



OSTBAYERISCHE  
TECHNISCHE HOCHSCHULE  
REGENSBURG

INFORMATIK UND  
MATHEMATIK

# Modulhandbuch

## für den Masterstudiengang

### **Mathematik (M.Sc.)**

Stand SoSe 2024

zusammengestellt von:

Prof. Dr. Wolfgang Lauf  
wolfgang.lauf@oth-regensburg.de

## Inhalt

I	Vorbemerkungen .....	3
II	Übersichten .....	4
III	Pflichtmodule .....	5
III.1	Algebra .....	5
III.2	Funktionalanalysis .....	7
III.3	Nichtlineare Optimierung / Nonlinear Optimization .....	9
III.4	Statistische Methoden .....	13
III.5	Projektmanagement .....	15
III.6	Hauptseminar .....	18
III.7	Masterarbeit .....	19
IV	Modulgruppe: Vertiefung .....	20
IV.1	Angewandte Algebraische Geometrie .....	20
IV.2	Codierungstheorie .....	22
IV.3	Geometrische Funktionentheorie .....	23
IV.4	Numerik partieller Differentialgleichungen .....	24
IV.5	Numerische Optimierung .....	26
IV.6	Partielle Differentialgleichungen .....	27
IV.7	Public-Key-Kryptographie .....	28
IV.8	Statistical Learning .....	30
IV.9	Stochastische Prozesse .....	31
IV.10	Systemtheorie .....	33
V	Modulgruppe: Anwendung .....	34
V.1	Finanzmathematik .....	35
V.2	Modellierung .....	37
V.3	Numerische Methoden der Finanzmathematik .....	38
V.4	Preisgestaltung von Rückversicherungsverträgen .....	39
V.5	Risikothorie .....	41
V.6	Bildanalyse .....	42
V.7	Fortgeschrittene Robotik .....	43
V.8	Integraltransformationen .....	45
V.9	Inverse Probleme und Bildgebung .....	46
V.10	IT-Sicherheit .....	48
V.11	Mathematische Methoden der Quantenphysik .....	50
V.12	Signale und Nachrichtenübertragung .....	52
V.13	Simulation .....	54
V.14	Simulationsmethoden in der Physik .....	55

## I Vorbemerkungen

Die Einteilung dieses Modulhandbuchs folgt der Anlage 1 der **Studien- und Prüfungsordnung** für den **Masterstudiengang Mathematik** an der OTH Regensburg in der Fassung vom **27.05.2013**.

Der **letzte Start** dieses Studiengangs erfolgte zum **SoSe 24**. Demzufolge wird mit zunehmendem Studienfortschritt der Studierenden dieses Modulhandbuch reduziert.

Das Modulhandbuch führt die Lernziele der einzelnen Module anhand von zu erwerbenden Kompetenzen auf. Diese sind unterteilt in *Fachkompetenz* (Wissen, Fertigkeiten) und *Persönliche Kompetenz* (Sozialkompetenz, Selbständigkeit).

Jede Kompetenz wird einer Niveaustufe durch Angabe einer der Ziffern „1“ bis „3“ in Klammern zugewiesen. Die drei Niveaustufen gliedern sich in *Kennen* (Stufe 1), *Können* (Stufe 2) und *Verstehen und Anwenden* (Stufe 3).

Neben der Vermittlung fachlicher Kompetenzen ist die Vermittlung von **persönlichen Kompetenzen** selbstverständlich integraler Bestandteil einer jeden Lehrveranstaltung bzw. eines Hochschulstudiums im Allgemeinen. Sofern zu einem Modul die zu erwerbenden persönlichen Kompetenzen nicht weiter präzisiert werden, sind die Studierenden nach der erfolgreichen Absolvierung eines Moduls in der Lage

- den eigenen Lernfortschritt und Lernbedarf zu analysieren (3) und ggf. Handlungsweisen daraus abzuleiten (3),
- zielorientiert mit anderen zusammenzuarbeiten (2), deren Interessen und soziale Situation zu erfassen (2), sich mit ihnen rational und verantwortungsbewusst auseinanderzusetzen und zu verständigen (2) sowie die Arbeits- und Lebenswelt mitzugestalten (3),
- wissenschaftlich im Sinne der „Regeln guter wissenschaftlicher Praxis“ zu arbeiten (2), fachliche Inhalte darzustellen (2) und vor einem Publikum in korrekter Fachsprache zu präsentieren (2).

## II Übersichten

### Studienverlaufsplan

Veranstaltung	1.Semester		2.Semester		Master-Semester		Modulgruppen
	SWS	CP	SWS	CP	SWS	CP	
<b>Pflichtmodule</b>							<b>Vertiefung</b>
<b>Algebra (M-ALG)</b>	6	7,5					<b>Angewandte Algebraische Geometrie (M-AAG)</b>
<b>Nichtlineare Optimierung / Nonlinear Optimization (M-NOP)</b>	6	7,5					<b>Codierungstheorie (M-COD)</b>
<b>Vertiefungsmodul</b>							<b>Geometrische Funktionentheorie (M-GFT)</b>
<i>Vorlesung aus Modulgruppe</i>	4	5					<b>Numerik Partieller Differentialgleichungen (M-NPD)</b>
<i>Vorlesung aus Modulgruppe</i>	4	5					<b>Numerische Optimierung (M-NUO)</b>
<b>Anwendungsmodul</b>							<b>Partielle Differentialgleichungen (M-PDG)</b>
<i>Vorlesung aus Modulgruppe</i>	4	5					<b>Public-Key-Kryptographie (M-PKK)</b>
<b>Pflichtmodule</b>							<b>Statistical Learning (M-STL)</b>
<b>Statistische Methoden (M-STM)</b>			6	7,5			<b>Stochastische Prozesse (M-STP)</b>
<b>Funktionalanalysis (M-FAN)</b>			6	7,5			<b>Systemtheorie (M-STH)</b>
<b>Vertiefungsmodul</b>							<b>Anwendung</b>
<i>Vorlesung aus Modulgruppe</i>			4	5			<b>Aktuarwissenschaften</b>
<b>Soft Skills</b>							<b>Finanzmathematik (M-FIM)</b>
<b>Projektmanagement (M-PRM)</b>			2	2			<b>Numerische Methoden der Finanzmathematik (M-NFI)</b>
<b>Anwendungsmodul</b>							<b>Modellierung (M-MOD)</b>
<i>Vorlesung aus Modulgruppe</i>			4	5			<b>Preisgestaltung von Rückversicherungsverträgen (M-PRV)</b>
<b>Simulation (M-SIM)</b>			2	3			<b>Risikotheorie (M-RTH)</b>
<b>Hauptseminar (M-HSE)</b>					2	6	<b>Technik und Informationstechnologie</b>
<b>Masterarbeit (M-MS)</b>						24	<b>Bildanalyse (M-BAN)</b>
<b>Summe</b>	24	30	24	30	2	30	<b>Fortgeschrittene Robotik (M-FRO)</b>
							<b>Integraltransformationen (M-ITA)</b>
							<b>Inverse Probleme und Bildgebung (M-IPB)</b>
							<b>IT-Sicherheit (M-ITS)</b>
							<b>Mathematische Methoden der Quantenphysik (M-MMQ)</b>
							<b>Signale und Nachrichtenübertragung (M-SIN)</b>
							<b>Simulationsmethoden in der Physik (M-SPH)</b>
							Erstellt: Prof. Dr. W. Lauf
							<b>Legende</b>
							CP Credit Points (ECTS)
							SWS Semesterwochenstunden

#### Hinweise:

- Ein Studienverlaufsplan ist ein nach den Prüfungsordnungen zulässiger Vorschlag für die Gestaltung des Studiums in Regelstudienzeit. Die individuelle Gestaltung der Studierenden kann von diesem Vorschlag abweichen. Allein die Bestimmungen der Prüfungsordnungen sind bindend.
- Die im Studienverlaufsplan des Masterstudiengangs Mathematik genannten Veranstaltungen werden in der Regel folgendermaßen angeboten:
  - 1.Semester im Sommersemester
  - 2.Semester im Wintersemester
  - Hauptseminar und Masterarbeit im Sommer- und Wintersemester
- Grundsätzlich werden diejenigen Veranstaltungen des Masterstudiengangs Mathematik, die wesentliche Inhalte für andere Veranstaltungen des Masterstudiengangs zur Verfügung stellen, zeitlich und inhaltlich so gestaltet, dass die erforderlichen mathematischen Zusammenhänge rechtzeitig zur Verfügung stehen.

### III Pflichtmodule

#### III.1 Algebra

<b>Modulbezeichnung</b>	<b><i>Algebra (Algebra)</i></b>
Modulniveau	<i>Master</i>
<b>Kürzel</b>	<b><i>M-ALG</i></b>
Lehrveranstaltungen	<i>Algebra</i>
Studiensemester	<i>1. o. 2.</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Rainer Löschel, Prof. Dr. Oliver Stein</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Rainer Löschel, Prof. Dr. Oliver Stein</i>
Sprache	<i>Deutsch</i>
Zuordnung zum Curriculum	<i>M.Sc.: Pflicht, 1. o. 2. Sem.</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht + Übungen, Praktikum / 4 + 2 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 + 30 h, Eigenstudium: 90 + 45 h</i>
Kreditpunkte	<i>7,5 ECTS</i>
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	--
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-ZTH: Elementare Zahlentheorie</i>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• algebraische Strukturen wie Gruppen und Körper, insbesondere auch endliche Körper, die z.B. für die Codierungstheorie und Kryptographie zentral sind, zu verstehen (3),</i></li> <li><i>• algebraische Methoden unter verschiedenen Aspekten und Blickrichtungen einzuordnen (3),</i></li> <li><i>• die moderne Algebra als vereinheitlichenden und systematisierenden Faktor sowie den strukturellen Gesichtspunkt als ökonomisierender Faktor zu verstehen (2),</i></li> <li><i>• algorithmisch konstruktiv zu arbeiten (1),</i></li> <li><i>• konkrete Einzelfallanwendungen zu bearbeiten (1),</i></li> <li><i>• Softwaremodule zu erstellen (2).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• fachlich zu kommunizieren (2),</i></li> <li><i>• Probleme analytisch und selbstständig zu bearbeiten (2).</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>• Gruppen (u.a. endliche Gruppen, Normalteiler, Homomorphismen, Isomorphiesätze, Operationen von Gruppen auf Mengen, Struktursätze)</i></li> <li><i>• Ringe (u.a. Teilbarkeit, Ideale, Homomorphismen, Isomorphiesätze, Polynomringe)</i></li> <li><i>• Körper (u.a. Körpererweiterungen, algebraische Erweiterungen, algebraischer Abschluss, Galoistheorie, endliche Körper)</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

Studien-/Prüfungsleistungen	<i>Schriftliche Prüfung (90-120 Min.) oder mündliche Prüfung (15-45 Min.) Notengewicht: 1</i>
Medienformen	<i>Tafel, Beamer, Mathematische Software</i>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Fischer, G.: Lehrbuch der Algebra</i></li><li>• <i>Karpfinger, C., Meyberg, K.: Algebra</i></li><li>• <i>Reiffen, H.-J., Scheja, G., Vetter, U.: Algebra</i></li><li>• <i>Wüstholtz, G.: Algebra</i></li></ul>

### III.2 Funktionalanalysis

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Funktionalanalysis</b> ( <i>Functional Analysis</i> )
Modulniveau	<i>Master</i>
<b>Kürzel</b>	<b>M-FAN</b>
Lehrveranstaltungen	<i>Funktionalanalysis</i>
Studiensemester	<i>1. o. 2.</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Wolfgang Lauf, Prof. Dr. Oliver Stein</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Wolfgang Lauf, Prof. Dr. Rainer Löschel, Prof. Dr. Oliver Stein, Prof. Dr. Peter Wirtz</i>
Sprache	<i>Deutsch</i>
Zuordnung zum Curriculum	<i>M.Sc.: Pflicht, 1. o. 2. Sem.</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht + Übungen / 4 + 2 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 + 30 h Eigenstudium: 90 + 45 h</i>
Kreditpunkte	<i>7,5 ECTS</i>
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	--
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-APP: Approximationstheorie,</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• die wichtigsten Banach- und Hilbert-Räume zu erläutern (1),</i></li> <li><i>• die grundsätzliche Struktur von Hilbert-Räumen zu beschreiben (1)</i></li> <li><i>• lineare Operatoren auf Banach- und Hilbert-Räumen zu analysieren (2),</i></li> <li><i>• funktionalanalytische Methoden auf Operatorgleichungen anzuwenden (3),</i></li> <li><i>• zentrale funktionalanalytische Prinzipien zu erläutern (1).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs</i>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>• Grundlegende Räume (u.a. metrischer Raum, Banach-Raum, Hilbert-Raum, Lebesgue-Raum)</i></li> <li><i>• Lineare Operatoren in normierten Räumen (u.a. beschränkte Operatoren, Neumannsche Reihe, Rieszscher Darstellungssatz, Fredholmsche Alternative, symmetrische Operatoren)</i></li> <li><i>• Prinzipien der Funktionalanalysis (u.a. Prinzip der gleichmäßigen Beschränktheit, Prinzip der offenen Abbildung, Hahn-Banach-Sätze)</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

---

Studien-/Prüfungsleistungen	<i>schriftliche Prüfung (90-120 Min.) oder mündliche Prüfung (15-45 Min.) Notengewicht: 1</i>
Medienformen	<i>Tafel, Beamer, Mathematische Software</i>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Alt, H.W.: Lineare Funktionalanalysis</i></li><li>• <i>Burg, K., et. al.: Partielle Differentialgleichungen und funktionalanalytische Grundlagen</i></li><li>• <i>Dobrowolski, M.: Angewandte Funktionalanalysis</i></li><li>• <i>Göpfert, A., et. al.: Angewandte Funktionalanalysis</i></li><li>• <i>Heuser, H.: Funktionalanalysis</i></li><li>• <i>Kreyszig, E.: Introductory Functional Analysis with Applications</i></li><li>• <i>Rynne, B. P., Youngson, M. A.: Linear Functional Analysis</i></li><li>• <i>Werner, D.: Funktionalanalysis</i></li></ul>



### III.3 Nichtlineare Optimierung / Nonlinear Optimization

<b>Modulbezeichnung</b>	<b><i>Nichtlineare Optimierung</i></b>
Modulniveau	<i>Master</i>
<b>Kürzel</b>	<b><i>M-NOP</i></b>
Lehrveranstaltungen	<i>Nichtlineare Optimierung</i>
Studiensemester	<i>1. o. 2.</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Stefan Körkel, Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Stefan Körkel, Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Sprache	<i>Deutsch / Englisch</i>
Zuordnung zum Curriculum	<i>M.Sc.: Pflicht, 1. o. 2. Sem.</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht + Übungen, Praktikum / 4 + 2 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 + 30 h, Eigenstudium: 90 + 45 h</i>
Kreditpunkte	<i>7,5 ECTS</i>
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	--
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-LO: Lineare Optimierung; B-MS: Mathematische Software</i>
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Beherrschung der Modellierung nichtlinearer Optimierungsprobleme</i></li> <li>• <i>Kenntnis wichtiger Prototypen nichtlinearer Optimierungsmodelle</i></li> <li>• <i>Detaillierte Kenntnis der Struktur und Qualität wichtiger Algorithmen zur Lösung nichtlinearer Optimierungsprobleme</i></li> <li>• <i>Erstellung von Softwaremodulen zur Lösung nichtlinearer Optimierungsprobleme</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Optimalitätsbedingungen für un- u. restringierte Probleme (u.a. Sätze von Lagrange, Kuhn-Tucker)</i></li> <li>• <i>Konvexe Optimierungsprobleme</i></li> <li>• <i>Abstiegsverfahren für unrestringierte Probleme (u.a. Gradientenverfahren, CG-Verfahren)</i></li> <li>• <i>Abstiegsverfahren für restringierte Probleme (z.B. Verfahren der zulässigen Richtungen, Projizierte und Reduzierte Gradienten, Penalty-Verfahren)</i></li> <li>• <i>Newton-Typ-Verfahren (z.B. Quasi-Newton-Verfahren, SQP-Verfahren, insbesondere BFGS, Gauß-Newton-Verfahren)</i></li> <li>• <i>Untersuchung der lokalen Konvergenz der Verfahren (u.a. Satz von Dennis-Moré)</i></li> <li>• <i>Methoden zur Globalisierung der Konvergenz (z.B. Linesearch oder Trust-Region, Satz von Zoutendijk)</i></li> <li>• <i>Methoden für ungleichungsrestringierte Probleme (z.B. Active Set, Interior Point)</i></li> <li>• <i>Techniken zur Berechnung von Ableitungen (z.B. Numerische ~, Automatische Differentiation)</i></li> <li>• <i>Anwendungsbeispiele (auch nichtlineare Ausgleichsprobleme)</i></li> <li>• <i>Algorithmen und Software (u.a. MATLAB)</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

---

Studien-/Prüfungsleistungen	<i>Schriftliche Prüfung (90-120 Min.) oder mündliche Prüfung (15-45 Min.) Notengewicht: 1</i>
Medienformen	<i>Tafel, Beamer, Mathematische Software</i>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Geiger, C., Kanzow, C.: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsverfahren</i></li><li>• <i>Geiger, C., Kanzow, C.: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben</i></li><li>• <i>Luenberger, D. G., Ye, Y.: Linear and Nonlinear Programming</i></li><li>• <i>Nocedal, J., Wright, S. J.: Numerical Optimization</i></li><li>• <i>Stoer, J., Jarre, F.: Optimierung</i></li><li>• <i>Ulrich, M., Ulbrich, S.: Nichtlineare Optimierung</i></li></ul>

<b>Module</b>	<b><i>Nonlinear Optimization</i></b>
Graduate degree	<i>Master</i>
<b>Abbreviation</b>	<b><i>M-NOP</i></b>
Course	<i>Nonlinear Optimization</i>
Semester	<i>1nd or 2nd</i>
Responsible	<i>Prof. Dr. Stefan Körkel, Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Lecturer	<i>Prof. Dr. Stefan Körkel, Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Language	<i>English if necessary, otherwise German</i>
Assignment to curriculum	<i>M.Sc.: mandatory, 1nd or 2nd semester</i>
Teaching method / weekly lecture hours	<i>Lecture + exercises, practical training / 4 + 2</i>
Work load in hours	<i>Study with attendance: 60 + 30 h, Private study: 90 + 45 h</i>
Credit points	<i>7,5 ECTS</i>
Requirements according to examination regulations	--
Recommended prerequisites	<i>B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Linear Algebra 1,2; B-LO: Linear Optimization; B-MS: Mathematical Software</i>
Learning objectives	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Understanding of the modeling of nonlinear optimization problems</i></li> <li>• <i>Knowledge of important prototypes of nonlinear optimization models</i></li> <li>• <i>Detailed knowledge of structure and properties of important algorithms for the solution of nonlinear optimization problems</i></li> <li>• <i>Implementation of software modules for the solution of nonlinear optimization problems</i></li> </ul>
Contents	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Optimality conditions for unconstrained and constrained problems (Lagrange, Karush-Kuhn-Tucker)</i></li> <li>• <i>Convex optimization problems</i></li> <li>• <i>Descent methods for unconstrained problems (e.g. gradient method, CG method)</i></li> <li>• <i>Descent methods for constrained problems (e.g. method of feasible directions, projected and reduced gradients, penalty methods)</i></li> <li>• <i>Newton-type methods (e.g. quasi-Newton methods, SQP methods, in particular BFGS, Gauß-Newton)</i></li> <li>• <i>Analysis of the local convergence behavior of the methods (i.a. Theorem of Dennis-Moré)</i></li> <li>• <i>Methods for the globalization of convergence (e.g. line search, trust region, Theorem of Zoutendijk)</i></li> <li>• <i>Methods for inequality constrained problems (e.g. active set, interior point)</i></li> <li>• <i>Methods for the evaluation of derivatives (e.g. numerical vs. automatic differentiation)</i></li> <li>• <i>Application examples (especially nonlinear fitting problems)</i></li> <li>• <i>Algorithms and software (i.a. MATLAB)</i></li> </ul>

Continued on next page

---

Study / examination achievements	<i>Written examination (90-120 Min.) or oral examination (15-45 Min.) Weight of examination: 1</i>
Teaching media	<i>Blackboard, projector, mathematical software</i>
Literature	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Geiger, C., Kanzow, C.: Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsverfahren</i></li><li>• <i>Geiger, C., Kanzow, C.: Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben</i></li><li>• <i>Luenberger, D. G., Ye, Y.: Linear and Nonlinear Programming</i></li><li>• <i>Nocedal, J., Wright, S. J.: Numerical Optimization</i></li><li>• <i>Stoer, J., Jarre, F.: Optimierung</i></li><li>• <i>Ulrich, M., Ulbrich, S.: Nichtlineare Optimierung</i></li></ul>

### III.4 Statistische Methoden

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Statistische Methoden</b> ( <i>Statistical Methods</i> )
Modulniveau	Master
<b>Kürzel</b>	<b>M-STM</b>
Lehrveranstaltungen	Statistische Methoden
Studiensemester	1. o. 2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Peter Wirtz, Prof. Dr. Hans Kiesl
Dozent(in)	Prof. Dr. Peter Wirtz, Prof. Dr. Hans Kiesl
Sprache	Deutsch / Englisch
Zuordnung zum Curriculum	M.Sc.: Pflicht, 1. o. 2. Sem.
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht + Übungen / 4 + 2 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 60 + 30 h Eigenstudium: 90 + 45 h
Kreditpunkte	7,5 ECTS
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	--
Empfohlene Voraussetzungen	B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1,2: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1,2
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<p>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die mathematischen Hintergründe der wichtigsten Techniken der mathematischen Statistik, insbesondere der multivariaten Statistik zu reproduzieren (2),</li> <li>• grundlegende Ideen und Konzepte der mathematischen Statistik, insbesondere der multivariaten Statistik eigenständig darzustellen, zu vergleichen und zu bewerten (2),</li> <li>• Beweise und Herleitungen der wichtigsten Resultate aus der Vorlesung zu reproduzieren (2),</li> <li>• Beweise und Herleitungen für noch nicht gesehene Aussagen aus dem Bereich der mathematischen Statistik selbstständig zu entwickeln (3),</li> <li>• geeignete Verfahren der mathematischen Statistik, insbesondere der multivariaten Statistik, für praxisnahe Fragestellungen auszuwählen und die Ergebnisse korrekt zu interpretieren (3).</li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

<p>Lernziele: Persönliche Kompetenz</p>	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>das Wesen der mathematisch-statistischen Arbeitsweise in der mathematischen Statistik zu beschreiben (1),</i></li> <li>• <i>fachliche Inhalte in Lerngruppen zu diskutieren (2),</i></li> <li>• <i>die Argumente anderer zu analysieren (3),</i></li> <li>• <i>den Lernprozess in Lerngruppen zu bewerten (3),</i></li> <li>• <i>genau zu formulieren, was sie nicht verstanden haben (2),</i></li> <li>• <i>neue Inhalte im Selbststudium zu erarbeiten (2),</i></li> <li>• <i>den eigenen Lernfortschritt und -bedarf zu analysieren (3),</i></li> <li>• <i>ihren Lernprozess (Zeitmanagement) selbständig zu organisieren (2),</i></li> <li>• <i>mit den Dozentinnen und Dozenten und anderen Studierenden mathematisch anspruchsvoll zu diskutieren (3).</i></li> </ul>
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>mehrdimensionale stetige Zufallsvariablen</i></li> <li>• <i>bedingte Verteilungen</i></li> <li>• <i>Zuverlässigkeitsanalyse</i></li> <li>• <i>parametrische und nichtparametrische statistische Testverfahren</i></li> <li>• <i>die Informationsungleichung von Rao-Cramér-Fréchet</i></li> <li>• <i>das Fundamentalllemma von Neyman-Pearson mit Anwendungen</i></li> <li>• <i>Suffizienz und Vollständigkeit von Statistiken</i></li> <li>• <i>Schätz- und Testtheorie im Allgemeinen Linearen Modell am Beispiel der Regressions- und Varianzanalyse</i></li> </ul>
<p>Studien-/Prüfungsleistungen</p>	<p><i>schriftliche Prüfung (90-120 Min.) oder mündliche Prüfung (15-45 Min.)</i> <i>Notengewicht: 1</i></p>
<p>Medienformen</p>	<p><i>Tafel, Beamer</i></p>
<p>Literatur</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Casella, C., Berger, R.: Statistical Inference (2nd edition), Duxberry Press 2001</i></li> <li>• <i>Efron, B., Hastie, T.: Computer Age Statistical Inference, Cambridge University Press 2016</i></li> <li>• <i>Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J.: The Elements of Statistical Learning (2nd edition), Springer 2016</i></li> <li>• <i>James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R.: An Introduction to Statistical Learning with Applications in R, Springer 2013</i></li> </ul>

### III.5 Projektmanagement

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Projektmanagement (Project Management)</b>
Modulniveau	Master
<b>Kürzel</b>	<b>M-PRM</b>
Lehrveranstaltungen	Projektmanagement
Studiensemester	1. o. 2.
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Markus Westner
Dozent(in)	Werner Schiekofer
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	M.Sc.: Pflicht, 1. Sem.
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht mit Übungen und Praktikum / 2 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 30 h, Eigenstudium: 30 h
Kreditpunkte	2 ECTS
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	--
Empfohlene Voraussetzungen	--
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundbegriffe, Methoden, Vorgehensmodelle, Standards, Arbeitsformen bei Projekten und die Zusammenhänge eines Projektmanagements zu erläutern,</li> <li>• Chancen und Risiken der Projektorganisation zu benennen,</li> <li>• das Management von Projekten (z.B. Planung, Koordination, Team-Arbeit, Kontrolle und Qualität) zu charakterisieren und entsprechende Methoden und Fertigkeiten (z.B. Aufwandschätzungen) im Rahmen von Fallstudien kritisch zu evaluieren und anzuwenden.</li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

<p>Lernziele: Persönliche Kompetenz</p>	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>sich im Team zu organisieren, zu strukturieren und zu kommunizieren (2),</i></li> <li>• <i>gemeinsam Ziele zu formulieren und dazu geeignete Methoden einzusetzen (3),</i></li> <li>• <i>den Teammitgliedern Kompetenzen zuzuweisen (2),</i></li> <li>• <i>Entscheidungs- und Problemlösungstechniken anzuwenden (2),</i></li> <li>• <i>sich mit den Ansichten unterschiedlicher Stakeholder analytisch auseinander zu setzen (3),</i></li> <li>• <i>sich mit unterschiedlichen Ansichten und Kritik konstruktiv auseinander zu setzen (3),</i></li> <li>• <i>Feedback zu ihren Leistungen anzunehmen und umzusetzen (3),</i></li> <li>• <i>konstruktiv Feedback zu den Leistungen anderer im Team zu geben (2),</i></li> <li>• <i>ihre zeitlichen und finanziellen Ressourcen zu planen und zu kontrollieren (2),</i></li> <li>• <i>ihre Leistungen zu planen, zu kontrollieren und dieses gegenüber ihren Auftraggebern zu verantworten (2),</i></li> <li>• <i>sich und andere erfolgreich zu motivieren (3),</i></li> <li>• <i>Konfliktpotentiale zu erkennen, sie rechtzeitig zu deeskalieren und zu lösen (3).</i></li> </ul>
<p>Inhalt</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Grundbegriffe (Projekt, Prozess, Anordnungsbeziehung, Phase, Meilenstein, Ressource, Budget, Projektorganisation)</i></li> <li>• <i>Projektauftrag (Begriffe, Erstellung, Zieldefinition)</i></li> <li>• <i>Projektplanung (Projektstrukturplan, Projektablaufplan, Methoden zur Projektplanerstellung, Berechnung kritischer Pfad)</i></li> <li>• <i>Projektrealisierung (Projektkontrolle)</i></li> <li>• <i>Personalmanagement (Faktor Mensch, Team, Rollen, Konflikt- u. Zeitmanagement)</i></li> <li>• <i>Vorgehensmodell (Phasenmodell, Wasserfallmodell vs. Agile Methoden / SCRUM)</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite



Studien-/Prüfungsleistungen	<i>mündlicher Leistungsnachweis u./o. Klausur u./o. Studienarbeit Notengewicht: 1</i>
Medienformen	<i>Tafel, Beamer</i>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Eigenes Skript</i></li> <li>• <i>Gessler, Michael (Hrsg.): Kompetenzbasiertes Projektmanagement (PM3), Nürnberg</i></li> <li>• <i>Hindel / Hörmann / Müller / Schmied: Basiswissen Projektmanagement, 2. Auflage, dpunkt</i></li> <li>• <i>Litke, H.-D.: Projektmanagement, 4. Auflage, Hanser</i></li> <li>• <i>Litke, H.-D., Kunow, I., Schulz-Wimmer, H.: Projektmanagement – Best of, Haufe - Lexware</i></li> <li>• <i>Mellis / Werner: Projektmanagement der Software-Entwicklung, Vieweg</i></li> <li>• <i>Ottmann, R., Pfeiffer, A., Schelle, H.: Projektmanager, 2. Auflage, Nürnberg</i></li> <li>• <i>Wolf, H., Bleek, W.-G.: Agile Softwareentwicklung, Werte, Konzepte und Methoden, dpunkt</i></li> <li>• <i>A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), 6th Edition, Project Management Institute</i></li> <li>• <i>Kerzner, H.: Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling, 12th Edition</i></li> </ul>

**III.6 Hauptseminar**

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Hauptseminar</b> ( <i>Advanced Seminar</i> )
Modulniveau	<i>Master</i>
<b>Kürzel</b>	<b>M-HSE</b>
Lehrveranstaltungen	<i>Hauptseminar</i>
Studiensemester	3.
Modulverantwortliche(r)	<i>Dekan</i>
Dozent(in)	<i>alle Mathematik-ProfessorInnen der Fakultät IM</i>
Sprache	<i>Deutsch / Englisch</i>
Zuordnung zum Curriculum	<i>M.Sc.: Pflicht, 3. Sem.</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminar / 2 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 120 h</i>
Kreditpunkte	<i>6 ECTS</i>
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	--
Empfohlene Voraussetzungen	<i>mindestens 45 ECTS-Punkte aus 1. + 2.Semester</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• ein mathematisches (Forschungs)thema selbständig zu erarbeiten, auszuarbeiten und zu präsentieren (2)</i></li> <li><i>• unter Berücksichtigung konstruktiver Kritik fachwissenschaftlich zu diskutieren (3),</i></li> <li><i>• grundlegende Techniken der Arbeitsorganisation und -dokumentation zu beherrschen (2).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs</i>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>• Mathematische (Forschungs)themen</i></li> </ul>
Studien-/Prüfungsleistungen	<i>Teilnahmenachweis, Referat zu mathematischem (Forschungs)thema, schriftliche Ausarbeitung, Notengewicht: 1</i>
Medienformen	<i>Tafel, Beamer, Mathematische Software</i>
Literatur	<i>Mathematische Literatur gem. Themen</i>

**III.7 Masterarbeit**

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Masterarbeit (Master Thesis)</b>
Modulniveau	Master
<b>Kürzel</b>	<b>M-MS</b>
Lehrveranstaltungen	M-MAA: Masterarbeit M-MAS: Masterseminar
Studiensemester	3.
Modulverantwortliche(r)	Prüfungskommissionsvorsitzende(r)
Dozent(in)	alle aktiven ProfessorInnen der Fakultät IM
Sprache	Deutsch / Englisch
Zuordnung zum Curriculum	M.Sc.: Pflicht, 3. Sem.
Lehrform	Selbständige Bearbeitung einer fachwissenschaftlichen Problemstellung, Erstellen einer schriftlichen Ausarbeitung, Seminar
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	600 + 120 h
Kreditpunkte	20 + 4 ECTS
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	mindestens 45 ECTS-Punkte aus 1. + 2. Semester
Empfohlene Voraussetzungen	alle Pflichtmodule
Lernziele: Fachliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>eine fachwissenschaftliche Problemstellung selbständig und forschungsorientiert zu bearbeiten (3),</li> <li>eigene innovative Lösungsansätze beizutragen (3).</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>im Team fachwissenschaftlich unter Berücksichtigung konstruktiver Kritik diskutieren (3),</li> <li>die Entwicklung und Ergebnisse ihrer Arbeit in mündlicher und schriftlicher Form zu präsentieren (2).</li> </ul>
Inhalt	fachwissenschaftliche Problemstellung
Studien-/Prüfungsleistungen	schriftliche Ausarbeitung und mündliche Prüfung (15-45 Min.) Notengewicht: M-MAA 3, M-MAS 0
Medienformen	Papier, CD/DVD, PDF-Datei, Tafel, Beamer
Literatur	fachwissenschaftliche Literatur gem. Themenwahl

## IV Modulgruppe: Vertiefung

Modulniveau	Master
Studiensemester	1. o. 2.
Sprache	Deutsch
Zuordnung zum Curriculum	M.Sc.: Wahlpflicht, 1. o. 2. Sem.
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht + Übungen, Praktikum / 3 + 1 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 45 + 15 h, Eigenstudium: 70 + 20 h
Kreditpunkte	5 ECTS
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	--
Studien-/Prüfungsleistungen	Schriftliche Prüfung (90-120 Min.) oder mündliche Prüfung (15-45 Min.) Notengewicht: 1
Medienformen	Tafel, Beamer, Mathematische Software

Es folgen die Module dieser Modulgruppe.

### IV.1 Angewandte Algebraische Geometrie

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Angewandte Algebraische Geometrie</b> (Applied Algebraic Geometry)
<b>Kürzel</b>	<b>AAG</b>
Lehrveranstaltung	Angewandte Algebraische Geometrie
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Jonny Dambrowski
Dozent(in)	Prof. Dr. Jonny Dambrowski
Empfohlene Voraussetzungen	B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-ZTH: Elementare Zahlentheorie; B-GDG: Gewöhnliche Differentialgleichungen
Lernziele: Fachliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kenntnisse aus der Algebra, im Besonderen der kommutativen Algebra zu vertiefen (2),</li> <li>• geometrische Probleme mittels algebraischer Methoden zu lösen (2),</li> <li>• affine und projektive Varietäten, insbesondere in Dimension 1 sowie deren Eigenschaften zu analysieren (3) und auch zu visualisieren (2),</li> <li>• in Polynomringen und in Idealen zu rechnen (2),</li> <li>• in homogenen - sowie Plueckerkoordinaten zu rechnen (2),</li> <li>• Algorithmen zur Bestimmung von Erzeugendensystemen in Idealen, Schnittmultiplizitäten algebraischer Kurven und deren Geschlecht zu verstehen und anzuwenden (3).</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs

Fortsetzung nächste Seite

Inhalt	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Kommutative Algebra: Ring- und Körpertheorie, Polynome, Potenzreihen Ideale, Gröbner Basen, Buchbergeralgorithmus, Anwendungen</i></li><li>• <i>Eliminationstheorie, Resultante</i></li><li>• <i>Affine Räume und - Varietäten, Eigenschaften, Koordinatenring, polynomiale - und rationale Abbildungen, Dimension, Anwendungen (z.B. Geometrische Beweisautomaten, Konstruktion einer allgemeinen Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen 1. Ordnung, Robotik)</i></li><li>• <i>Projektive Räume und -Varietäten, Eigenschaften, Schnitttheorie projektiver Abschluss affiner Varietäten, Grassmannsche, Anwendung (z.B. Maschinelles Sehen)</i></li></ul>
Literatur	

## IV.2 Codierungstheorie

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Codierungstheorie</b> (Coding Theory)
<b>Kürzel</b>	<b>M-COD</b>
Lehrveranstaltung	Codierungstheorie
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Rainer Löschel
Dozent(in)	Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Rainer Löschel
Empfohlene Voraussetzungen	B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1; B-ZTH: Elementare Zahlentheorie
Lernziele: Fachliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ziele und Methoden der Codierungstheorie darzustellen (1),</li> <li>• die Funktionsweise relevanter Codes und deren Eigenschaften darzustellen (1),</li> <li>• gängige Codier- und Decodieralgorithmen anzuwenden (2),</li> <li>• Codierungsverfahren zu implementieren (2).</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• fachlich zu kommunizieren (2),</li> <li>• Probleme analytisch und ausdauernd zu lösen (2).</li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationstheorie (u. a. Theorem von Shannon, Entropie)</li> <li>• Prüfzeichenverfahren über Gruppen</li> <li>• Hamming-Metrik, Fehlererkennung und Fehlerkorrektur</li> <li>• Lineare Codes (u. a. Golay-Codes, Reed-Muller-Codes)</li> <li>• Konstruktionsprinzipien für Codes (u. a. Plotkin-Konstruktion)</li> <li>• Zyklische Codes (u. a. BCH-Codes, Reed-Solomon-Codes)</li> <li>• Ausblick auf Geometrische Codes</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jungnickel, D: Codierungstheorie</li> <li>• Lütkebohmert, W.: Codierungstheorie</li> <li>• Roman, St.: Coding and Information Theory</li> <li>• Schulz, R.-H.: Codierungstheorie</li> </ul>

### IV.3 Geometrische Funktionentheorie

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Geometrische Funktionentheorie</b> ( <i>Geometric Function Theory</i> )
<b>Kürzel</b>	<b>M-GFT</b>
Lehrveranstaltung	<i>Geometrische Funktionentheorie</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Wolfgang Lauf, Prof. Dr. Martin Pohl</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Wolfgang Lauf, Prof. Dr. Martin Pohl</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2,3: Analysis 1,2,3; B-MS: Mathematische Software; B-FT1,2: Funktionentheorie 1,2; B-NM1: Numerische Mathematik 1</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>den analytischen Kalkül und geometrische Eigenschaften zur Lösung von Problemstellungen im Rahmen konformer Abbildungen kombinierend einzusetzen (3),</i></li> <li>• <i>Klassen konformer Abbildungen detailliert zu beschreiben (1),</i></li> <li>• <i>eine Übersicht über Anwendungen konformer Abbildungen zu geben (1),</i></li> <li>• <i>numerische Methoden zur Konstruktion konformer Abbildungen anzuwenden (3).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs</i>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Konforme Abbildungen (u.a. konforme Äquivalenz einfach und mehrfach zusammenhängender Gebiete, Randverhalten)</i></li> <li>• <i>Funktionenklassen (u.a. Automorphismengruppen, Möbiustransformationen, konvexe und sternförmige Funktionen)</i></li> <li>• <i>Anwendungen konformer Abbildungen (u.a. Randwertprobleme, Potenziale, Strömungsmechanik)</i></li> <li>• <i>Numerische Verfahren für konforme Abbildungen (u.a. Schwarz-Christoffel-Formel, Circle-Packing)</i></li> <li>• <i>Software (u.a. MAPLE, MATLAB, MATHEMATICA)</i></li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Conway, J.: Functions of One Complex Variable I, II</i></li> <li>• <i>Driscoll, T.A., Trefethen, L.N.: Schwarz-Christoffel Mapping</i></li> <li>• <i>Forst, W., Hoffmann, D.: Funktionentheorie erkunden mit Maple</i></li> <li>• <i>Henrici, P.: Applied and Computational Complex Analysis</i></li> <li>• <i>Marsden, J., Hoffman, M.: Basic Complex Analysis</i></li> <li>• <i>Mathews, J., Howell, R.: Complex Analysis for Mathematics and Engineering</i></li> <li>• <i>Pommerenke, Ch.: Boundary Behaviour of Conformal Mappings</i></li> <li>• <i>Pommerenke, Ch.: Univalent Functions</i></li> <li>• <i>Zill, D., Shanahan, P.: A First Course in Complex Analysis with Applications</i></li> </ul>

#### IV.4 Numerik partieller Differentialgleichungen

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Numerik partieller Differentialgleichungen</b> (Numerical Methods for Partial Differential Equations)
<b>Kürzel</b>	<b>M-NPD</b>
Lehrveranstaltung	Numerik partieller Differentialgleichungen
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Jan-Philipp Weiß
Dozent(in)	Prof. Dr. Jan-Philipp Weiß
Empfohlene Voraussetzungen	B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-GDG: Gewöhnliche Differentialgleichungen; B-MS: Mathematische Software; B-NM1: Numerische Mathematik 1 M-PDG: Partielle Differentialgleichungen
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konzepte der Modellierung mit partiellen Differentialgleichungen wiederzugeben und zu wissen, wie partielle Differentialgleichungen numerisch gelöst werden können (2).</li> <li>• die grundlegenden Finite Differenzen- / Finite Elemente-Verfahren zur numerischen Behandlung von partiellen Differentialgleichungen zu beschreiben, zu erörtern und anzuwenden (Stabilität, Konvergenz, Approximationseigenschaften und Komplexität) (3).</li> <li>• mit numerischen Methoden für Randwertaufgaben (elliptische Gleichungen zweiter Ordnung) vertraut umzugehen (2).</li> <li>• implizite und explizite numerische Methoden für Anfangswertaufgaben zu benennen (Euler, BDF, Runge-Kutta, Mehrschrittverfahren, Ordnung, Stabilität, steife Probleme) (2).</li> <li>• numerische Methoden für Anfangsrandwertaufgaben (parabolische Gleichungen) zu beschreiben (2).</li> <li>• mit effizienten linearen Gleichungssystemlösern vertraut umzugehen und diese einzuordnen (3).</li> <li>• Anwendungen aus der numerischen Simulation von partiellen Differentialgleichungen zu benennen (1).</li> <li>• Algorithmen basierend auf den vorgestellten Methoden zu entwickeln und zu implementieren (3).</li> <li>• mit geeigneten Softwareumgebungen (MATLAB, Octave, Python) Beispiele zu implementieren und numerische Lösungen zu berechnen (3).</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<p>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fachlich zu kommunizieren und zu diskutieren (2).</li> <li>• Probleme zu erfassen und analytisch zu bearbeiten (2).</li> <li>• numerisch sicher zu arbeiten (3).</li> <li>• fachlich gut zu kommunizieren und zu präsentieren (2).</li> <li>• Computer zu numerischen Simulationen einzusetzen (3).</li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite



Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwache / starke Ableitungen, Funktionenräume, Normen</li> <li>• Euler-Verfahren für gewöhnliche Differentialgleichungen (Konsistenz, Stabilität, Konvergenz, Richtungsfelder)</li> <li>• Finite Differenzenverfahren für elliptische Probleme (Allgemeine Differenzenapproximation, Konsistenz, Stabilität, Konvergenzverhalten, Lösungsaspekte, Aufwandanalyse)</li> <li>• Finite-Elemente-Verfahren für elliptische Probleme (Variationsformulierungen, Projektionsverfahren, Galerkin-Ansätze, Diskretes Maximumprinzip, A priori Fehleranalyse und Fehlerabschätzungen, Aufbau der Systemmatrizen und Vektoren, numerische Integration, Konditionierung der Systemmatrix, Gitter in zwei und drei Dimensionen, A posteriori Fehleranalyse, Gittersteuerung, Implementierungsaspekte)</li> <li>• Effiziente Lösungsverfahren und iterative Löser (CG-Verfahren, Krylow-Raum-Methoden, Vorkonditionierung, Mehrgitterverfahren, Glätter, Konvergenz- und Aufwandanalyse, Behandlung unsymmetrischer und indefiniter Probleme)</li> <li>• Verfahren für parabolische Probleme (Zeitschrittverfahren, Stabilität und Konvergenz, Fehlerkontrolle und Schrittweitensteuerung, Implementierungsaspekte)</li> <li>• Umsetzung der Verfahren in Programmierumgebungen (Aufstellen der Systeme, Behandlung der nichtlinearen und linearen Gleichungen, Newtonverfahren, Zeitschrittverfahren, Visualisierung der Ergebnisse)</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Braess, D.: Einführung in die Methode der Finiten Elemente</li> <li>• Demmel, J.: Applied Numerical Linear Algebra</li> <li>• Großmann, C.H., Roos, H.-G.: Numerik partieller Differentialgleichungen</li> <li>• Hackbusch, W.: Iterative Lösung großer schwachbesetzter Gleichungssysteme</li> <li>• Hackbusch, W.: Theorie und Numerik elliptischer Differentialgleichungen</li> <li>• Knabner, P., Angermann, L.: Numerik partieller Differentialgleichungen</li> </ul>

## IV.5 Numerische Optimierung

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Numerische Optimierung</b> (Numerical Optimization)
<b>Kürzel</b>	<b>M-NUO</b>
Lehrveranstaltung	Numerische Optimierung
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Martin Weiß
Dozent(in)	Prof. Dr. Martin Weiß
Empfohlene Voraussetzungen	B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-MS: Mathematische Software; B-LOP: Lineare Optimierung; B-NM1: Numerische Mathematik 1
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• typische numerische Verfahren für die numerische Berechnung von Ableitungen zu benennen und deren Konvergenzordnungen zu bestimmen,</li> <li>• typische numerische Verfahren für nichtlineare Gleichungssysteme, nichtlineare Ausgleichsprobleme, quadratische Probleme mit und ohne Nebenbedingungen, allgemeine nichtlineare Optimierung unter Nebenbedingungen, insbesondere SQP-Verfahren und weitere spezielle Verfahren zu benennen, und deren mathematische Eigenschaften, insbesondere typische numerische Effekte zu erklären,</li> <li>• das Verhalten dieser Verfahren anhand niedrigdimensionaler Beispiele analytisch nachzuvollziehen,</li> <li>• numerische Verfahren der nichtlinearen Optimierung in MATLAB anzuwenden, selbst zu implementieren und deren Verhalten zu diagnostizieren,</li> <li>• Anwendungsprobleme zur nichtlinearen Optimierung zu modellieren, zu implementieren und die Ergebnisse zu interpretieren.</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs
Inhalt	<p>Theorie und praktische Implementierung numerischer Verfahren für:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berechnung von Ableitungen.</li> <li>• Nichtlineare Gleichungssysteme und nichtlineare Ausgleichsprobleme ohne Nebenbedingungen</li> <li>• Quadratische Probleme mit und ohne Nebenbedingungen</li> <li>• allgemeine nichtlineare Optimierung unter Nebenbedingungen, insbesondere SQP-Verfahren</li> <li>• Randwertprobleme und optimale Steuerung für Systeme gewöhnlicher Differentialgleichungen, insbesondere zeitoptimale Steuerung</li> <li>• Spezielle Verfahren: Konvexe Optimierung, Stochastische Verfahren, Innere Punkte-Verfahren, Verfahren ohne Ableitungen</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dennis Jr, J.E., Schnabe, R.B.I: Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations</li> <li>• Nocedal, J., Wright, S.J.: Numerical Optimization</li> <li>• Reinhardt, R., Hoffmann, A., Gerlach, T.: Nichtlineare Optimierung. Theorie, Numerik, Experimente</li> </ul>

## IV.6 Partielle Differentialgleichungen

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Partielle Differentialgleichungen</b> ( <i>Partial Differential Equations</i> )
<b>Kürzel</b>	<b>M-PDG</b>
Lehrveranstaltung	<i>Partielle Differentialgleichungen</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Jürgen Friel</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Jürgen Friel, Prof. Dr. Stefan Körkel Prof. Dr. Jan-Philipp Weiß</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2; Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-GDG: Gewöhnliche Differentialgleichungen; B-NM1: Numerische Mathematik 1</i>
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Kenntnis von Formulierungen wichtiger Probleme und Fragestellungen mittels partieller Differentialgleichungen</i></li> <li>• <i>Fähigkeit zur Klassifikation partieller Differentialgleichungen</i></li> <li>• <i>Kenntnis von Methoden zur Analyse und Lösung wichtiger partieller Differentialgleichungen</i></li> <li>• <i>Fähigkeit zur Diskretisierung partieller Differentialgleichungen und Kenntnis einfacher numerischer Lösungsverfahren</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Grundlegende Definitionen und Typeinteilung</i></li> <li>• <i>Überblick über wichtige partielle Differentialgleichungen</i></li> <li>• <i>Methode der Charakteristiken zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen 1. Ordnung</i></li> <li>• <i>Analyse und Lösung klassischer partieller Differentialgleichungen (u.a. Transportgleichung, Wellengleichung, Wärmeleitungsgleichung, Laplace- und Poissongleichung)</i></li> <li>• <i>Anwendung von Fourier-Reihen zur Lösung von partiellen Differentialgleichungen</i></li> <li>• <i>Lösung mittels Separation der Variablen</i></li> <li>• <i>Variationsmethoden</i></li> <li>• <i>Einführung in die Numerik partieller Differentialgleichungen (Finite Differenzen, Finite Elemente)</i></li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Arend, W., Urban, K.: Partielle Differentialgleichungen, Spektrum, 2010</i></li> <li>• <i>Jeffrey, A.: Applied Partial Differential Equations, An Introduction, Academic Press, 2003</i></li> <li>• <i>Strampp, W.: Ausgewählte Kapitel der Höheren Mathematik Walter Strampp, Vektoranalysis, Spezielle Funktionen, Partielle Differentialgleichungen, Springer Vieweg, 2014</i></li> <li>• <i>Tveito, A., Winther, R.: Einführung in partielle Differentialgleichungen, Ein numerischer Zugang, Springer, 2002</i></li> </ul>

## IV.7 Public-Key-Kryptographie

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Public-Key-Kryptographie</b> ( <i>Public Key Cryptography</i> )
<b>Kürzel</b>	<b>M-PKK</b>
Lehrveranstaltung	<i>Public-Key-Kryptographie</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Rainer Löschel</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Rainer Löschel, Prof. Dr. Oliver Stein</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1; B-ZTH: Elementare Zahlentheorie</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Prinzipien der modernen Kryptographie und ihre Anwendung darzustellen (1),</i></li> <li>• <i>gängige Public-Key-Algorithmen und hybride Kryptosysteme darzustellen (1),</i></li> <li>• <i>deren Sicherheit anhand der Kenntnis kryptanalytischer Verfahren aus der algorithmischen Zahlentheorie zu bewerten (3),</i></li> <li>• <i>kryptographische Protokolle zu implementieren und anzuwenden (2),</i></li> <li>• <i>kryptanalytische Verfahren zu implementieren und anzuwenden (2).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>fachlich zu kommunizieren (2),</i></li> <li>• <i>Probleme analytisch und ausdauernd zu bearbeiten (2).</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Public-Key-Kryptosysteme (u.a. RSA, Diffie-Hellman, El-Gamal, Rucksackalgorithmen, auf quadratischen Resten beruhende Verfahren)</i></li> <li>• <i>Kryptanalyse gängiger Public-Key-Verfahren, insbesondere Faktorisierungsmethoden (u.a. Pollard <math>p-1</math>, Siebmethoden), Diskreter Logarithmus (u.a. Baby-Step-Giant-Step, Pollard-Rho, Index-Kalkül), Kettenbrüche, LLL-Gitterreduktion</i></li> <li>• <i>Primzahlerzeugung</i></li> <li>• <i>Integrität, Authentifizierung, Digitale Signaturen (u.a. Hashfunktionen und -bäume, Zero-Knowledge-Verfahren, RSA, DSA)</i></li> <li>• <i>Secret Sharing, Oblivious Transfer, paarungsbasierte Kryptographie</i></li> <li>• <i>Ausblick auf Kryptosysteme mit elliptischen Kurven</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Beutelspacher, A., Schwenk, J., Wolfenstetter, K.-D.: Moderne Verfahren der Kryptographie, 7. Aufl., Vieweg+Teubner, 2010</i></li><li>• <i>Beutelspacher, A., Neumann, H. B., Schwarzpaul, Th.: Kryptografie in Theorie und Praxis, 2. Aufl., Vieweg+Teubner, 2010</i></li><li>• <i>Buchmann, J.: Einführung in die Kryptographie, 5. Aufl., Springer, 2010</i></li><li>• <i>Hoffstein, J., Pipher, J., Siverman, J.: An Introduction to Mathematical Cryptography, Springer, 2008</i></li><li>• <i>Karpfinger, C., Kiechle, H.: Kryptologie: Algebraische Methoden und Algorithmen, Vieweg+Teubner, 2009</i></li><li>• <i>Koblitz, N.: A Course in Number Theory and Cryptography, 2nd ed., Springer, 1994</i></li><li>• <i>Werner, A.: Elliptische Kurven in der Kryptographie, Springer, 2002</i></li></ul>
-----------	---

## IV.8 Statistical Learning

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Statistical Learning</b>
<b>Kürzel</b>	<b>M-STL</b>
Lehrveranstaltung	<i>Statistical Learning</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. St. Vogl</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. St. Vogl</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1,2: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1,2; B-MS: Mathematische Software</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>grundlegende Ideen und Konzepte maschinellen Lernens darzustellen (1),</i></li> <li>• <i>Wirkungsweise und Nutzen maschinellen Lernens realistisch einzuschätzen (2),</i></li> <li>• <i>Modelle des Statistical Learnings praktisch anzuwenden (2),</i></li> <li>• <i>Konzepte und Methoden des Statistical Learnings bei der Analyse konkreter Daten einzusetzen (3).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs</i>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Techniken und Algorithmen überwachten Lernens</i></li> <li>• <i>Regularisierung, Modellbewertung, Metriken</i></li> <li>• <i>spezielle Modelle: lineare Regressions- und Klassifikationsmethoden, Support Vector Machines, Decision Trees, Bayessche Ansätze, Neuronale Netze)</i></li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>T.Hastie, R.Tibshirani, J.Friedman: The Elements of Statistical Learning, Springer</i></li> </ul>

## IV.9 Stochastische Prozesse

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Stochastische Prozesse</b> ( <i>Stochastic Processes</i> )
<b>Kürzel</b>	<b>M-STP</b>
Lehrveranstaltung	<i>Stochastische Prozesse</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Wolfgang Lauf, Prof. Dr. Peter Wirtz</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2; Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1; B-MKP: Markov-Ketten und -Prozesse</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>die wichtigsten Klassen stochastischer Prozesse mit zugehörigen charakteristischen Eigenschaften zu beschreiben (1),</i></li> <li>• <i>repräsentative Anwendungsbeispiele mit stochastischen Prozessen zu modellieren (3),</i></li> <li>• <i>die Herleitung und die wesentlichen Eigenschaften des Ito-Integrals zu erläutern (2),</i></li> <li>• <i>die grundlegende Struktur und die wichtigsten Klassen stochastischer Differentialgleichungen zu erläutern (2),</i></li> <li>• <i>die Modellierung wirtschafts- und naturwissenschaftlicher Probleme mit stochastischen Differentialgleichungen zu verstehen (3).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs</i>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Grundbegriffe aus der Wahrscheinlichkeitstheorie (u.a. Bedingte Erwartung, Maßintegral)</i></li> <li>• <i>Allgemeine Theorie stochastischer Prozesse (u.a. Definition, Existenz, Äquivalenz, Stationarität)</i></li> <li>• <i>Klassen stochastischer Prozesse (u.a. Poisson-Prozesse, Markov-Prozesse, Martingale, Brownsche Bewegungen)</i></li> <li>• <i>Stochastische Integration (u.a. Ito-Integral, Formel von Ito, Beispielintegrale)</i></li> <li>• <i>Stochastische Differentialgleichungen (u.a. Definition, Beispiele)</i></li> <li>• <i>Anwendungen (u.a. Finanzmathematik, Biologie, Medizin)</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Bass, R.F.: Stochastic Processes</i></li><li>• <i>Beichtelt, F.: Stochastic Processes in Science, Engineering and Finance</i></li><li>• <i>Calin, O.: An Informal Introduction to Stochastic Calculus with Applications</i></li><li>• <i>Capasso, V., Bakstein, D.: An Introduction to Continuous-Time Stochastic Processes</i></li><li>• <i>Friedrich, H., Lange, C., Stochastische Prozesse in Natur und Technik</i></li><li>• <i>Grigoriu, M.: Stochastic Calculus: Applications in Science and Engineering</i></li><li>• <i>Gusak, D., et. al.: Theory of Stochastic Processes</i></li><li>• <i>Kersting, G., Wakolbinger, A.: Stochastische Prozesse</i></li><li>• <i>Klebaner, F.C.: Introduction to Stochastic Calculus with Applications</i></li><li>• <i>Kuo., H.: Introduction to Stochastic Integration</i></li><li>• <i>Mürmann, M.: Wahrscheinlichkeitstheorie und Stochastische Prozesse</i></li><li>• <i>Serfozo, R.: Basics of applied stochastic processes</i></li></ul>
-----------	--



## IV.10 Systemtheorie

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Systemtheorie</b> ( <i>Systems Theory</i> )
<b>Kürzel</b>	<b>M-STH</b>
Lehrveranstaltung	<i>Algebraische Systemtheorie</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Jonny Dambrowski</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Jonny Dambrowski</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2,3: Analysis 1,2,3; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-GDG: Gewöhnliche Differentialgleichungen; B-ZTH: Elementare Zahlentheorie</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>mit Systemen, im Besonderen den linearen Systemen nicht nur umzugehen (1), sondern diese auch zu analysieren, insbesondere in konkreten technischen Fragestellungen (3),</i></li> <li>• <i>lineare Systeme durch verschiedene Äquivalenztypen zu charakterisieren (3),</i></li> <li>• <i>Realisierungstheorie und deren algebraisch-geometrische Formulierung anzuwenden (2),</i></li> <li>• <i>Grundlegendes Verständnis der kommutativen Algebra und algebraischen Geometrie zu entwickeln (2).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs</i>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Die Kategorie der linearen Systeme</i></li> <li>• <i>Neue Systeme aus alten</i></li> <li>• <i>Impulsantwort und Transferfunktion</i></li> <li>• <i>Vollständige Beobachtbarkeit und vollständige Kontrollierbarkeit</i></li> <li>• <i>Einführung in die kommutative Algebra und algebraische Geometrie</i></li> </ul>
Literatur	

**V Modulgruppe: Anwendung**

Modulniveau	<i>Master</i>
Studiensemester	<i>1. o. 2.</i>
Sprache	<i>Deutsch</i>
Zuordnung zum Curriculum	<i>M.Sc.: Wahlpflicht, 1. o. 2. Sem.</i>
Voraussetzungen lt. Prüfungsordnung	--
Studien-/Prüfungsleistungen	<i>Lehrform Seminaristischer Unterricht mit Übungen, Praktikum: Schriftliche (90-120 Min.) oder mündliche (15-45 Min.) Prüfung Lehrform Projekt, Praktikum: mündlicher Leistungsnachweis u./o. Klausur u./o. Studienarbeit Notengewicht: 1</i>
Medienformen	<i>Tafel, Beamer, Mathematische Software</i>

Es folgen die Module dieser Modulgruppe.

## V.1 Finanzmathematik

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Finanzmathematik</b> ( <i>Financial Mathematics</i> )
<b>Kürzel</b>	<b>M-FIM</b>
Lehrveranstaltung	<i>Finanzmathematik</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h</i>
Kreditpunkte	<i>5 ECTS</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1,2: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1,2; B-EFI: Einführung in die Finanzmathematik</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• finanzmathematische Modelle (Annahmen, Zusammenhänge, Aussagehorizont) grundsätzlich zu verstehen (3),</i></li> <li><i>• finanzmathematische Analyse- und Bewertungsmethoden bei Investments unter Risiko anzuwenden (3) (Einsatz der stochastischen Analysis),</i></li> <li><i>• die wichtigsten Asset-Modelle zu verstehen (3) (u.a. zeitstetig, diskret, ein- / mehrperiodisch),</i></li> <li><i>• Kenntnis der wichtigsten Zinsstrukturmodelle</i></li> <li><i>• finanzmathematische Pricingverfahren anzuwenden (3) (u.a. Aktien, Derivate, strukturierte Produkte),</i></li> <li><i>• finanzmathematische Portfoliostrategien anzuwenden (3) (u.a. Duration-Matching, optimale Selektion, Hedging, Immunisierung).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs</i>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>• Asset-Modelle</i></li> <li><i>• Zinsstrukturmodelle</i></li> <li><i>• Portfolio Theorie und Asset Pricing</i></li> <li><i>• Optionskontrakte und Optionspreistheorie</i></li> <li><i>• Forward-/Futurekontrakte und Swaps</i></li> <li><i>• Strukturierte Produkte</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Albrecht, P., Maurer, R.: Investment- und Risikomanagement</i></li><li>• <i>Brigo, D., Mercurio, F.: Interest Rate Models – Theory and Practice</i></li><li>• <i>Elton, E.J., Gruber, M.J., Brown, S.J., Goetzmann W.N.: Modern Portfolio Theory and Investment Analysis</i></li><li>• <i>Günther, M., Jüngel, A.: Finanzderivate mit MATLAB,</i></li><li>• <i>Hull, J.C.: Optionen, Futures und andere Derivate</i></li><li>• <i>Irle, A.: Finanzmathematik – Die Bewertung von Derivaten</i></li><li>• <i>Kremer, J.: Einführung in die Diskrete Finanzmathematik</i></li><li>• <i>Kuo, H.: Introduction to Stochastic Integration</i></li><li>• <i>Pfeifer, A.: Praktische Finanzmathematik</i></li><li>• <i>Reitz, St.: Mathematik in der modernen Finanzwelt</i></li><li>• <i>Sandmann K.: Einführung in die Stochastik der Finanzmärkte</i></li></ul>
-----------	--

## V.2 Modellierung

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Modellierung (Modelling)</b>
<b>Kürzel</b>	<b>M-MOD</b>
Lehrveranstaltung	Modellierung
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Fröhlich
Dozent(in)	Prof. Dr. Michael Fröhlich
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h
Kreditpunkte	5 ECTS
Empfohlene Voraussetzungen	B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1,2: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1,2
Lernziele: Fachliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• den Begriff „Modell“ zu erläutern und die Komponenten eines Modellierungsprozesses zu benennen (1),</li> <li>• anhand einfacher Beispiele aus der Finanz- und Versicherungsmathematik Modelle zu analysieren (2),</li> <li>• in der Lebens- und Kompositversicherung komplexe Modelle zu analysieren (3),</li> <li>• Modelle für Fragestellungen aus dem Bereich Lebensversicherung zu entwickeln (3).</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlagen der Modellierung <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Definition des Modellbegriffs</li> <li>○ Modelle im Versicherungsbereich</li> <li>○ Der Modellierungsprozess</li> </ul> </li> <li>• Modelle in der Lebensversicherung (inkl. Case Study)</li> <li>• Modelle in Komposit (inkl. Case Study)</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Daykin, C.D., Pentikäinen, T., Pesonen M.: <i>Practical Risk Theory for Actuaries</i>, London 1994</li> <li>• Eck, Ch.; Garcke, H.; Knabner, P.: <i>Mathematische Modellierung</i>, Springer, 2011</li> <li>• Fachausschuss Finanzmathematik (Hrsg.): <i>Investmentmodelle für das Asset Liability Modelling von Versicherungsunternehmen</i>, <i>Schriftreihen Angewandte Versicherungsmathematik</i>, Heft 31, Verlag Versicherungswirtschaft Karlsruhe</li> <li>• Feilmeier, M., Kunz, R. (Hrsg.): <i>Planung und Controlling</i>, Karlsruhe 1997</li> <li>• Klugman, S.A., Panjer, H.H., Wilmot, G.E.: <i>Loss Models: From data to decisions</i>, John Wileys &amp; Sons</li> <li>• Koryciorz, S.: <i>Sicherheitskapitalbestimmung und –allokation in der Schadenversicherung</i>, Karlsruhe 2004</li> <li>• Mack, T.: <i>Schadenversicherungsmathematik</i>, 1997</li> <li>• Ortlieb, C. u.a.: <i>Mathematische Modellierung</i>, Vieweg + Teubner in GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, 2009</li> </ul>

### V.3 Numerische Methoden der Finanzmathematik

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Numerische Methoden der Finanzmathematik</b> (Computational Finance)
<b>Kürzel</b>	<b>M-NFI</b>
Lehrveranstaltung	Numerische Methoden der Finanzmathematik
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Wolfgang Lauf
Dozent(in)	Prof. Dr. Wolfgang Lauf
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h
Kreditpunkte	5 ECTS
Empfohlene Voraussetzungen	B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1,2: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1,2; B-NM 1: Numerische Mathematik 1; B-MS: Mathematische Software
Lernziele: Fachliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• finanzmathematische Modelle (Annahmen, Zusammenhänge, Aussagehorizont) grundsätzlich zu verstehen (3),</li> <li>• wichtige numerische Methoden zur Preisfindung bei Finanzprodukten grundlegend zu erläutern (2),</li> <li>• ausgewählte Finanzderivate numerisch zu bewerten (3).</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finanzmathematische Modelle</li> <li>• Stochastische Differentialgleichungen</li> <li>• Zufallszahlen, Monte-Carlo-Simulation</li> <li>• Differenzenverfahren, Finite Elemente</li> <li>• Europäische, amerikanische und exotische Optionen</li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Albrecht, P., Maurer, R.: Investment- und Risikomanagement</li> <li>• Günther, M., Jüngel, A.: Finanzderivate mit MATLAB</li> <li>• Higham, D. J.: Financial Option Valuation</li> <li>• Hull, J.C.: Optionen, Futures und andere Derivate</li> <li>• Kuo, H.: Introduction to Stochastic Integration</li> <li>• Sandmann K.: Einführung in die Stochastik der Finanzmärkte</li> <li>• Seydel, R.: Einführung in die numerische Berechnung von Finanzderivaten</li> <li>• Seydel, R.: Tools for Computational Finance</li> </ul>

#### V.4 Preisgestaltung von Rückversicherungsverträgen

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Preisgestaltung von Rückversicherungsverträgen</b> (Reinsurance Pricing)
<b>Kürzel</b>	<b>M-PRV</b>
Lehrveranstaltung	Preisgestaltung von Rückversicherungsverträgen
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Fröhlich
Dozent(in)	Prof. Dr. Michael Fröhlich
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h
Kreditpunkte	5 ECTS
Empfohlene Voraussetzungen	B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1,2: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1,2; B-SVM: Schadenversicherungsmathematik
Lernziele: Fachliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• einen Einblick in die Rückversicherungsbegriffe und Rückversicherungsstrukturen zu haben (1),</li> <li>• die mathematische Wirkungsweise von proportionalen und nichtproportionalen Rückversicherungsverträgen zu verstehen und im Sinne von Risikoteilung auf Schäden anzuwenden (3),</li> <li>• stochastische Bewertungs-/Quotierungsmethoden von Rückversicherungsverträgen zu kennen und anzuwenden (3),</li> <li>• die Burning-Cost Methode anzuwenden (3),</li> <li>• den Exposureansatz anzuwenden (3),</li> <li>• Monte-Carlo Simulation zu kennen und anzuwenden (3),</li> <li>• Quotierungen von Spezial-Segmenten und außergewöhnlichen Vertragskonstruktionen zu verstehen (2),</li> <li>• die Entwicklung von Quotierungsmodellen in Excel und VBA zu verstehen und durchzuführen (3).</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Was ist Rückversicherung? Wie funktioniert Rückversicherung?</li> <li>• Wirkungsweise proportionaler Rückversicherungsverträge</li> <li>• Wirkungsweise nichtproportionaler Rückversicherungsverträge</li> <li>• Quotierungsmethode Burning Cost für Property und Casualty Geschäft</li> <li>• Quotierungsmethode Exposureansatz für Property und Casualty Geschäft</li> <li>• Stop Loss Pricing und aggregate XLs</li> <li>• Frequency-Severity Analyse</li> <li>• Quotierungen von Spezial-Segmenten und außergewöhnlichen Vertragskonstruktionen</li> <li>• Entwicklung von Quotierungsmodellen in Excel und VBA.</li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Pfeiffer, Chr.: Einführung in die Rückversicherung, Gabler Wiesbaden</i></li><li>• <i>Liebwein, P.: Klassische und moderne Formen der Rückversicherung, Karlsruhe VVW</i></li></ul>
-----------	--



## V.5 Risikotheorie

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Risikotheorie (Risk Theory)</b>
<b>Kürzel</b>	<b>M-RTH</b>
Lehrveranstaltung	Risikotheorie
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Michael Fröhlich
Dozent(in)	Prof. Dr. Michael Fröhlich
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h
Kreditpunkte	5 ECTS
Empfohlene Voraussetzungen	B-AN1,2: Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-WS1,2: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1,2; B-SVM: Schadenversicherungsmathematik
Lernziele: Fachliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exponentialfamilien und versicherungstechnische Risikomaße zu kennen (1),</li> <li>• einen Einblick in die Modellierung mit Copulas zu haben (2),</li> <li>• Erfahrung mit Punktschätzern vorzuweisen (2),</li> <li>• stochastische Modellierung wie QQ-Plot zu kennen und anzuwenden (3),</li> <li>• Monte-Carlo Methoden zu kennen und anzuwenden (3),</li> <li>• Kenntnis über verallgemeinerte lineare Modelle zu haben (1),</li> <li>• biometrische Grundlagen zu kennen und eine Sterbetafel zu erstellen (3),</li> <li>• Risikoteilung und Rückversicherung zu kennen und anzuwenden (3),</li> <li>• Credibility-Theorie zu kennen und zu verstehen (2).</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterte Verteilungsmodelle</li> <li>• Risikomaße</li> <li>• Datenanalyse</li> <li>• Biometrische Rechnungsgrundlagen</li> <li>• Verallgemeinerte Lineare Modelle</li> <li>• Credibility-Theorie</li> <li>• Stochastische Modelle</li> <li>• Monte-Carlo-Methoden</li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bühlmann, H.: Mathematical Methods in Risk Theory, Berlin 1970</i></li> <li>• <i>Gerber, H. U.: An Introduction to Mathematical Risk Theory, Homewood 1979</i></li> <li>• <i>Heilmann, W.- R.: Grundbegriffe der Risikotheorie, Karlsruhe 1987</i></li> <li>• <i>Koryciorz, S.: Sicherheitskapitalbestimmung und – allokation in der Schadenversicherung, Karlsruhe 2004</i></li> <li>• <i>Mack, T.: Schadenversicherungsmathematik, 1997</i></li> <li>• <i>Reiss, R.-D., Thomas, M.: Statistical Analysis of Extreme Values, Basel 2007</i></li> <li>• <i>Schmidt, K.D.: Versicherungsmathematik, Berlin 2002</i></li> <li>• <i>Wolfsdorf, K.: Versicherungsmathematik Teil 2, Stuttgart 1988</i></li> </ul>
-----------	---

## V.6 Bildanalyse

<b>Modulbezeichnung</b>	<b><i>Bildanalyse (Image Analysis)</i></b>
<b>Kürzel</b>	<b><i>M-BAN</i></b>
Lehrveranstaltung	<i>Bildanalyse</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Jürgen Friel</i>
Dozent(in)	<i>N.N.</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h</i>
Kreditpunkte	<i>5 ECTS</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2; Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-NM1: Numerische Mathematik 1</i>
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Kenntnis der wichtigsten Bildanalyseverfahren zur Objektdetektion und Vermessung</i></li> <li>• <i>Fähigkeit zur Entwicklung und Implementierung von Methoden der automatisierten Bildauswertung</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Digitale Filter</i></li> <li>• <i>Bildrestauration und inverse Filter</i></li> <li>• <i>Bildsegmentierung und Objekterkennung</i></li> <li>• <i>Mathematische Morphologie</i></li> <li>• <i>Anwendungen in der Mikroskopie</i></li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bredies, K; Lorenz, D.: Mathematische Bildverarbeitung, Springer, 2011</i></li> <li>• <i>Burger, W.; Burge, M.J.: Digitale Bildverarbeitung, Springer, 2006</i></li> <li>• <i>Steinmüller, J.: Bildanalyse, Springer, 2008</i></li> </ul>

## V.7 Fortgeschrittene Robotik

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Fortgeschrittene Robotik (Advanced Robotics)</b>
<b>Kürzel</b>	<b>M-FRO</b>
Lehrveranstaltung	Fortgeschrittene Robotik
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Martin Weiß
Dozent(in)	Prof. Dr. Martin Weiß
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h
Kreditpunkte	5 ECTS
Empfohlene Voraussetzungen	B-ROB: Robotik
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mathematische Konzepte der Robotik wie verschiedene Beschreibungsmöglichkeiten für Orientierungen, homogene Matrizen, kinematische Ketten, Vor- und Rückwärts-transformation, geometrische Bahnbeschreibungen, Geschwindigkeitsprofil zu erklären,</li> <li>• Koordinatensysteme in Frame-Darstellung zu ermitteln, Punkte, Koordinatensysteme und affine Abbildungen in verschiedenen Systemen darzustellen und die Begriffe der Anwendung in die Sprache affiner Räume zu übertragen,</li> <li>• kinematische Ketten aufzustellen und Vor- und Rückwärts-transformation für typische Kinematiken zu berechnen, den Arbeitsraum als Mannigfaltigkeit zu beschreiben und singuläre Stellungen über Jacobi-Matrizen zu ermitteln, trigonometrische Polynome zur Rückwärtsrechnung einzusetzen und Eigenschaften von Kinematiken anhand dieser Polynome nachzuweisen,</li> <li>• die Vorteile der Darstellung von Orientierungen über Quaternionen zu erklären, mit Quaternionen zu rechnen, und typische Robotik-Algorithmen mit Quaternionen zu implementieren,</li> <li>• mit einer Simulationsumgebung für eine Industrierobotersteuerung Roboter-Programme zu erstellen.</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kinematisches Modell: verschiedene Ansätze für Vor- und Rückwärtstransformation</li> <li>• Dynamisches Modell: Newton-Euler-Algorithmus</li> <li>• Zeitoptimale Planung</li> <li>• Kollisionsfreie Bahnplanung</li> <li>• Implementierung von Verfahren mit MATLAB, KRL, public domain Simulationsumgebungen</li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Angeles, J.: Fundamentals of Robotic Mechanical Systems: Theory, Methods, and Algorithms</i></li><li>• <i>Craig, J. J.: Introduction to Robotics</i></li><li>• <i>Corke, P.: Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms in MATLAB</i></li><li>• <i>LaValle, St. M.: Planning Algorithms</i></li></ul>
-----------	--

## V.8 Integraltransformationen

<b>Modulbezeichnung</b>	<b><i>Integraltransformationen (Integral Transforms)</i></b>
<b>Kürzel</b>	<b><i>M-ITA</i></b>
Lehrveranstaltung	<i>Integraltransformationen und Anwendungen</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Jürgen Friel</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Oliver Stein</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h</i>
Kreditpunkte	<i>5 ECTS</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2; Analysis 1,2; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-NM1: Numerische Mathematik 1</i>
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Kenntnis wichtiger Integraltransformationen (Fourier und verwandte Transformationen) sowie ihrer Eigenschaften</i></li> <li>• <i>Einblick in Anwendungen aus der Signalverarbeitung und der Informationstechnologie</i></li> <li>• <i>Fähigkeiten zur Entwicklung und Implementierung von Algorithmen basierend auf Integraltransformationen</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Methoden der Fourier-Analyse und Laplace-Transformation</i></li> <li>• <i>Anwendung der Fourier-Methoden in der Bilddatenkompression</i></li> <li>• <i>Dekonvolution und Verfahren zur Auflösungsverbesserung in der Bildverarbeitung</i></li> <li>• <i>Radon-Transformation und Grundlagen der Computer-Tomographie</i></li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Strang, G.: Wissenschaftliches Rechnen, Springer 2010</i></li> <li>• <i>Bachman, G.; Narici, L.; Beckenstein, E.: Fourier and Wavelet Analysis, Springer, 2000</i></li> <li>• <i>Westermann, Th.: Mathematik für Ingenieure, Springer 2015</i></li> </ul>

## V.9 Inverse Probleme und Bildgebung

<b>Modulbezeichnung</b>	<b><i>Inverse Probleme und Bildgebung</i></b> <i>(Inverse Problems and Imaging)</i>
<b>Kürzel</b>	<b><i>M-IPB</i></b>
Lehrveranstaltung	<i>Inverse Probleme und Bildgebung</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Jürgen Friel</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Jürgen Friel</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h</i>
Kreditpunkte	<i>5 ECTS</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-AN1,2,3; Analysis 1,2,3; B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-NM1: Numerische Mathematik 1; B-MS: Mathematische Software</i>
Lernziele	<p><i>Die Studierenden</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>sind in der Lage Beispiele von inversen Probleme zu benennen und mathematisch zu formulieren,</i></li> <li>• <i>kennen die Schwierigkeiten, die beim Lösen von inversen Problem auftreten und können diese mathematisch analysieren sowie entsprechende (verallgemeinerte) Lösungsansätze formulieren,</i></li> <li>• <i>verstehen das Konzept der Regularisierung und können Methoden zur Wahl des Regularisierungsparameters benennen und anwenden,</i></li> <li>• <i>kennen die gängigen Regularisierungsmethoden und sind in der Lage einige davon numerisch umzusetzen,</i></li> <li>• <i>verstehen das Prinzip der Computertomographie und können das dazugehörige mathematische Modell formulieren und analysieren,</i></li> <li>• <i>kennen die gängigen Rekonstruktionsmethoden in der CT und sind in der Lage einfache Rekonstruktionsalgorithmen zu implementieren.</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Definition und Beispiele inverser Probleme in der Bildgebung (insbesondere Computertomographie und Artverwandte)</i></li> <li>• <i>Gut- und Schlecht-Gestelltheit (nach Hadamard)</i></li> <li>• <i>Verallgemeinerte Inverse</i></li> <li>• <i>Singulärwertzerlegung</i></li> <li>• <i>Grad der Schlecht-Gestelltheit</i></li> <li>• <i>Regularisierungsstrategien (z.B. Landweber, CG, Tikhonov, Kaczmarz, variationelle Methoden)</i></li> <li>• <i>Wahl des Regularisierungsparameters (Diskrepanzprinzip von Morozov)</i></li> <li>• <i>Diskretisierung linearer inverser Probleme</i></li> <li>• <i>Mathematik der Computertomographie: Definition, Eigenschaften und Inversionsformeln für die Radon-Transformation</i></li> <li>• <i>Fourier-basierte Rekonstruktionsmethoden</i></li> <li>• <i>Gefilterte Rückprojektion als Regularisierungsmethode</i></li> </ul>

Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Hansen, P.C.: Discrete inverse problems: Insights and Algorithms, SIAM, 2010</i></li><li>• <i>Louis, A.K.: Inverse und schlecht gestellte Probleme, Vieweg+Teubner, 1989</i></li><li>• <i>Natterer, F.: Mathematics of Computerized Tomography, Teubner, 1986</i></li><li>• <i>Richter, M.: Inverse Probleme, Springer, 2016</i></li><li>• <i>Rieder, A.: Keine Probleme mit Inversen Problemen, Vieweg, 2003</i></li><li>• <i>Siltanen, S., Müller, J.: Linear and nonlinear inverse problems with practical applications, SIAM 2012</i></li></ul>
-----------	--

**V.10 IT-Sicherheit**

<b>Modulbezeichnung</b>	<b><i>IT-Sicherheit (IT-Security)</i></b>
<b>Kürzel</b>	<b><i>M-ITS</i></b>
Lehrveranstaltung	<i>IT-Sicherheit</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Oliver Stein</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Oliver Stein</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h</i>
Kreditpunkte	<i>5 ECTS</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-ZTH: Elementare Zahlentheorie; B-WS1,2: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1,2</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>fachlich zu kommunizieren (2),</i></li> <li>• <i>Probleme analytisch und ausdauernd zu bearbeiten (2).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>fachlich zu kommunizieren (2),</i></li> <li>• <i>Probleme analytisch anzugehen (2).</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Ziele der Kryptographie, kryptographische Primitive</i></li> <li>• <i>Schlüsselmanagement, Public-Key-Infrastrukturen</i></li> <li>• <i>Beispiele (Standards) für Hashfunktionen, Signaturen, Verschlüsselungen, MACs (Message Authentication Code) u. integrierte kryptographische Kommunikationsprotokolle</i></li> <li>• <i>Generische Angriffsmethoden und Aufwandabschätzung (u.a. Geburtstagsangriffe, Time-Memory-Ansätze)</i></li> <li>• <i>Dedizierte Angriffsmethoden und Aufwandabschätzung (u.a. Faktorisierung, diskreter Logarithmus, Angriffe gegen diverse symmetrische Verfahren)</i></li> <li>• <i>Grundbegriffe der beweisbaren Sicherheit</i></li> <li>• <i>Schlüsselerzeugung, Zufallszahlengeneratoren</i></li> <li>• <i>Effiziente Implementierungen</i></li> <li>• <i>Implementierungsfehler und Seitenkanalangriffe</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite



Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Buchmann, J.: Einführung in die Kryptographie, Springer, 2010</i></li><li>• <i>Joux, A.: Algorithmic Cryptanalysis, CRC Press, 2009</i></li><li>• <i>Karpfinger, C., Kiechle, H.: Kryptologie: Algebraische Methoden und Algorithmen, Vieweg+Teubner, 2009</i></li><li>• <i>Katz, J., Lindell, Y.: Introduction to Modern Cryptography: Principles and Protocols, Chapman &amp; Hall, 2007</i></li><li>• <i>Koç, Ç. K. (Hrsg.): Cryptographic Engineering, Springer, 2009</i></li><li>• <i>Menezes, A. J., van Oorschot, P. C., Vanstone S. A.: Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1996</i></li><li>• <i>Mitchell, C. J., Dent, A. W.: A User's Guide to Cryptography and Standards, Artech House, 2004</i></li><li>• <i>Paar, C., Pelzl, J.: Understanding Cryptography, Springer, 2010</i></li><li>• <i>Schmeh, K.: Kryptographie: Verfahren, Protokolle, Infrastrukturen, dpunkt, 2013</i></li><li>• <i>Schwenk, J.: Sicherheit und Kryptographie im Internet, Vieweg, 2014</i></li><li>• <i>Swoboda, J., Spitz, S., Pramateftakis, M.: Kryptographie und IT-Sicherheit, Vieweg+Teubner, 2008</i></li></ul>
-----------	---

## V.11 Mathematische Methoden der Quantenphysik

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Mathematische Methoden der Quantenphysik</b> ( <i>Mathematical Methods of Quantum Physics</i> )
<b>Kürzel</b>	<b>M-MMQ</b>
Lehrveranstaltung	<i>Mathematische Methoden der Quantenphysik</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Friedhelm Kuypers</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Friedhelm Kuypers</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h</i>
Kreditpunkte	<i>5 ECTS</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-AN1,2,3: Analysis 1,2,3; B-GDG: Gewöhnliche Differentialgleichungen; B-PHY: Physik</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>• die mathematische Beschreibung quantenphysikalischer Systeme im Unterschied zur klassischen Physik zu verstehen,</i></li> <li><i>• einfache quantenphysikalische Systeme konkret analytisch zu behandeln,</i></li> <li><i>• die Relevanz funktionalanalytischer Resultate für die physikalische Anwendung zu erkennen.</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<i>s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs</i>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li><i>• Wellenfunktion und Schrödingergleichung (zeitabhängig und zeitunabhängig); Lösungen für ausgewählte Potentiale; Wellenpakete</i></li> <li><i>• physikalische Observablen als selbstadjungierte Operatoren in Hilberträumen; Postulate der Quantenphysik</i></li> <li><i>• Einführung in die Spektraltheorie selbstadjungierter Operatoren in Hilberträumen</i></li> <li><i>• Messprozess, Unschärferelationen, Dichtefunktion, Mehrteilchensysteme, verschränkte Zustände</i></li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

## Literatur

- *Griffith, D.J.: Quantenmechanik, Pearson, 2012*
- *Kuypers, F.: Quantenmechanik, Wiley-VCH, 2020*
- *Pade, J.: Quantenmechanik zu Fuß, Springer, 2012*
- *Schwabl, F.: Quantenmechanik, Springer, 2007*
- *Weidmann, J.: Lineare Operatoren in Hilberträumen Teil 1: Grundlagen, Teubner, 2000*
- *Weidmann, J.: Lineare Operatoren in Hilberträumen Teil 2: Anwendungen, Teubner, 2003*

## V.12 Signale und Nachrichtenübertragung

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Signale und Nachrichtenübertragung</b> (Signals and Telecommunication)
<b>Kürzel</b>	<b>M-SIN</b>
Lehrveranstaltung	Signale und Nachrichtenübertragung
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Rainer Löschel
Dozent(in)	Prof. Dr. Georg Illies, Prof. Dr. Rainer Löschel
Lehrform / SWS	Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h
Kreditpunkte	5 ECTS
Empfohlene Voraussetzungen	B-LA1,2: Lineare Algebra 1,2; B-AN1,2,3: Analysis 1,2,3; B-WS1: Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik 1; B-ZTH: Elementare Zahlentheorie
Lernziele: Fachliche Kompetenz	Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage, <ul style="list-style-type: none"> <li>• moderne Verfahren der Nachrichtenübertragung zu verstehen,</li> <li>• diese Verfahren und ihre Leistungsgrenzen mathematisch zu behandeln,</li> <li>• einschlägige technische Spezifikationen zu verstehen und zu implementieren,</li> <li>• Codes vergleichend zu beurteilen.</li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	s. Vorbemerkungen dieses Modulhandbuchs
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Signale (u.a. Fourierreihen, Fourier- und Laplacetransformation; LTI-Systeme, Rauschen, Kanalkapazität)</li> <li>• Quellcodierung (u.a. Entropie und Entropiekompression, verlustbehaftete Kompression von Audio-/Videodaten),</li> <li>• Kanalcodierung (u.a. CRC-Codes, LDPC-Codes, Faltungscodes)</li> <li>• Leitungscodierung und Modulation</li> <li>• Multiplexing</li> </ul>

Fortsetzung nächste Seite

Literatur	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cover, T. M., Thomas, J. A.: <i>Elements of Information Theory, 2nd ed., Wiley, 2006</i></li><li>• Hoffmann, D.W.: <i>Einführung in die Informations- und Codierungstheorie, Springer, 2014</i></li><li>• Ohm, J.-R., Lüke, H. D.: <i>Signalübertragung, 12. Aufl., Springer 2014</i></li><li>• Werner, M.: <i>Nachrichtentechnik: Eine Einführung für alle Studiengänge, 8. Aufl., Springer, 2017</i></li><li>• Werner, M.: <i>Information und Codierung: Grundlagen und Anwendung 2. Aufl., Vieweg+Teubner, 2008</i></li><li>• Willems, W.: <i>Codierungstheorie und Kryptographie, Birkhäuser, 2008</i></li></ul>
-----------	--

**V.13 Simulation**

<b>Modulbezeichnung</b>	<b>Simulation</b> ( <i>Simulation</i> )
<b>Kürzel</b>	<b>M-SIM</b>
Lehrveranstaltung	<i>Simulation</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Jörg Breidbach, Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Jörg Breidbach, Prof. Dr. Wolfgang Lauf</i>
Lehrform / SWS	<i>Projekt, Praktikum / 2 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 30 h, Eigenstudium: 60 h</i>
Kreditpunkte	<i>3 ECTS</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>Ggf. begleitend ein Anwendungsmodul</i>
Lernziele: Fachliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>bekannte Simulationstools für mindestens eines der angebotenen Anwendungsgebiete zu nennen (1),</i></li> <li>• <i>Kenntnisse aus mindestens einem Anwendungsmodul im Rahmen von umfangreichen fachwissenschaftlichen Projekten praktisch umzusetzen (3),</i></li> <li>• <i>ein Simulationsprojekt für mindestens eines der angebotenen Anwendungsgebiete zu modellieren und umzusetzen (3).</i></li> </ul>
Lernziele: Persönliche Kompetenz	<p><i>Nach der erfolgreichen Absolvierung des Moduls sind die Studierenden in der Lage,</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>teamorientiert mittel- bis langfristige Ziele unter Projektbedingungen zu erfüllen (3),</i></li> <li>• <i>verantwortliche Projektmanagementaufgaben selbst einzuschätzen und zu übernehmen (3).</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Einführung in die Grundlagen der Simulation</i></li> <li>• <i>Einsatz der Simulation bei Optimierungsproblemen</i></li> <li>• <i>Einblick und Übungen in Anwendungsbereichen, z.B.:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Scheduling in der Produktionsplanung</i></li> <li>○ <i>Derivate in der Finanzmathematik</i></li> <li>○ <i>Chaotische Systeme</i></li> <li>○ <i>Verkehrsfluss</i></li> </ul> </li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bungartz, H.-J., et. al.: Modellbildung und Simulation</i></li> <li>• <i>Dagpunar, J.S.: Simulation und Monte Carlo</i></li> <li>• <i>Law, A. M., Kelton, W. D.: Simulation Modeling and Analysis</i></li> </ul>

## V.14 Simulationsmethoden in der Physik

<b>Modulbezeichnung</b>	<b><i>Simulationsmethoden in der Physik</i></b> <i>(Simulation Methods in Physics)</i>
<b>Kürzel</b>	<b><i>M-SPH</i></b>
Lehrveranstaltung	<i>Simulationsmethoden in der Physik</i>
Modulverantwortliche(r)	<i>Prof. Dr. Jörg Breidbach</i>
Dozent(in)	<i>Prof. Dr. Jörg Breidbach</i>
Lehrform / SWS	<i>Seminaristischer Unterricht mit Praktikum / 4 SWS</i>
Arbeitsaufwand in Zeitstunden	<i>Präsenzstudium: 60 h, Eigenstudium: 90 h</i>
Kreditpunkte	<i>5 ECTS</i>
Empfohlene Voraussetzungen	<i>B-PHY: Physik; B-NM1: Numerische Mathematik 1; B-MS1,2: Mathematische Software 1,2</i>
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Kenntnis bekannter Modellierungs- und Simulationsvorgehen aus der Physik</i></li> <li>• <i>Fähigkeit zur Modellierung und Umsetzung von Simulationsprojekten in der Physik</i></li> </ul>
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Mathematische Grundlagen von Computational Physics</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Eigenwertaufgaben und Diagonalisierung</i></li> <li>○ <i>Fouriertransformation</i></li> </ul> </li> <li>• <i>Simulation in Computational Physics</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ <i>Bewegungsgleichungen</i></li> <li>○ <i>Rotationsbewegungen</i></li> <li>○ <i>Thermodynamik</i></li> <li>○ <i>Elektrostatik</i></li> <li>○ <i>Wellen</i></li> </ul> </li> </ul>
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Scherer, Ph.: Computational Physics</i></li> <li>• <i>Tao, P.: Computational Physics</i></li> <li>• <i>Golub, G.H., Van Loan, Ch.: Matrix Computations</i></li> <li>• <i>Ostlund, N., Szabo, A.: Modern Quantum Chemistry</i></li> </ul>