanagement und Organisation
- Befähigung zur selbstständigen Ausarbeitung und angemessenen Präsentation fortgeschrittener Themen der Numerik

<b>Module contents</b>	Ausgehend von einer Vertiefungsvorlesung im Bereich Numerik behandelt das Seminar weiterführende Themen der numerischen Mathematik.	
<b>Literaturempfehlungen</b>	je nach gewähltem Thema	
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	regelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, C	
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination
<b>Final exam of module</b>	SA	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar	
<b>SWS</b>	2	
<b>Frequency</b>	--	
<b>Workload Präsenzzeit</b>	28 h	

## mat705 - Algebraic Number Theory

<b>Module label</b>	Algebraic Number Theory			
<b>Modulkürzel</b>	mat705			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Verständnis von grundlegenden Konzepten der algebraischen Zahlentheorie</li> <li>• Kenntnis der wichtigsten Strukturaussagen über Ringe von ganzen Zahlen algebraischer Zahlkörper, insbesondere die Kenntnis der Dedekindschen Idealtheorie und des Dirichletschen Einheitensatzes</li> <li>• Fähigkeit zum Formulieren und Bearbeiten zahlentheoretischer Probleme in Ringen ganzer Zahlen algebraischer Zahlkörper</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der aktuellen Forschung der algebraischen Zahlentheorie und ihrer Anwendungen</li> <li>• Exemplarisches Kennenlernen von weiterführenden Themen in der algebraischen Zahlentheorie wie zum Beispiel Henselsche Körper und Dedekindsche Zetafunktionen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Ganzalgebraische Ringerweiterungen, Dedekindringe, explizite Faktorisierung, Erweiterungen von Dedekindringen, Hilbertsche Verzweigungstheorie, Minkowski-Theorie, Klassenzahl, Dirichletscher Einheitensatz, quadratische Zahlkörper, zyklotomische Körper, lokale Körper. Optional: Henselsche Körper, Dedekindsche Zetafunktionen, Dirichletsche L-Reihen.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	H. Koch: Zahlentheorie, algebraische Zahlen und Funktionen, Vieweg 1997. S. Lang: Algebraic number theory, Springer 1994. D. Marcus: Number fields, Springer, 1996. J. Neukirch: Algebraische Zahlentheorie, Springer 2007. L. Washington : Introduction to cyclotomic fields, Springer 1997.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	2 Semester			
<b>Module frequency</b>	regelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	3 KP dieses Moduls werden als Reading Course erbracht. Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
Seminar		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>84 h</b>

## mat710 - Algorithmic Number Theory

<b>Module label</b>	Algorithmic Number Theory	
<b>Modulkürzel</b>	mat710	
<b>Credit points</b>	6.0 KP	
<b>Workload</b>	180 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software</li> <li>• Beherrschen der Analyse und Komplexität von Algorithmen</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li> <li>• Beherrschen von vertiefenden und weiterführenden Begriffen in der modernen algorithmischen Zahlentheorie sowie der Computeralgebra</li> <li>• Kenntnis zentraler Problemstellungen in der modernen arithmetischen Geometrie wie zum Beispiel der Invariantenberechnung für Zahlkörper und für elliptische Kurven</li> <li>• Kenntnis fortgeschrittener algorithmischer Verfahren und ihrer Implementierung, sowohl in Computeralgebrasystemen wie zum Beispiel MAGMA und SAGE, als auch in Software-Paketen wie zum Beispiel NTL und FLINT</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden mathematischen Themen in der aktuellen Forschung der algorithmischen Zahlentheorie und ihrer Anwendungen</li> </ul>	
<b>Module contents</b>	Algorithmische Methoden aus der algebraischen Zahlentheorie und aus der arithmetischen Geometrie, beispielsweise Invariantenberechnung für Zahlkörper und für elliptische Kurven.	
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>H. Cohen: A Course in Computational Algebraic Number Theory, Springer 2000.</p> <p>H. Cohen: Advanced Topics in Computational Number Theory, Springer 2000.</p> <p>Cohen, Frey, Avanzi, Doche, Lange, Nguyen, Vercauteren: Handbook of Elliptic and Hyperelliptic Curve Cryptography, Chapman &amp; Hall 2005.</p> <p>J. Cremona: Algorithms for Modular Elliptic Curves, Cambridge University Press 1997.</p> <p>M. Pohst und H. Zassenhaus: Algorithmic Algebraic Number Theory, Cambridge University Press, 1997.</p> <p>S. Schmitt und H.G. Zimmer: Elliptic Curves: A Computational Approach, de Gruyter, 2003.</p>	
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B	
<b>Examination</b>	Prüfungszeiten	Type of examination
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

## mat715 - Algebraic Curves and Functions

<b>Module label</b>	Algebraic Curves and Functions			
<b>Modulkürzel</b>	mat715			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kenntnis der wichtigsten Strukturaussagen über algebraische Funktionenkörper, insbesondere Kenntnis der Riemann-Roch-Theorie, der Verzweigungstheorie und der Theorie der Erweiterungen algebraischer Funktionenkörper</li> <li>• Fähigkeit der Vernetzung der Theorie algebraischer Funktionenkörper mit der algebraischen Zahlentheorie</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der aktuellen Forschung algebraischer Funktionenkörper und ihrer Anwendungen</li> <li>• Verständnis von grundlegenden Konzepten algebraischer Kurven, insbesondere Kenntnis von Modellen von Kurven</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Algebraische Funktionenkörper, Satz von Riemann-Roch, Differentiale. Erweiterungen algebraischer Funktionenkörper und Verzweigungstheorie. Zetafunktion und L-Polynom, Satz von Hasse-Weil. Algebraische Kurven, Konstruktion nichtsingulärer Modelle.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	D. Goldschmidt: Algebraic functions and projective curves, Springer 2003. G. Villa Salvador: Topics in the Theory of Algebraic Function Fields, Birkhäuser 2006. H. Stichtenoth: Algebraic Function Fields and Codes, Springer 2009. P. Cohn: Algebraic Numbers and Algebraic Integers, Chapman & Hall 1991			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	regelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat720 - Elliptic Curves

<b>Module label</b>	Elliptic Curves			
<b>Modulkürzel</b>	mat720			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li> <li>• Beherrschen von grundlegenden Konzepten in der Arithmetik elliptischer Kurven, insbesondere Beherrschen der Grundbegriffe elliptischer Kurven über endlichen Körpern, den komplexen Zahlen, lokalen Körpern und globalen Körpern</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der aktuellen Forschung elliptischer Kurven und ihrer Anwendungen</li> <li>• Verständnis und Beherrschung algorithmischer Verfahren zur Invariantenberechnung elliptischer Kurven und ihrer Implementierung</li> <li>• Exemplarisches Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in der Theorie elliptischer Kurven, wie zum Beispiel klassische Vermutungen der Arithmetik</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Weierstraß-Gleichungen, Isogenien und Endomorphismenring, Weil-Paarung, elliptische Kurven über endlichen Körpern, lokale Körper, elliptische Kurven über lokalen Körpern, elliptische Kurven über globalen Körpern, Abstiegsmethoden, Satz von Mordell-Weil, analytische Theorie elliptischer Kurven, elliptische Funktionen, Anwendungen in der Kryptographie. Optional: Klassische Vermutungen der Arithmetik (Fermat, Mordell, Birch und Swinnerton-Dyer, Hasse, Serre, Weil-Taniyama).			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Husemöller: Elliptic Curves, Springer-Verlag 2000.          Knapp: Elliptic Curves, Princeton University Press 1992.          Koch: Zahlentheorie, algebraische Zahlen und Funktionen, Vieweg 1997.          Milne: Elliptic curves, 2006.          Silverman: Advanced topics in the arithmetic of elliptic curves, Springer 1999.          Silverman: The Arithmetic of Elliptic Curves, Springer 2009.          Washington: Elliptic Curves: Number Theory and Cryptography, CRC 2008.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	2 Semester			
<b>Module frequency</b>	regelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	3 KP dieses Moduls werden als Reading Course erbracht. Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Seminar		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>84 h</b>

---

## mat725 - Arithmetic Duality

<b>Module label</b>	Arithmetic Duality			
<b>Modulkürzel</b>	mat725			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Verständnis von grundlegenden Konzepten der arithmetischen Dualitätstheorie, insbesondere Kenntnis der Grundbegriffe der Klassenkörpertheorie globaler Körper sowie der Theorie von Dualitätspaarungen</li> <li>• Exemplarisches Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in der arithmetischen Dualitätstheorie wie zum Beispiel Galoiskohomologie</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der aktuellen Forschung der arithmetischen Dualitätstheorie und ihrer Anwendungen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Elemente der Klassenkörpertheorie globaler Körper, Dualitätspaarungen, Reziprozitätsgesetz, weitere Themen wie Galoiskohomologie oder Anwendungen in der Kryptographie.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	E. Artin and J. Tate: Class Field Theory, AMS 2009. J.-P. Serre: Algebraic Groups and Class Fields, Springer 1988. J. Milne: Arithmetic Duality Theorems, Academic Press 1986. Cohen, Frey, Avanzi, Doche, Lange, Nguyen, Vercauteren: Handbook of Elliptic and Hyperelliptic Curve Cryptography, Chapman & Hall 2005.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat730 - Coding Theory

<b>Module label</b>	Coding Theory			
<b>Modulkürzel</b>	mat730			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Verständnis von grundlegenden Konzepten der Codierungstheorie, insbesondere Beherrschen von analytischen und algebraischen Methoden in der Signalverarbeitung und in der Codierungstheorie</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der aktuellen Forschung der Codierungstheorie und ihrer Anwendungen in der Informationssicherheit</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Hamming-Raum, lineare Codes, Gewichtszähler, Dualität, Parameterschranken, Familien optimaler Codes, zyklische Codes, BCH- und RS-Codes, algebraisch-geometrische Codes, Decodierungsmethoden.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	A. Betten et al.: Error-correcting codes, Springer 2006. W. Lütkebohmert: Codierungstheorie, Vieweg 2003. H. Niederreiter, C. Xing: Algebraic geometry in coding theory and cryptography, Princeton University Press 2009. J.H. van Lint: Introduction to coding theory, Springer 1999. W. Willems: Codierungstheorie, de Gruyter 1999.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat735 - Complex Multiplication

<b>Module label</b>	Complex Multiplication		
<b>Modulkürzel</b>	mat735		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Beherrschen von zentralen Aussagen der Theorie der komplexen Multiplikation</li> <li>• Kennenlernen der wichtigsten algorithmischen Methoden in Anwendungen der komplexen Multiplikation, beispielsweise in der Kryptographie</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der aktuellen Forschung der komplexen Multiplikation</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	Theorie der komplexen Multiplikation, Berechnungsaspekte und Anwendungen, zum Beispiel Primzahlachweise und -darstellungen, explizite Klassenkörpertheorie, Klassenzahlproblem und Kryptographie.		
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>S. Lang: Introduction to Algebraic and Abelian Functions, Springer 1982.  S. Lang: Elliptic Functions, Springer 1987.  S. Lang: Complex Multiplication, Springer 1983.  G. Shimura: Abelian Varieties with Complex Multiplication and Modular Functions, Princeton University Press 1998.  R. Scherz: Complex Multiplication, Cambridge University Press 2010.  D. Cox: Primes of the Form <math>x^2 + ny^2</math>, Wiley 1997.</p>		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--
Exercises		1	--
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>			56 h

## mat740 - Mathematical Cryptology

<b>Module label</b>	Mathematical Cryptology
<b>Modulkürzel</b>	mat740
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>
<b>Prerequisites</b>	Inhalte der Algebra-Module im Fach-Bachelor
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li> <li>• Beherrschen von grundlegenden und weiterführenden Konzepten der mathematischen Kryptologie wie zum Beispiel mathematische Modelle kryptographischer Systeme, Public-Key Kryptographie, digitale Signaturen, Schlüsselaustausch</li> <li>• Kennenlernen wichtiger Methoden zur Analyse von Kryptosystemen wie zum Beispiel Kennenlernen grundlegender und fortgeschrittener Methoden zum Lösen des diskreten Logarithmusproblems und zur ganzzahligen Faktorisierung</li> <li>• Kenntnis fortgeschrittener algorithmischer Verfahren in der Kryptologie und ihrer Implementierung, sowohl in Computeralgebrasystemen wie zum Beispiel MAGMA und SAGE, als auch in Software-Paketen wie zum Beispiel NTL und FLINT</li> <li>• Fähigkeit zur komplexitätstheoretischen Untersuchung fortgeschrittener algorithmischer Verfahren in der Kryptologie</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der Analyse kryptographischer Systeme wie zum Beispiel Kennenlernen von Konzepten der Post-Quantum Kryptographie</li> <li>• Erkennen der Bedeutung der Public-Key Kryptologie in der Gesellschaft</li> </ul>
<b>Module contents</b>	Mathematische Modelle kryptographischer Systeme, Public-Key Kryptographie, digitale Signaturen, Schlüsselaustausch, diskretes Logarithmusproblem, untere Schranken für generische Algorithmen, Index Calculus, moderne ganzzahlige Faktorisierungsmethoden, elliptische Kurven Faktorisierungsmethode, Zahl- und Funktionenkörpersieb, Algorithmen für Quantum Computer. Post-Quantum Kryptographie: Gitterbasierte Kryptosysteme und Attacken. Komplexitätstheoretische Untersuchungen.
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Cohen, Frey, Avanzi, Doche, Lange, Nguyen, Vercauteren: Handbook of Elliptic and Hyperelliptic Curve Cryptography, Chapman &amp; Hall 2005.</p> <p>Crandall, Pomerance: Prime Numbers, A Computational Perspective, Springer 2005.</p> <p>D.E. Knuth: The Art of Computer Programming, Volume 2: Seminumerical Algorithms, Addison Wesley, 1998.</p> <p>N. Koblitz: A Course in Number Theory and Cryptography, Springer 1994.</p> <p>D. Stinson: Cryptography: Theory and Practice, Chapman &amp; Hall 2006.</p> <p>Trappe, Washington: Introduction to Cryptography with Coding Theory, Prent. Hall 2006</p>
<b>Links</b>	
<b>Languages of instruction</b>	German, English
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester
<b>Module frequency</b>	regelmäßig
<b>Module capacity</b>	unlimited
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B

Examination		Prüfungszeiten	Type of examination	
<b>Final exam of module</b>		nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

## mat745 - Modular Forms

<b>Module label</b>	Modular Forms			
<b>Modulkürzel</b>	mat745			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>	Inhalte der Algebra-Module im Fach-Bachelor			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kenntnis der wichtigsten Strukturaussagen über Modulformen, insbesondere Kenntnis der Algebra von Modulformen und der Theorie von Modulformen-Räumen</li> <li>• Kennenlernen von weiterführender Themen und Anwendungen von Modulformen wie zum Beispiel Kennenlernen der Hecke-Theorie</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Theorie der Modulformen, beispielsweise auf Thetareihen ganzzahliger Gitter</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	<p>Stufe 1: Elliptische Modulgruppe, Eisensteinreihen, Algebra der Modulformen, die <math>j</math>-Funktion, elliptische Funktionen, Anwendung auf elliptische Kurven.          Höhere Stufen: Kongruenzuntergruppen, Körper von Modulformen, Dimension von Modulformen-Räumen, Anwendung auf Thetareihen ganzzahliger Gitter, Hecke-Theorie.</p>			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>F. Diamond, J. Shurman: A first course in modular forms, Springer 2005.          N. Koblitz: Introduction to elliptic curves and modular forms, Springer 1984.          T. Miyake: Modular forms, Springer 2006.          J.-P. Serre: A course in arithmetic, Springer 1978.          G. Shimura: Introduction to the arithmetic theory of modular forms, Princeton University Press 1994.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat750 - Commutative Algebra

<b>Module label</b>	Commutative Algebra			
<b>Modulkürzel</b>	mat750			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> <li>• Wrobel, Milena (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kenntnis von Grundbegriffen und Strukturaussagen der kommutativen Algebra</li> <li>• Beherrschen grundlegender Eigenschaften kommutativer Ringe</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung algebraischer oder homologischer Methoden zur Analyse von kommutativen Ringen</li> <li>• Verständnis von Konstruktionsmethoden von kommutativen Ringen und ihren Anwendungen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Hilbertscher Basissatz, Quotientenringe und -moduln, assoziierte Primideale und Primärzerlegung, Hilbertscher Nullstellensatz, Elemente der homologischen Algebra, Ringe und Moduln endlicher Länge, Dimension und Hilbert-Samuel-Polynom, Gröbnerbasen und Anwendungen.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	M. Atiyah, I. McDonald: Introduction to Commutative Algebra, ABP 1994. D. Eisenbud: Commutative Algebra, Springer 1995. T. Becker and V. Weispfenning: Groebner Bases and Commutative Algebra, Springer 1993. E. Kunz: Einführung in die kommutative Algebra und algebraische Geometrie, Vieweg, 1997. H. Matsumura: Commutative Ring Theory, Benjamin 1980.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat755 - Topics in Algebraic Geometry

<b>Module label</b>	Topics in Algebraic Geometry			
<b>Modulkürzel</b>	mat755			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> <li>• Wrobel, Milena (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Beherrschen von Themen der algebraischen Geometrie, wie zum Beispiel Grundlagen der Theorie der Varietäten und Schemata, Garbenkohomologie, algebraische Flächen und Schnitttheorie</li> <li>• Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in der aktuellen Forschung der algebraischen Geometrie und ihrer Anwendungen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Themen der algebraischen Geometrie wie Grundlagen der Theorie der Varietäten und Schemata, affine und projektive Kurven, Garbenkohomologie, algebraische Flächen oder arithmetische Kurven, Riemann-Roch, Schnitttheorie, Desingularisierung Rationale Punkte auf algebraischen Varietäten.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>J. Milne: Algebraic Geometry. R. Hartshorne: Algebraic Geometry, Springer 1983.          Q. Liu: Algebraic Geometry and Arithmetic Curves, Oxford University Press 2006.          W. Fulton: Algebraic Curves, Addison Wesley 1989.          S. Bosch: Algebraic Geometry and Comutative Algebra, Springer 2013.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat760 - Special Topics in Number Theory

<b>Module label</b>	Special Topics in Number Theory			
<b>Modulkürzel</b>	mat760			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Verständnis und Vertiefung weiterführender Konzepte der algebraischen Zahlentheorie wie zum Beispiel Theorie der lokalen Körper, Zetafunktionen und L-Reihen und Kohomologie endlicher Gruppen</li> <li>• Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in der aktuellen Forschung der algebraischen Zahlentheorie und ihrer Anwendungen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Vertiefung der Theorie der lokalen Körper, Kreisteilungskörper, Zetafunktionen und L-Reihen. Kohomologie endlicher Gruppen. Lokale und globale Klassenkörpertheorie, Ideale und Adele, Idealklassen. Aktuelle Forschungsthemen.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>E. Artin, J. Tate: Class field theory, American Math. Society 2009.          J. W. Cassels, A. Fröhlich: Algebraic number theory, London Math. Society 2010.          S. Lang: Algebraic number theory, Springer 1994.          J. Neukirch: Algebraische Zahlentheorie, Springer 2007.          J. Neukirch, A. Schmidt: Klassenkörpertheorie, Springer 2011.          J. Neukirch, A. Schmidt, K. Wingberg: Cohomology of number fields, Springer 2008.          J.-P. Serre: Local Fields, Springer 1980. L. Washington : Introduction to cyclotomic fields, Springer 1997.          N. Koblitz: p-adic numbers, p-adic analysis, and zeta-functions, Springer 1984.          Y. Manin and A. Panchishkin: Introduction to modern number theory - Fundamental problems, ideas and theories, Springer 2005.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	3	--	42
Seminar or exercise	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat765 - Computer Algebra

<b>Module label</b>	Computer Algebra			
<b>Modulkürzel</b>	mat765			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software</li> <li>• Beherrschen der Analyse und Komplexität von Algorithmen</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li> <li>• Verständnis und Vertiefung weiterführender Konzepte der Computeralgebra wie zum Beispiel Gröbnerbasen, Gitteralgorithmen sowie fortgeschrittene Algorithmen in Zahlentheorie und algebraischer Geometrie</li> <li>• Kenntnis fortgeschrittener algorithmischer Verfahren und ihrer Implementierung, sowohl in Computeralgebrasystemen wie zum Beispiel MAGMA und SAGE, als auch in Software-Paketen wie zum Beispiel NTL und FLINT</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der aktuellen Forschung der modernen Computeralgebra und ihrer Anwendungen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Spezielle Themen der Computeralgebra wie effiziente Arithmetik mit Zahlen, Polynomen und Matrizen, Lösen von multivariaten polynomialen Gleichungssystemen, Gröbnerbasen, Gitteralgorithmen, Algorithmen in Zahlentheorie und algebraischer Geometrie, Anwendungen.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>J. Gathen and J. Gerhard: Modern computer algebra, Cambridge University Press, 2003.</p> <p>D. Knuth: The Art of Computer Programming, Addison-Wesley 1998.</p> <p>G.-M. Greuel, G. Pfister: A Singular Introduction to Commutative Algebra, Springer 2008.</p> <p>W. Bosman and J. Cannon: Discovering Mathematics with Magma, Springer 2006.</p> <p>Computational Algebra Group: The Magma Handbook.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	3	--	42
Seminar or exercise	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	1	--	14

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

---

## mat770 - Seminar Algebra and Number Theory

<b>Module label</b>	Seminar Algebra and Number Theory	
<b>Modulkürzel</b>	mat770	
<b>Credit points</b>	6.0 KP	
<b>Workload</b>	180 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> <li>• Wrobel, Milena (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Erwerb von sozialen und beruflichen Kompetenzen, Schlüsselqualifikationen und Strategien zur Verhaltensänderung</li> <li>• Kompetenzen und Fähigkeiten in freier Rede, ausgewählten Gesprächstechniken und ausgewählten Moderations- und Präsentationstechniken</li> <li>• Vertiefte Kenntnis von und Fähigkeit im Umgang mit Informations-/Kommunikationstechnologien</li> <li>• Vertiefte Kenntnisse des Schreibens mathematisch-technischer Texte</li> <li>• Erwerb handlungsorientierter Fähigkeiten für die Kommunikation im beruflichen Alltag bei Präsentation, Vermittlung und Dokumentation von Inhalten</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Fähigkeiten in Zeitmanagement und Organisation</li> <li>• Selbständige Beschäftigung mit einem ausgewählten Thema aus Algebra und Zahlentheorie und deren Anwendungen, unter anderem aus den Bereichen arithmetische Geometrie, algebraische Geometrie, Informationssicherheit, Computeralgebra</li> <li>• Erwerb von vertiefenden bzw. anwendungsorientierten Fähigkeiten in einem Teilbereich der Algebra und Zahlentheorie</li> </ul>	
<b>Module contents</b>	ausgewählte aktuelle Themen aus Algebra und Zahlentheorie	
<b>Literaturempfehlungen</b>	je nach gewähltem Thema	
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	regelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B	
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>
<b>Final exam of module</b>		RE
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar	
<b>SWS</b>	2	
<b>Frequency</b>	--	
<b>Workload Präsenzzeit</b>	28 h	

## mat775 - Analytic Number Theory

<b>Module label</b>	Analytic Number Theory		
<b>Modulkürzel</b>	mat775		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Beherrschen von Grundbegriffen und weiterführender Begriffe im Bereich der analytischen Zahlentheorie, insbesondere Dirichlet'sche Reihen, Thetareihen sowie verallgemeinerte Zeta- und L-Funktionen</li> <li>• Kennenlernen von weiterführenden Themen in der aktuellen Forschung der analytischen Zahlentheorie</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	Dirichlet'sche Reihen, L-Reihen und Anwendungen (Primzahlen in Restklassen, analytische Klassenzahlformel), Thetareihen, Riemann'sche Zetafunktion (Funktionalgleichung, Nullstellen, Primzahlverteilung), andere Zeta- und L-Funktionen		
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Jörg Brüdern, Einführung in die analytische Zahlentheorie, Springer 1995          Henri Cohen, Number Theory Vol.II: Analytic and modern tools, Springer 2007          Noam Elkies, Lecture notes for Math 259: Introduction to Analytic Number Theory Jürgen Neukirch, Algebraische Zahlentheorie (Kap.VII: Zetafunktionen und L-Reihen), Springer 2007          Jean-Pierre Serre, A course in arithmetic (Part II: Analytic methods), Springer 1973          Don Zagier, Zetafunktionen und quadratische Körper, Springer 1981</p>		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	regelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--
Exercises		1	--
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>			56 h

## mat779 - Selected Topics in Algebra

<b>Module label</b>	Selected Topics in Algebra			
<b>Modulkürzel</b>	mat779			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> <li>• Wrobel, Milena (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Verständnis und Vertiefung weiterführender Konzepte der Algebra</li> <li>• Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in der aktuellen Forschung der Algebra und ihrer Anwendungen</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Vertiefende Themen der Algebra			
<b>Literaturempfehlungen</b>	wird je nach Thema bekanntgegeben.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	3	SoSe oder WiSe	42
Seminar or exercise	3 SWS Vorlesung + 1 SWS Übung oder 2 SWS Seminar	1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat785 - Representation Theory

<b>Module label</b>	Representation Theory		
<b>Modulkürzel</b>	mat785		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> <li>• Wrobel, Milena (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Kenntnisse elementarer Konzepte und Methoden aus dem Bereich Darstellungstheorie</li> <li>• Anwendung von Strukturaussagen und Verständnis von Konstruktionsmethoden von Darstellungen</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung darstellungstheoretischer Methoden zur Analyse von Gruppen</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	<p>Schwerpunkt: Darstellungstheorie von Gruppen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppen und Gruppenwirkungen, Darstellungen, Irreduzibilität, Schur'sches Lemma, Halbeinfachheit.</li> <li>• Darstellungen endlicher Gruppen: Satz von Maschke, Charaktere, Orthogonalitätsrelationen, Isotypische Zerlegung, Charaktertafeln.</li> </ul> <p>Je nach Ausrichtung der Veranstaltung werden Darstellungen von algebraischen Gruppen, Lie-Gruppen, Algebren, Lie-Algebren oder Hopf-Algebren besprochen und etablierte Resultate präsentiert.</p>		
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>W. Fulton and J. Harris: Representation theory, Graduate Texts in Mathematics, vol. 129, Springer, 1991.          B. Huppert: Character theory of finite groups, vol. 25 der Reihe de Gruyter Expositions in Mathematics, de Gruyter, 1998.          Serge Lang: Algebra, 3rd ed., Graduate Texts in Mathematics, vol. 211, Springer 2002.          Jean-Pierre Serre: Linear representations of finite groups, Graduate Texts in Mathematics, Vol. 42, Springer, 1977.          Weitere Literaturempfehlungen werden je nach Ausrichtung des Moduls bekannt gegeben.</p>		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: B		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	Klausur oder mündliche Prüfung oder Fachpraktische Übung (KMÜ)	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b> <b>Workload of compulsory attendance</b>

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SoSe oder WiSe	28
Exercises		1	SoSe oder WiSe	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

## mat805 - Actuarial Mathematics I

<b>Module label</b>	Actuarial Mathematics I			
<b>Modulkürzel</b>	mat805			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Vermittlung der aktuariellen Methoden der Personen- und Schadenversicherungsmathematik</li> <li>• Querverbindungen: mat811, mat840</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Personenversicherungsmathematik: biometrische Risiken in stetiger Zeit, Deckungsrückstellungen, Thiele Gleichungen, Satz von Cantelli, Tarifierungsprinzipien und Überschüsse; Sachversicherungsmathematik: kollektives und individuelles Modell der Risikotheorie, Prämienkalkulationsprinzipien, Panjer-Rekursion; Rückversicherung, Grundzüge der Spätschadenreservierung, Anwendungen Verallgemeinerter Linearer Modelle in der Risikotheorie			
<b>Literaturempfehlungen</b>	Koller, M. (2010): Stochastische Modelle in der Lebensversicherung. Springer-Verlag. Milbrodt, H., & Helbig, M. (1999): Mathematische Methoden der Personenversicherung. Walter de Gruyter. Milbrodt, H., & Röhrs, V. (2016): Aktuarielle Methoden der deutschen Privaten Krankenversicherung (Vol. 34). Verlag Versicherungswirtschaft. Kaas, R., Goovaerts, M., Dhaene, J., Denuit, M. (2001): Modern Actuarial Risk Theory. Kluwer, Dordrecht. Schmidt, K.D. (2009): Versicherungsmathematik. 3. Aufl., Springer, Dordrecht. Mikosch, T. (2009): Non-Life Insurance Mathematics. 2nd ed., Springer, Berlin. Radtke, M., Schmidt, K.D. (2004): Handbuch zur Schadenreservierung. VVW, Karlsruhe. de Jong, P., Heller, G.Z. (2008): Generalized Linear Models for Insurance Data. Cambridge Univ. Press, Cambridge.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	regelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		4	--	56
Exercises		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				84 h

## mat806 - Actuarial Mathematics II

<b>Module label</b>	Actuarial Mathematics II		
<b>Modulkürzel</b>	mat806		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li> <li>• Vertiefungen von ausgewählten Themen der Versicherungsmathematik</li> <li>• Querverbindungen: Versicherungsmathematik I, Quantitatives Risikomanagement</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	Fortgeschrittene Modellierungsansätze: z.B. Semi-Markov-Modelle, stochastische Rechnungsgrundlagen; Fortgeschrittene Methoden der Prämienberechnung und Risikobewertung: z.B. Credibility Theorie, zeitdynamische Risikomaße; Methoden der stochastischen Steuerung: z.B. optimale Versicherungsverträge, optimale Kapitalanlagen		
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Møller, T., &amp; Steffensen, M. (2007). Market valuation methods in life and pension insurance. Cambridge University Press.</p> <p>Bühlmann, H., &amp; Gisler, A. (2006). A course in credibility theory and its applications. Springer Science &amp; Business Media.</p> <p>Delong, ?. (2013). Backward stochastic differential equations with jumps and their actuarial and financial applications. London: Springer.</p> <p>Schmidli, H. (2007). Stochastic control in insurance. Springer Science &amp; Business Media.</p>		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	SoSe oder WiSe
Exercises		1	SoSe oder WiSe
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>			56 h

## mat810 - Quantitative Risk Management

<b>Module label</b>	Quantitative Risk Management		
<b>Modulkürzel</b>	mat810		
<b>Credit points</b>	9.0 KP		
<b>Workload</b>	270 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	Students shall learn about fundamental mathematical concepts of modern risk management in the insurance industry.		
<b>Module contents</b>	Fundamentals of ruin theory, risk measures, modelling of dependent risks, fundamentals of Asset-Liability-Management, performance measures, mathematical and legislative foundations of the Solvency II process, statistical Monte Carlo methods, stochastic internal business models, allocation principles of risk capital.		
<b>Literatureempfehlungen</b>	<p>S. ASSMUSSEN (2000): Ruin Probabilities. World Scientific, Singapore  R. DOFF (2007): Risk Management for Insurers. Risk Control, Economic Capital and Solvency II. RISK Books, London  I. van LELYVELD (2006): Economic Capital Modelling. Concepts, Measurement and Implementation. RISK Books, London  A.J. McNEIL, R. FREY, P. EMBRECHTS (2005): Quantitative Risk Management. Concepts, Techniques, Tools. Princeton Univ. Press, Princeton  J. RANK (2007): Copulas. From Theory to Application in Finance. RISK Books, London  R.Y. RUBINSTEIN, D.P. KROESE (2008): Simulation and the Monte Carlo Method. Wiley, Hoboken, N.J.  A. SANDSTROM (2006): Solvency. Models, Assessment and Regulation. Chapman &amp; Hall / CRC, Boca Raton.</p>		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	English , German		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	im 2-Jahres-Zyklus		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	in the first two weeks of the semester vacation	written or oral exam or solving of exercises	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		4	--
Exercises		2	--
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>			84 h

---

## mat811 - Quantitative Risk Analysis

<b>Module label</b>	Quantitative Risk Analysis
<b>Modulkürzel</b>	mat811
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li></ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li><li>• May, Angelika (module responsibility)</li><li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li></ul>
<b>Prerequisites</b>	
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Systematische Vertiefung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li><li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li><li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li><li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li><li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li><li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li><li>• Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software</li><li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li><li>• Stochastische Risiken quantifizieren und mit Abhängigkeiten in den Daten umgehen können, Grundzüge des quantitativen Risikomanagements in Versicherungsunternehmen und Banken kennen und mathematisch einordnen können</li><li>• Die Studierenden lernen ein- und mehrdimensionale Risikomodelle kennen und bewerten diese, u.a. vor dem Hintergrund der aktuellen Aufsichtsregimes Solvency und Basel.</li><li>• Querverbindungen: mat805, mat806, mat826, mat850</li></ul>
<b>Module contents</b>	Grundlagen der Risikomessung für Finanztitel und Schadenvariablen, Value-at-Risk, verteilungsbasierte Risikomaße für Einzelrisiken und Abhängigkeitsmodelle für Portfoliorisiken, Copulafamilien, semiparametrische Schätzverfahren
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>M. AUER: Operationelles Risikomanagement bei Finanzinstituten. Risiken identifizieren, analysieren und steuern. Wiley/VCH, Weinheim 2008.</p> <p>M. BHATIA: An Introduction to Economic Capital. RISK Books, London 2009.</p> <p>C. BLUHM, L. OVERBECK, C. WAGNER: Introduction to Credit Risk Modeling. 2nd ed., Chapman &amp; Hall /CRC, Boca Raton, 2010.</p> <p>P. CADONI: Internal Models and Solvency II. From Regulation to Implementation. RISK Books, London 2014.</p> <p>A.S. CHERNOBAI, S.T. RACHEV, F.J. FABOZZI: Operational Risk. A Guide to Basel II Capital requirements, Models, and Analysis. Wiley, N.Y. 2007.</p> <p>U. CHERUBINI, E. LUCIANO, W. VECCHIATO: Copula Methods in Finance. Wiley, Chichester 2004.</p> <p>C. COTTIN, S. DÖHLER: Risikoanalyse. Modellierung, Beurteilung und Management von Risiken mit Praxisbeispielen. Vieweg+Teubner, Wiesbaden 2009.</p> <p>R. DOFF: Risk Management for Insurers. Risk Control, Economic Capital and Solvency II. RISK Books, London 2007.</p> <p>P. EMBRECHTS (ED.): Extremes and Integrated Risk Management. RISK Books, London 2000.</p> <p>P. EMBRECHTS, C. KLÜPPELBERG, T. MIKOSCH: Modelling Extremal Events. Springer, Berlin 2001.</p> <p>C. FRANZETTI: Operational Risk Modelling and Management. Chapman &amp; Hall /CRC, Boca Raton, 2011.</p> <p>G. HOFMANN (HRSG.): Basel III und MaRisk. Regulatorische Vorgaben, bankinterne Verfahren, Risikomanagement. Frankfurt School Verlag, Frankfurt 2011.</p> <p>G. KOLLER: Risk Modeling for Determining Value and Decision Making. Chapman &amp; Hall /CRC, Boca Raton, 2000.</p> <p>S. KORYCIORZ: Sicherheitskapitalbestimmung und ? allokation in der</p>

Schadenversicherung. Eine risikotheorietische Analyse auf der Basis des Value at Risk und des Conditional Value at Risk. Verlag Versicherungs-wirtschaft, Karlsruhe 2004.  
 S. KOTZ, S. NADARAJAH: Extreme Value Distributions. Theory and Applications. Imperial College Press, London, 2000.  
 M. KRIELE, J. WOLF: Value-Oriented Risk Management of Insurance Companies. Springer, Berlin 2014.  
 J.F. MAI, M. SCHERER: Simulating Copulas. Stochastic Models, Sampling Algorithms, and Applications. Imperial College Press, London 2012.  
 A.J. MCNEIL, R. FREY, P. EMBRECHTS: Quantitative Risk Management. Concepts ? Techniques ? Tools. Princeton University Press, Princeton 2005.  
 A. MEUCCI: Risk and Asset Allocation. Springer, N.Y. 2005.  
 R.B. NELSEN: An Introduction to Copulas. Springer, N.Y. 2006.  
 J. RANK (ED.): Copulas. From Theory to Application in Finance. RISK Books, London 2007.  
 R.D. REISS, M. THOMAS: Statistical Analysis of Extreme Values. With Applications to Insurance, Finance, Hydrology and Other Fields. Birkhäuser, Basel 2007.  
 C.P. ROBERT, G. CASELLA: Monte Carlo Statistical Methods. 2nd ed., Springer, N.Y. 2004.

<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>		German, English		
<b>Duration (semesters)</b>		1 Semester		
<b>Module frequency</b>		unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>		unlimited		
<b>Reference text</b>		Studienschwerpunkt: C		
Examination		Prüfungszeiten		Type of examination
<b>Final exam of module</b>		nach Ende der Vorlesungszeit		KL
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SoSe und WiSe	42
Exercises		1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat816 - Quantitative Risk Analysis

<b>Module label</b>	Quantitative Risk Analysis			
<b>Modulkürzel</b>	mat816			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Die Vorlesung vermittelt die Grundlagen der Theorie der stochastischen Prozesse.</li> <li>• Querverbindungen: Stochastische Finanzmarktmodelle, Versicherungsmathematik II, Stochastische Analysis</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Stochastische Prozesse, Satz von Daniell-Kolmogorov, Martingale, Stoppzeiten, Markov-Ketten, Markovsche Sprungprozesse, Kolmogorovsche Gleichungen, Poisson-Prozess, Wiener-Prozess, Poissonsche Punktprozesse, Ito-Integral, Ito-Prozesse, Stochastische Differentialgleichungen, Feynman-Kac Formel, Simulation			
<b>Literaturempfehlungen</b>	Klenke, A.: Probability Theory. Springer, 2006. Kallenberg, O.: Foundations of Modern Probability. Springer, 2002. Protter, P.E.: Stochastic Integration and Differential Equations. Springer, 2005. Kloeden, P. E., Platen, E., Schurz, H.: Numerical solution of SDE through computer experiments. Springer, 2012.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	SoSe oder WiSe	42
Exercises		1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat819 - Special topics in stochastics

<b>Module label</b>	Special topics in stochastics
<b>Modulkürzel</b>	mat819
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>

### Prerequisites

### Skills to be acquired in this module

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen
- In dieser Vorlesung wird ein aktuelles, fortgeschrittenes Themengebiet der Stochastik behandelt. Die Studierenden erwerben damit über den üblichen Kanon der Stochastik hinausgehendes Spezialwissen sowie die Fähigkeit, sich solches Wissen anzueignen und in praktischen Analysen einzusetzen.

### Module contents

Es handelt sich um ein Modul, innerhalb dessen kurzfristig verschiedene, aktuelle Themen aus der Stochastik angeboten werden können, immer jeweils im Rahmen der Modulvorgaben von 6KP/180h Workload.

### Literaturempfehlungen

### Links

<b>Languages of instruction</b>	German, English
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig
<b>Module capacity</b>	unlimited
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C

Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	Klausur oder mündliche Prüfung oder Fachpraktische Übung (KMÜ)		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SoSe oder WiSe	0
Exercises		1	SoSe oder WiSe	0
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>0 h</b>

## mat820 - Stochastic Analysis and continuous-time Financial Mathematics

<b>Module label</b>	Stochastic Analysis and continuous-time Financial Mathematics			
<b>Modulkürzel</b>	mat820			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li> <li>• Stochastische Integration in allgemeinem Kontext verstehen und anwenden können</li> <li>• Querverbindungen: mat816, mat857</li> </ul>			
<b>Module contents</b>				
	Diffusionsprozesse, Ito Kalkül, Sprungdiffusionsmodelle, Semimartingale und Darstellungssätze, Hedgingstrategien			
<b>Literaturempfehlungen</b>				
	Björk: Arbitrage Theory in Continuous Time, Mikosch: Elementary Stochastic Calculus with Finance in View, World Scientific, 1998. Deck: Der Ito-Kalkül, Springer, 2006. Øksendal: Stochastic Differential Equations, Springer, 6th edition, 2010 Kallsen: Semimartingale Modelling in Finance			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>				
	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>				
	1 Semester			
<b>Module frequency</b>				
	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>				
	unlimited			
<b>Reference text</b>				
	Studienschwerpunkt: C			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat825 - Stochastic Processes and Finance

<b>Module label</b>	Stochastic Processes and Finance			
<b>Modulkürzel</b>	mat825			
<b>Credit points</b>	9.0 KP			
<b>Workload</b>	270 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>				
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li> <li>• Finanzmathematik in stetiger Zeit über stochastische Prozesse verstehen und modellieren können</li> <li>• Querverbindungen: mat805, mat850, mat857</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Interest rates, zero coupon bonds, price formula, numeraire, financial instruments, term structure, underlyings and financial derivatives, financial market, no free lunch condition, options of European and American type, binomial model by Cox, Ross and Rubinstein, price formula for simple options; Conditional expectation, martingales in discrete time, Brownian motion; stochastic interest rate models, Black-Scholes model, Black-Scholes formula and PDE; Affine term structures, Forward rates, Futures and Forwards			
<b>Literaturempfehlungen</b>	Albrecher, Binder, Mayer: Einführung in die Finanzmathematik, Birkhäuser, 2009 Kellerhals, Asset Pricing, Springer, 2004 Brzezniak, Zastawniak: Basic Stochastic Processes, Springer SUMS, 1999 Koch, Medina, Merino: Mathematical Finance and Probability, Birkhäuser, 2003 Etheridge, A Course in Financial Calculus, Cambridge Univ. Press, 2002			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	English , German			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
Examination	Prüfungszeiten	Type of examination		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
Seminar		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				84 h

---

## mat826 - Statistics of Financial Markets

<b>Module label</b>	Statistics of Financial Markets
<b>Modulkürzel</b>	mat826
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li></ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li><li>• May, Angelika (module responsibility)</li><li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li></ul>

### Prerequisites

#### Skills to be acquired in this module

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen
- Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen
- Die Studierenden lernen Zeitreihenmodelle kennen, wenden diese auf Finanzdaten an und können verschiedenen Risiken statistisch modellieren und quantifizieren.
- Querverbindungen: mat810, mat820, mat839, mat843

#### digitale Souveränität

- reflektierter Einsatz digitaler Werkzeuge bei:
  - Präsentation in Übungen
  - bei der Lösung von Übungsaufgaben,
- alltäglicher Umgang mit
  - digitalen Kommunikationswerkzeugen (Mail, BBB, ...)
  - Web als Datenquelle:  
Recherche und Bezug von realen Finanzdaten  
Recherche und Bezug von R Ergänzungspaketen
  - Fragen der Abbildung unterschiedlicher Domänen in die digitale Welt: in Übungsaufgaben Umgang mit zeitindizierten Daten (Verschneidung, Plots, Zusammenführung, fehlende Werte)

#### mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung

- mathematiknahe Programmierung in R
- Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit
- stochastische Simulation

---

### Module contents

als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich

- EDA (auch für Zeitreihen);
- zeitdiskrete Modelle: CAPM; Irrfahrt;
- Grundmodelle der Zeitreihenanalyse: ARMA und GARCH; Stationaritätstests
- Berechnungsverfahren zu VaR: historische Simulation und Wurzel-T-Regel; Delta-Methode und VaR für Optionen mit glattem Payoff
- Volatilitätsmessung; Volatilitätsrisiko;
- Kreditrisiko; Rating

### Literaturempfehlungen

Franke, J., Härdle, W., Hafner, C.M. Einführung in die Statistik der Finanzmärkte.  
Alexander, C. Market models: a guide to financial data analysis, Wiley.  
Albrecht, P, and Raimond M. Investment- und Risikomanagement.  
Schäffer Poeschel. Hull. Risk Management and Financial Institutions, Wiley.  
Ruppert, D. Statistics and finance: An introduction, Springer.  
Ruppert, D. Statistics and data analysis for financial engineering, Springer.  
Tukey, J.W. Exploratory data analysis.

---

**Links**

<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

---

## mat827 - Actuarial statistics

<b>Module label</b>	Actuarial statistics
<b>Modulkürzel</b>	mat827
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li></ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li></ul>
<b>Prerequisites</b>	
<b>Skills to be acquired in this module</b>	

- Systematische Vertiefung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen
- Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software
- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch sowohl breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik
- Stochastische Risiken quantifizieren und mit Abhängigkeiten in den Daten umgehen können, wesentliche Beiträge der aktuariellen Statistik in Versicherungsunternehmen kennen und mathematisch einordnen können

Explizite Querverbindungen bestehen hierbei zu mat805 Versicherungsmathematik I, mat806 Versicherungsmathematik II, mat811 Quantitative Risikoanalyse, mat826 Finanzstatistik, mat837 Extremwertstatistik und Anwendungen

---

### Module contents

1. IT-Infrastruktur für Aktuarielle Statistik
2. Umgang mit Daten im Bereich Aktuarielle Statistik
3. Eingesetzte Verfahren der Statistik
4. Statistische Prädiktive Modelle
5. Anwendungs-Use-Cases:
  - Tarifierung: Anwendung von Modellwahl, GLM(Ms), Boosting, regularisierter Regression
  - Fitting von Compound-Verteilungen im kollektiven Modell
  - Experience-Rating: Anwendung von Panel-Regression und GLMMs
  - Statistik der Reservierung Chain-Ladder und darüber hinaus Berechnung von Unsicherheiten in Ultimates mit Bootstrap
  - Prospektive Sterbefafrn/Langlebigkeitsrisiko: Anwendungen von Vorhersage-Modellen
  - Portfolio-Optimierung und Risikomanagement im ALM: Anwendung von ARMA-GARCH-Modellen
  - Exposureberechnung in der Schadenversicherung: Anwendung von Räumlicher Statistik
  - Pricing in Rückversicherung: Anwendung von Extremwertstatistik

Die Vorlesung ist dabei anhand der Use-Cases gegliedert, anhand derer die Abschnitte 1-4 abgehandelt werden. Die Vorlesung ersetzt nicht die Grundvorlesungen im Hinblick auf Abschnitt 3 und die Spezialvorlesungen zu Thematiken aus Abschnitt 4; für vertiefende konzeptionelle Auseinandersetzung mit Themen aus Abschnitt 2 wird auf Vorlesungen in der Informatik verwiesen, für eine breite Einführung in R auf das statistische Praktikum und den dort enthaltenen R-Kurs. In der vorliegenden Veranstaltung werden entsprechende Konzepte aus Abschnitten 1-4 übernommen, in sich abgeschlossen dargestellt, umfangreichere Beweise aber in die anderen Vorlesungen und Veranstaltungen delegiert. Ein Schwerpunkt dieser Veranstaltung ist die rechnergestützte Anwendung der Konzepte.

---

### Literaturempfehlungen

Charpentier, A. (Ed.). (2014). Computational actuarial science with R. CRC press.  
Denuit, M., Hainaut, D., Trufin, J. (2019). Effective Statistical Learning Methods for Actuaries I : GLMs and Extensions. Springer.  
Denuit, M., Hainaut, D., Trufin, J. (2020). Effective Statistical Learning Methods for Actuaries II : Tree-Based Methods and Extensions. Springer.

Denuit, M., Hainaut, D., Trufin, J. (2019). Effective Statistical Learning Methods for Actuaries I : Neural Networks and Extensions. Springer.  
 Embrechts, P., Klüppelberg, C., Mikosch, T. (2003) Modelling Extremal Events: For Insurance and Finance. Corr. 4. Print. ed. 1997. Springer.  
 Frees, E.E., Derring, R.A., Meyers, G. (eds.)(2014) Predictive Modeling Applications in Actuarial Science. Volume 1: Predictive Modeling Techniques. Cambridge University Press.  
 Meyers, G., Derring, R.A. (eds.) (2016) Predictive Modeling Applications in Actuarial Science. Volume 2: Case Studies in Insurance. Cambridge University Press.  
 Seehafer, M., Nörtemann, S., Offtermatt, J., Transchel, F., Kiermaier, A., Külheim, R. & Weidner, W. (2021). Actuarial Data Science. In Actuarial Data Science. De Gruyter.

<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>		German, English		
<b>Duration (semesters)</b>		1 Semester		
<b>Module frequency</b>		planmäßig alle 3 Jahre (im Wechsel mit den LVs Finanzstatistik, Robuste Statistik, Extremwertstatistik, Multivariate Statistik, Zeitreihenanalyse)		
<b>Module capacity</b>		unlimited		
<b>Reference text</b>		Studienschwerpunkt: C		
Examination		Prüfungszeiten	Type of examination	
<b>Final exam of module</b>		nach Ende der Vorlesungszeit	Klausur oder mündliche Prüfung oder Fachpraktische Übung (KMÜ)	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SoSe oder WiSe	0
Exercises		1	SoSe oder WiSe	0
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				0 h

## mat829 - Special topics in actuarial and financial mathematics

<b>Module label</b>	Special topics in actuarial and financial mathematics		
<b>Modulkürzel</b>	mat829		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• In dieser Vorlesung wird ein aktuelles, fortgeschrittenes Themengebiet der Versicherungs- und Finanzmathematik behandelt. Die Studierenden erwerben damit über den üblichen Kanon der Versicherungs- und Finanzmathematik hinausgehendes Spezialwissen sowie die Fähigkeit, sich solches Wissen anzueignen und in praktischen Analysen einzusetzen.</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	Es handelt sich um ein Modul, innerhalb dessen kurzfristig verschiedene, aktuelle Themen aus der Versicherungs- und Finanzmathematik angeboten werden können, immer jeweils im Rahmen der Modulvorgaben von 6KP/180h Workload.		
<b>Literaturempfehlungen</b>			
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	Klausur oder mündliche Prüfung oder Fachpraktische Übung (KMÜ)	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	SoSe oder WiSe
Exercises		1	SoSe oder WiSe
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>			<b>0 h</b>

## mat830 - Linear Models / Regression

<b>Module label</b>	Linear Models / Regression		
<b>Modulkürzel</b>	mat830		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Die Studierenden lernen grundlegende Konzepte für lineare Modelle kennen, können diese auf verschiedene statistische Fragen anwenden, die zugrundeliegenden Annahmen kritisch überprüfen oder geeignete Korrekturverfahren anwenden.</li> <li>• Querverbindungen: mat839, mat843, mat835, maschinelles Lernen</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	Lineare Einfachregression, multiple Regression, Kleinste-Quadrate-Schätzung, Eigenschaften des KQ-Schätzers, Modellierung kategorialer und metrischer Einflussgrößen, Modelldiagnose, Modellwahl, Variablenselektion, allgemeine lineare Modelle, generalisierte lineare Modelle		
<b>Literaturempfehlungen</b>	Fahrmeir, Kneib & Lang (2009): Regression - Modelle, Methoden und Anwendungen, Springer. Rawlings, Pantula & Dickey (1998). Applied Regression Analysis: A Research Tool, Springer Verlag. Schmidt, Trenkler (2006). Einführung in die moderne Matrix-Algebra, Springer Verlag. Ligges (2008). Programmieren mit R, Springer Verlag.		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	regelmäßig (in Kooperation mit Universität Bremen)		
<b>Module capacity</b>	unlimited ()		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C  Dieses Modul wird regelmäßig in Bremen angeboten, und die Studierenden können im Rahmen des Kooperationsabkommens der Unis Oldenburg und Bremen die Veranstaltung dort belegen und in Oldenburg anrechnen. Im ZeSOB (Zentrum für Statistik in Bremen und Oldenburg) haben die Professoren aus der Statistik in Bremen und aus der Stochastik in Oldenburg ihre Aktivitäten gebündelt. In diesem Rahmen informieren wir die Studierenden regelmäßig zum Semesterende über die in Bremen im nächsten Semester angebotenen Masterveranstaltungen.		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--
Exercises		1	--
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>			<b>56 h</b>

## mat837 - Extreme Value Statistics and Applications

<b>Module label</b>	Extreme Value Statistics and Applications	
<b>Modulkürzel</b>	mat837	
<b>Credit points</b>	6.0 KP	
<b>Workload</b>	180 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Environmental Modelling (Master) &gt; Mastermodule</li> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software</li> <li>• Die Studierenden lernen die Grenzwertsätze der Extremwertstatistik und die dazu gehörigen statistischen Verfahren kennen und können diese in realen Datensituationen anwenden.</li> <li>• Querverbindungen: mat315, mat826, mat843, mat805 (bzw. Versicherungsmathematik I im neuen System)</li> </ul> <p>mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematiknahe Programmierung in R</li> <li>• Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit</li> <li>• stochastische Simulation</li> </ul>	
<b>Module contents</b>	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maxima: GEVD und Eigenschaften, Fisher-Tippet-Gnedenko-Thm / Attraktionsbereiche, BlockMaxima</li> <li>• Schwellüberschreitungen: GPD und Eigenschaften; Pickands-Balkema-deHaan Thm; Hill Schätzer</li> <li>• Punktprozesse: der Poissonprozess; Verbindung zur Exponentialvtlg; Relevanz in EVT</li> <li>• Diagnostik: Mean-Excess Plot, Return Level Plot, Extremal-Index</li> </ul>	
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Coles, S., et al. An introduction to statistical modeling of extreme values, Springer.</p> <p>Embrechts, P., Klüppelberg, C., Mikosch, T. Modelling extremal events: for insurance and finance, Springer.</p> <p>McNeil, A.J., Frey, R., Embrechts, P. Quantitative risk management: concepts, techniques, and tools, Princeton university press.</p> <p>Reiss, R-D., Thomas, M. Statistical analysis of extreme values, Birkhäuser.</p>	
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C	
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>

Examination		Prüfungszeiten	Type of examination		
<b>Final exam of module</b>		nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance	
Lecture		3	--	42	
Exercises		1	--	14	
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>	

## mat839 - Time Series Models resp. State Space Models

<b>Module label</b>	Time Series Models resp. State Space Models			
<b>Modulkürzel</b>	mat839			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Environmental Modelling (Master) &gt; Mastermodule</li> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Die Studierenden lernen Grundbegriffe der Zeitreihenanalyse kennen, kennen wichtige Modelle und können diese an Daten anpassen.</li> <li>• Querverbindungen: mat315, mat826</li> </ul> <p>mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematiknahe Programmierung in R</li> <li>• Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit</li> <li>• stochastische Simulation</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autokovarianz und partielle Autokovarianz – Stationarität und Ergodizität;</li> <li>• Sätze von Herglotz und Bochner; Spektralmaß eines stationären Prozesses;</li> <li>• ARIMA Modelle; Zustandsraummodelle; GARCH Modelle</li> <li>• Schätzung und Inferenz</li> <li>• Kalman Filter und Glätter; EM-Algorithmus</li> </ul>			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Durbin, J., Koopman, S.J.: Time series analysis by state space methods, Oxford University Press.          Brockwell, P.J., Davis, R.A.: Time series: theory and methods, Springer.          Brockwell, P.J., Davis, R.A.: Introduction to time series and forecasting.          Hamilton, J.D.: Time series analysis, Princeton university press.          Schlittgen, R., Streitberg, B.: Zeitreihenanalyse, Oldenbourg.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
<b>Examination</b>	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>



## mat840 - Monte Carlo Methods

<b>Module label</b>	Monte Carlo Methods			
<b>Modulkürzel</b>	mat840			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Die Studierenden erlernen mathematische Techniken zur virtuellen Simulation von Vorgängen mit stochastischem Charakter, vor allem an praxisnahen Anwendungsbeispielen aus der Versicherungs- und Finanzmathematik.</li> <li>• Querverbindungen: mat810, mat849</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Zufallszahlengeneratoren, Zufallszahlen mit vorgegebener Verteilung, Simulation von mehrdimensionalen Verteilungen, Simulation von Markov-Ketten und -Prozessen (insbesondere simulative Lösung stochastischer Differenzialgleichungen), Konzeption und Aufbau interner Risikomodelle.			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>D. DIERS (2007): Interne Unternehmensmodelle in der Schaden- und Unfallversicherung. ifa, Ulm.</p> <p>M. KOLONKO (2008): Stochastische Simulation. Grundlagen, Algorithmen und Anwendungen, Vieweg + Teubner, Wiesbaden.</p> <p>C. LEMIEUX (2009): Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Sampling, Springer, N.Y.</p> <p>R.Y. RUBINSTEIN, D.P. KROESE (2008): Simulation and the Monte Carlo Method. Wiley, Hoboken, N.J. Links</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat843 - Elements of Multivariate Statistics

<b>Module label</b>	Elements of Multivariate Statistics				
<b>Modulkürzel</b>	mat843				
<b>Credit points</b>	6.0 KP				
<b>Workload</b>	180 h				
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Environmental Modelling (Master) &gt; Mastermodule</li> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>				
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>				
<b>Prerequisites</b>					
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Die Studierenden beherrschen die multivariate Normalverteilung, lernen andere multivariate Verteilungen kennen und</li> <li>• können Hauptkomponenten- und Faktoranalyse auf Daten anwenden und interpretieren.</li> <li>• Querverbindungen: mat315, mat810</li> </ul> <p>mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematiknahe Programmierung in R</li> <li>• Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit</li> <li>• Strategien zum Umgang mit Ausreißern / Datenrobustheit</li> <li>• stochastische Simulation</li> </ul>				
<b>Module contents</b>	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wiederholung: Eigenwertzerlegung, Singulärwertzerlegung;</li> <li>- Operationen für Multivariate Daten: Selektion und Projektion</li> <li>- die multivariate Normalverteilung; Eigenschaften</li> <li>- Verteilungen: Wishart, Wilks Lambda, Hotelling T</li> <li>- klassische Modelle: Hauptkomponentenanalyse, Faktoranalyse, Diskriminanzanalyse, Clustering, Korrespondenzanalyse, Kanonische Korrelation, Multidimensional Scaling, Conjoint Analyse</li> </ul>				
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Härdle, W., Simar, L.: Applied multivariate statistical analysis, Springer.          Benzécri, JP, Bellier, L.: L'analyse des données, Dunod.          Jolliffe, I.: Principal component analysis, Wiley.          Mardia, KV, Kent, JT, Bibby, JM.: Multivariate analysis, Academic press.</p>				
<b>Links</b>					
<b>Languages of instruction</b>	German, English				
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester				
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig				
<b>Module capacity</b>	unlimited				
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C				
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>				<b>Type of examination</b>
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit			KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>	
Lecture		3	--	42	
Exercises		1	--	14	

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

---

## mat845 - Spatial Statistics

<b>Module label</b>	Spatial Statistics		
<b>Modulkürzel</b>	mat845		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software</li> <li>• Abgrenzung zwischen dem spezifischen Teil einer Theorie und dem allgemeinen mathematischen Standard erkennen</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Die Studierenden lernen grundlegende räumliche stochastische Prozesse kennen und können mit diesen statistisch umgehen und sie auf konkrete Probleme anwenden.</li> <li>• Querverbindungen: mat315, mat 843, mat830</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	Räumliche stochastische Prozesse, Gauß-Prozesse, Variogramm, Korrelogramm, Stationarität, Isotropie, Kriging, Oberflächenschätzung, Markov-Zufallsfelder, Räumliche Punktprozesse, Intensitätsfunktion, Poisson-Prozesse, Cox-Prozesse, zufällige Mengen, stochastische Geometrie		
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Banerjee, Carlin &amp; Gelfand (2003): Hierarchical Modelling and Analysis of Spatial Data, Chapman &amp; Hall / CRC.</p> <p>Cressie (2001): Spatial Statistics, Wiley, New York.</p> <p>Diggle &amp; Ribeiro (2007): Model-based Geostatistics, Springer, New York.</p> <p>Schabenberger &amp; Gotway (2005): Statistical Methods for Spatial Data Analysis, Chapman &amp; Hall / CRC.</p> <p>Rue &amp; Held (2005): Gaussian Markov Random Fields, Chapman &amp; Hall / CRC, Boca Raton, FL.</p> <p>Møller (2003): Spatial Statistics and Computational Methods. Lecture Notes in Statistics 173, Springer, New York.</p> <p>Møller &amp; Waagepetersen (2003): Statistical inference and simulation for spatial point processes, Chapman and Hall/CRC, Florida.</p>		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>
			<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--
Exercises		1	--
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>			56 h

## mat847 - Elements of Exploratory Data Analysis, Robust Statistics, and Diagnostics

<b>Module label</b>	Elements of Exploratory Data Analysis, Robust Statistics, and Diagnostics	
<b>Modulkürzel</b>	mat847	
<b>Credit points</b>	6.0 KP	
<b>Workload</b>	180 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Environmental Modelling (Master) &gt; Mastermodule</li> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung durch Implementierung konkreter Probleme und durch Beherrschung der gängigen Software</li> <li>• Beherrschen der Analyse und Komplexität von Algorithmen</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Die Studierenden lernen die zentralen Konzepte, Argumente und Verfahren der explorativen Datenanalyse und der robusten Statistik kennen und können diese in R anwenden.</li> <li>• Querverbindungen: mat315, mat330, mat350, mat525, mat530</li> </ul> <p>mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematiknahe Programmierung in R</li> <li>• Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit</li> <li>• Strategien zum Umgang mit Ausreißern/Datenrobustheit</li> <li>• stochastische Simulation</li> </ul>	
<b>Module contents</b>	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte der graphischen Datenanalyse</li> <li>• Konzepte der interaktiven Datenanalyse</li> <li>• Begriffe, Werkzeuge und Schlussweisen der robusten Statistik</li> <li>• Umgebungen, Influenzkurve, Maxbiaskurve, Gross Error Sensitivity</li> <li>• Bruchpunkt, Minimax-Ansätze, Robuste Optimalität</li> <li>• Beispiele robuster Verfahren für Lokation, Skala, Kovarianzen, Regression</li> <li>• auf robusten Verfahren basierende Diagnostik</li> </ul>	
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Hampel, F.M., Ronchetti, E.M., Rousseeuw, P.J., Stahel, W.A.: Robust Statistics: the approach based on influence functions, Wiley.          Huber, P.J.: Robust Statistics, Wiley. Rieder, H.: Robust Asymptotic Statistics, Springer.          Rousseeuw, P.J., Leroy A.M.: Robust regression and outlier detection, Wiley.          Tukey, J.W.: Exploratory Data Analysis 6.</p>	
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C	
<b>Examination</b>	Prüfungszeiten	Type of examination
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL

---

Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

## mat849 - Statistical Algorithms

<b>Module label</b>	Statistical Algorithms			
<b>Modulkürzel</b>	mat849			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Environmental Modelling (Master) &gt; Mastermodule</li> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens sowohl durch breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Die Studierenden lernen wichtige Algorithmen und deren Implementation in Standard-Software kennen und können diese anwenden.</li> <li>• Querverbindungen: mat840, mat705, mat730, mat843</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	<p>als Obermenge zu verstehen; Akzentuierung durch Dozent möglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzipien zur Zufallszahlenerzeugung</li> <li>• Monte-Carlo Techniken: antithetische/Kontrollvariante, Rejection Sampling, Multilevel</li> <li>• Projection Pursuite</li> <li>• MCMC, Gibbs Sampling</li> <li>• Simulated Annealing</li> <li>• verschiedene Varianten des Bootstrap/subsampling</li> <li>• Regressionsbäume/CART</li> <li>• MARS</li> <li>• Ensemble Methoden: Bagging, Boosting</li> </ul>			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Dietterich, T.G.: Ensemble methods in machine learning. Multiple classifier systems.  Efron, B, Tibshirani, R.J.: An introduction to the bootstrap.  Hall, P.: The bootstrap and Edgeworth expansion.  Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.: The elements of statistical learning.  Ripley, B.D.: Stochastic Simulation.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat850 - Asset Liability Management

<b>Module label</b>	Asset Liability Management			
<b>Modulkürzel</b>	mat850			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Grundlagen der integrierten quantitativen Behandlung von Aktiv- und Passivseite im Versicherungsunternehmen verstehen und Standardmodelle kennenlernen</li> <li>• Querverbindungen: mat825, mat857, mat810</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	ALM als Prozess im Unternehmen, Anforderungen aus Aufsichtsrecht, Gesamtverband, Aktuarvereinigung: Grund- und Standardmodelle für Versicherungen; Modelle, Kennzahlen, Stresstests, Szenarien, Projektionsrechnung, Valuation Portfolio			
<b>Literaturempfehlungen</b>	<p>Fachausschuss Finanzmathematik (Hrsg.): Investmentmodelle für das Asset Liability Modelling von Versicherungsunternehmen, VVW Karlsruhe, 2002.</p> <p>Mummenhoff: Analyse des deutschen Standardmodells für Lebensversicherer unter Solvency II, ifa Ulm, 2007.</p> <p>Möller, Steffensen: Market-Valuation Methods in Life and Pension Insurance, Cambridge, 2007/08.</p> <p>Dickson, Hardy, Waters: Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks, Cambridge, 2009.</p>			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>		
<b>Final exam of module</b>	KM: nach Ende der Vorlesungszeit	KL		
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		2	--	28
Seminar		2	--	28
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat857 - Stochastic Models in Finance

<b>Module label</b>	Stochastic Models in Finance			
<b>Modulkürzel</b>	mat857			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen</li> <li>• Grundzüge der fairen Bepreisung im arbitragefreien Markt für derivative Finanzinstrumente kennen und anwenden können</li> <li>• Querverbindungen: mat811, mat816, mat815, mat820</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	Zeitstetige Finanzmathematik (arbitragefreie Preise für Finanzderivaten): Einführung in stochastische Differenziale und Integrale; zeitstetiges Marktmodell und Black Scholes Modell, arbitragefreie Preise: äquivalentes Martingalmaß und bedingte Erwartung, vollständige Märkte, stochastische Zinsmodelle (Vasicek, Cox Ross Rubinstein), Zinsderivate; optional: allgemeine Hedgingstrategien, Ausblick auf Levy Prozesse			
<b>Literaturempfehlungen</b>	BJÖRK, Tomas: Arbitrage Theory in Continuous Time, Oxford Finance Series, 2009. ETHERIDGE, Alison: A Course in Financial Calculus, Cambridge University Press, 2011. SANDMANN, Klaus: Einführung in die Stochastik der Finanzmärkte, Springer Verlag Berlin, 2009.			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	regelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
Examination	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	am Ende der Vorlesungszeit		KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SoSe oder WiSe	42
Exercises		1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				56 h

## mat860 - Advanced Topics in Stochastic Modelling

<b>Module label</b>	Advanced Topics in Stochastic Modelling			
<b>Modulkürzel</b>	mat860			
<b>Credit points</b>	6.0 KP			
<b>Workload</b>	180 h			
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>			
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>			
<b>Prerequisites</b>				
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Beherrschen wichtiger Verfahren und Algorithmen</li> <li>• Die Studierenden lernen spezialisierte Teilgebiete der Stochastik/Statistik kennen, die im Rahmen der mathematischen Modellierung moderne Anwendungsbezüge aufweisen.</li> </ul>			
<b>Module contents</b>	unterschiedlich			
<b>Literaturempfehlungen</b>	je nach Bedarf			
<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>	German, English			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester			
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig			
<b>Module capacity</b>	unlimited			
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C			
<b>Examination</b>	Prüfungszeiten		Type of examination	
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit		KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	<b>Comment</b>	<b>SWS</b>	<b>Frequency</b>	<b>Workload of compulsory attendance</b>
Lecture		3	--	42
Exercises		1	--	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

---

## mat865 - Advanced Topics in Statistics

<b>Module label</b>	Advanced Topics in Statistics
<b>Modulkürzel</b>	mat865
<b>Credit points</b>	6.0 KP
<b>Workload</b>	180 h
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bachelor's Programme Sustainability Economics (Bachelor) &gt; Wahlpflichtbereich</li><li>• Master's programme Business Administration: Management and Law (Master) &gt; Schwerpunktmodule AFT - Methoden</li><li>• Master's programme Business Administration: Management and Law (Master) &gt; Schwerpunktmodule UF - Methoden</li><li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li></ul>
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li><li>• May, Angelika (module responsibility)</li><li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li></ul>
<b>Prerequisites</b>	
<b>Skills to be acquired in this module</b>	

- Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik
- Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik
- Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter
- Erwerb direkt berufsbezogener inhaltlicher und prozessorientierter Kompetenzen
- In dieser Vorlesung wird ein aktuelles, fortgeschrittenes Themengebiet der Angewandten Statistik behandelt. Die Studierenden erwerben damit über den üblichen Kanon statistischer Verfahren hinausgehendes Spezialwissen sowie die Fähigkeit, sich solches Wissen anzueignen und in praktischen Analysen einzusetzen.

---

### Module contents

Es handelt sich um ein Modul, innerhalb dessen kurzfristig verschiedene, aktuelle Themen aus der Statistik angeboten werden können, immer jeweils im Rahmen der Modulvorgaben von 6KP/180h Workload mögliche solche Themen sind

- Angewandte Statistische Methoden in der Ökologie mit R (zuletzt SoSe 2017)
- Statistisches Lernen (zuletzt SoSe 2019)

Spezifikation eines konkreten Themas spätestens im Rahmen der rollierenden Vorlesungsplanung

Beispielhaft seien hier die Inhalte zu "Statistisches Lernen" genannt:

- Prädiktionsverfahren: lineare Regression, GLM in hochdimensionalen Modellen, regularisierte Regression, Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO), Support Vector Regression
- Klassifikationsverfahren und Clustering: lineare und quadratische Diskriminanzanalyse (LDA/QD), Support Vector Classification, Klassifikationsbäume (CART), verschiedene Clusterverfahren
- Vapnik-Chervonenkis Komplexität von Problemen
- Resampling Verfahren/Ensemble Methoden: Bagging, Boosting, Random Forests, verschiedene Kreuzvalidierungsstrategien
- Ausblick auf Ranking-Verfahren und Online-Learning

---

### Literaturempfehlungen

natürlich spezifisch für das jeweilige Thema

hier beispielhaft für "Statistisches Lernen":

- Bühlmann, P., van de Geer, S.: Statistics for high-dimensional data:

- methods, theory and applications. Springer, 2011.
- Friedman, J., Hastie, T., and Tibshirani, R.: The elements of statistical learning. Springer, 2001.
  - James, G., Witten, D., Hastie, T., and Tibshirani, R.: An introduction to statistical learning. Springer, 2013.
  - Vapnik, V.: Statistical learning theory. Wiley, 1998.
  - Vapnik, V.: The nature of statistical learning theory. Springer, 2013.

<b>Links</b>				
<b>Languages of instruction</b>		German, English		
<b>Duration (semesters)</b>		1 Semester		
<b>Module frequency</b>		unregelmäßig		
<b>Module capacity</b>		unlimited		
<b>Reference text</b>		Studienschwerpunkt: C		
Examination		Prüfungszeiten	Type of examination	
<b>Final exam of module</b>		nach Ende der Vorlesungszeit	KL	
Lehrveranstaltungsform	Comment	SWS	Frequency	Workload of compulsory attendance
Lecture		3	SoSe oder WiSe	42
Exercises		1	SoSe oder WiSe	14
<b>Präsenzzeit Modul insgesamt</b>				<b>56 h</b>

## mat870 - Seminar in Statistics

<b>Module label</b>	Seminar in Statistics	
<b>Modulkürzel</b>	mat870	
<b>Credit points</b>	6.0 KP	
<b>Workload</b>	180 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Kompetenzen und Fähigkeiten in freier Rede, ausgewählten Gesprächstechniken und ausgewählten Moderations- und Präsentationstechniken</li> <li>• Vertiefte Kenntnisse des Schreibens mathematisch-technischer Texte</li> <li>• Befähigung zur selbständigen Erschließung eines fortgeschrittenen statistischen Teilgebiets durch Ausarbeitung und angemessene Präsentation. Die Studierenden erlernen auch die praktische Anwendung des Erarbeiteten.</li> </ul> <p>digitale Souveränität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• reflektierter Einsatz digitaler Werkzeuge bei: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Präsentation in Seminaren</li> <li>◦ der wissenschaftlichen Recherche</li> </ul> </li> <li>• alltäglicher Umgang mit <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ digitalen Kommunikationswerkzeugen (Mail, BBB, ...)</li> <li>◦ Sicherungskonzepten/Backups</li> <li>◦ Nutzung von (Uni-)Cloud-Diensten zum Austausch und zur Kollaboration</li> <li>◦ Versionskontrolle beim Verfassen von wissenschaftlichen Texten und Code (git, svn)</li> </ul> </li> <li>• mathematikspezifische Aspekte von Digitalisierung je nach Seminar-Thema: <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ mathematiknahe Programmierung in R</li> <li>◦ Strategien für ein explizites Mitführen/Kontrollieren von Fehlern/Unsicherheit</li> <li>◦ Strategien zum Umgang mit Ausreißern/Datenrobustheit <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ stochastische Simulation</li> <li>▪ erste Erfahrungen mit Client-Server-Architekturen/Compute Clustern/Cloud-Rechnern zum Lösen großer Probleme</li> </ul> </li> <li>◦ Umgang mit großen Datenbanken</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Module contents</b>	Seminarthemen zu aktuellen Fragestellungen aus der angewandten Statistik anhand von Originalarbeiten in Abstimmung mit den Studierenden.	
<b>Literaturempfehlungen</b>	wird in einer entsprechenden Vorbesprechung vereinbart	
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	regelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C	
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>
<b>Final exam of module</b>		SA
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar	

---

<b>SWS</b>	2
<b>Frequency</b>	--
<b>Workload Präsenzzeit</b>	28 h

---

## mat875 - Seminar in Actuarial Mathematics, Probability and Statistics

<b>Module label</b>	Seminar in Actuarial Mathematics, Probability and Statistics	
<b>Modulkürzel</b>	mat875	
<b>Credit points</b>	6.0 KP	
<b>Workload</b>	180 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Kompetenzen und Fähigkeiten in freier Rede, ausgewählten Gesprächstechniken und ausgewählten Moderations- und Präsentationstechniken</li> <li>• Vertiefte Kenntnisse des Schreibens mathematisch-technischer Texte</li> <li>• Befähigung zur selbständigen Erschließung eines Themengebiets der Stochastik/Versicherungsmathematik durch Ausarbeitung und angemessene Präsentation. Die Studierenden vertiefen damit ihre Kompetenz, sich ein für sie neues mathematisches Teilgebiet zu erschließen und dieses in einem Vortrag zu vermitteln.</li> </ul>	
<b>Module contents</b>	ausgewählte Themen aus Stochastik und Versicherungsmathematik	
<b>Literaturempfehlungen</b>	je nach gewähltem Thema	
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	regelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C	
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>
<b>Final exam of module</b>		RE
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar	
<b>SWS</b>	2	
<b>Frequency</b>	--	
<b>Workload Präsenzzeit</b>	28 h	

## mat880 - Seminar in Mathematical Finance

<b>Module label</b>	Seminar in Mathematical Finance		
<b>Modulkürzel</b>	mat880		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>		
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> </ul>		
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systematische Vertiefung und Erweiterung der im Bachelorstudium erlangten Kenntnisse und Fähigkeiten zur Mathematik</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Kompetenzen und Fähigkeiten in freier Rede, ausgewählten Gesprächstechniken und ausgewählten Moderations- und Präsentationstechniken</li> <li>• Vertiefte Kenntnisse des Schreibens mathematisch-technischer Texte</li> <li>• Befähigung zur selbständigen Erschließung eines anwendungsbezogenen Teilgebiets aus der stochastischen Finanzmathematik oder der quantitativen Risikoanalyse durch Ausarbeitung und angemessene Präsentation sowie eigene Simulation. Die Studierenden vertiefen dadurch ihre Kompetenz zur schriftlichen und mündlichen Darstellung von Mathematik.</li> </ul>		
<b>Module contents</b>	ausgewählte Themen aus Finanzmathematik, Asset Liability Management oder quantitativer Risikoanalyse		
<b>Literaturempfehlungen</b>	je nach gewähltem Thema		
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>	German, English		
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>	regelmäßig		
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: C		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>		RE	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar		
<b>SWS</b>	2		
<b>Frequency</b>	--		
<b>Workload Präsenzzeit</b>	28 h		

## mat905 - Selected Topics in Mathematics

<b>Module label</b>	Selected Topics in Mathematics	
<b>Modulkürzel</b>	mat905	
<b>Credit points</b>	6.0 KP	
<b>Workload</b>	180 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Mastermodule</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Mathematik, Lehrende (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernetzung des eigenen mathematischen Wissens durch Herstellung auch inhaltlich komplexer Bezüge zwischen den verschiedenen Bereichen der Mathematik</li> <li>• Kennenlernen ganzer Theorien und damit verbundene Beherrschung komplexer mathematischer Methoden und Techniken</li> <li>• Kennenlernen vertiefter Anwendungen der Mathematik, auch exemplarisch mit Projektcharakter</li> <li>• Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens sowohl durch breite als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>• Verständnis und Vertiefung weiterführender Konzepte eines speziellen Themenbereiches der Mathematik und ihrer Anwendungen</li> <li>• Kennenlernen von fortgeschrittenen Themen in einem ausgewählten Kapitel in der aktuellen Forschung eines speziellen Themenbereiches der Mathematik und ihrer Anwendungen</li> </ul>	
<b>Module contents</b>	Die Inhalte werden je nach Wahl des Themenbereiches festgelegt und vor Veranstaltungsbeginn zur Verfügung gestellt.	
<b>Literaturempfehlungen</b>		
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	unregelmäßig	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Reference text</b>	Studienschwerpunkt: A, B, C	
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>
<b>Final exam of module</b>	nach Ende der Vorlesungszeit	KL
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	VA-Auswahl ( <i>Vorlesung und Übung oder Seminar</i> )	
<b>SWS</b>	6	
<b>Frequency</b>	--	
<b>Workload Präsenzzeit</b>	56 h	

---

## pb - Professionalisierung

<b>Module label</b>	Professionalisierung		
<b>Modulkürzel</b>	pb		
<b>Credit points</b>	6.0 KP		
<b>Workload</b>	180 h		
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	• Master's Programme Mathematics (Master) > Mastermodule		
<b>Zuständige Personen</b>			
<b>Prerequisites</b>			
<b>Skills to be acquired in this module</b>			
<b>Module contents</b>			
<b>Literaturempfehlungen</b>			
<b>Links</b>			
<b>Languages of instruction</b>			
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester		
<b>Module frequency</b>			
<b>Module capacity</b>	unlimited		
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>	
<b>Final exam of module</b>		KL	
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar		
<b>Frequency</b>			

# Abschlussmodul

## mam - Master's Thesis Module

<b>Module label</b>	Master's Thesis Module	
<b>Modulkürzel</b>	mam	
<b>Credit points</b>	30.0 KP	
<b>Workload</b>	900 h	
<b>Verwendbarkeit des Moduls</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Master's Programme Mathematics (Master) &gt; Abschlussmodul</li> </ul>	
<b>Zuständige Personen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chernov, Alexey (module responsibility)</li> <li>• Christiansen, Marcus (module responsibility)</li> <li>• Frühbis-Krüger, Anne (module responsibility)</li> <li>• Ruckdeschel, Peter (module responsibility)</li> <li>• Grieser, Daniel (module responsibility)</li> <li>• Heß, Florian (module responsibility)</li> <li>• May, Angelika (module responsibility)</li> <li>• Pankrashkin, Konstantin (module responsibility)</li> <li>• Stein, Andreas (module responsibility)</li> <li>• Uecker, Hannes (module responsibility)</li> <li>• Vertman, Boris (module responsibility)</li> <li>• Wrobel, Milena (module responsibility)</li> </ul>	
<b>Prerequisites</b>		
<b>Skills to be acquired in this module</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fähigkeit zu Wissenstransfer von einem Kontext zu einem anderen</li> <li>- Selbstständige Erarbeitung eines grundlegenden für die Mathematik relevanten Themas</li> <li>- Fähigkeit zu Analyse und Synthese vertiefter mathematischer Resultate</li> <li>- Erarbeitung und Anwendung geeigneter mathematischer Prozesse zur Lösung von Problemen</li> <li>- Zusammenfassung und mathematische Formulierung komplexer Probleme</li> <li>- Stärkung des mathematischen Urteilsvermögens und des akademischen Selbstvertrauens durch breite, als auch vertiefte Kenntnis der Reinen und Angewandten Mathematik</li> <li>- Fähigkeiten in Zeitmanagement und Organisation</li> <li>- Wissenschaftlich-methodische Bearbeitung mathematischer Themenbereiche der Forschung</li> <li>- Fähigkeit, mathematische Argumente und deren Schlussfolgerungen klar und präzise vorzutragen</li> <li>- Management eines eigenen Projekts, Präsentationstechniken und Vertiefung rhetorischer Fähigkeiten</li> </ul>	
<b>Module contents</b>	Anleitung zur wissenschaftlichen Arbeit, Einarbeitung in den Kontext des zu behandelnden Problems.	
<b>Literaturempfehlungen</b>		
<b>Links</b>		
<b>Languages of instruction</b>	German, English	
<b>Duration (semesters)</b>	1 Semester	
<b>Module frequency</b>	halbjährlich	
<b>Module capacity</b>	unlimited	
<b>Examination</b>	<b>Prüfungszeiten</b>	<b>Type of examination</b>
<b>Final exam of module</b>	6 Monate nach Ausgabe des Themas	G
<b>Lehrveranstaltungsform</b>	Seminar	
<b>SWS</b>	2	
<b>Frequency</b>	SoSe und WiSe	
<b>Workload Präsenzzeit</b>	28 h	

