

**Modulhandbuch  
für den Masterstudiengang  
Applied Mathematics**

19. September 2018

Hochschule Koblenz  
RheinAhrCampus  
Fachbereich Mathematik und Technik

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Pflichtmodule</b>	<b>5</b>
2.1	Fortgeschrittene Themen der Informatik . . . . .	5
2.2	Höhere Analysis . . . . .	6
2.3	Maßtheorie und stochastische Prozesse . . . . .	7
2.4	Mathematische Modellierung . . . . .	8
2.5	Monte-Carlo-Methoden . . . . .	9
2.6	Oberseminar . . . . .	10
2.7	Optimierung . . . . .	11
2.8	Multivariate Statistik . . . . .	12
2.9	Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen . . . . .	13
2.10	Masterarbeit . . . . .	14
2.11	Kolloquium . . . . .	15
<b>3</b>	<b>Profilmodule Biomathematik</b>	<b>16</b>
3.1	Medizinische Bild- und Signalverarbeitung . . . . .	16
3.2	Forschungsprojekt . . . . .	17
3.3	Gemischte Modelle . . . . .	18
3.4	Klinische Biostatistik . . . . .	19
3.5	Nichtlineare Regression und Pharmakokinetik . . . . .	20
3.6	Systembiologie . . . . .	21
<b>4</b>	<b>Wahlmodule Biomathematik</b>	<b>22</b>
4.1	Computational Life Science . . . . .	22
4.2	Forschungsprojekt Biometrie . . . . .	23
4.3	Forschungsprojekt Systembiologie . . . . .	24
4.4	Forschungsprojekt Bild- und Signalverarbeitung . . . . .	25
4.5	Neuronale Netze, Genetische Algorithmen und Zelluläre Automaten . . . . .	26
4.6	Aktuelle Themen aus der Biomathematik . . . . .	27
<b>5</b>	<b>Profilmodule Aktuar- und Finanzmathematik (Wirtschaftsmathematik)</b>	<b>28</b>
5.1	Höhere Personenversicherungsmathematik . . . . .	28
5.2	Höhere Sachversicherungsmathematik . . . . .	29
5.3	Numerische Bewertung von Finanzinstrumenten . . . . .	30
5.4	Risikomanagement in Banken . . . . .	31
5.5	Risikomanagement in Versicherungen . . . . .	32
5.6	Stochastische Integration und Stetige Finanzmathematik . . . . .	33
<b>6</b>	<b>Wahlmodule Wirtschaftsmathematik</b>	<b>34</b>
6.1	Einführung in die Spieltheorie . . . . .	34
6.2	Aktuelle Themen aus der Wirtschaftsmathematik . . . . .	35
6.3	Forschungsprojekt Finanzmathematik . . . . .	36
6.4	Forschungsprojekt Risikomanagement . . . . .	37
6.5	Forschungsprojekt Versicherungsmathematik . . . . .	38
6.6	Ökonometrie . . . . .	39
6.7	Operations Research . . . . .	40
6.8	Volkswirtschaftslehre . . . . .	41

<b>7</b>	<b>Profilmodule Technomathematik</b>	<b>42</b>
7.1	Mustererkennung . . . . .	42
7.2	Kontinuumsmechanik . . . . .	43
7.3	Relativitätstheorie . . . . .	44
7.4	Atomphysik . . . . .	45
7.5	Molekülphysik . . . . .	46
7.6	Kern- und Teilchenphysik . . . . .	47
7.7	Fortgeschrittene Quantenmechanik . . . . .	48
7.8	Quantenfeldtheorie . . . . .	49
7.9	Physikalische Grundlagen von Sensoren . . . . .	50
7.10	Ultraschallbildgebung . . . . .	51
7.11	Röntgenphysik . . . . .	52
7.12	Röntgenoptik . . . . .	53
7.13	Nichtlineare Optik I: Grundlagen . . . . .	54
7.14	Nichtlineare Optik II: Ultrakurze Laserpulse . . . . .	55
7.15	Laseroptische Verfahren zur hochauflösenden Bildgebung . . . . .	56
7.16	Laserspektroskopie . . . . .	57
7.17	Moderne Optikentwicklung . . . . .	58
7.18	Lasermedizin und biomedizinische Optik . . . . .	59
7.19	Kernspintomographie . . . . .	60
7.20	Computertomographie . . . . .	61
7.21	Physik und Technik der Strahlentherapie . . . . .	62
<b>8</b>	<b>Wahlmodule Technomathematik</b>	<b>63</b>
8.1	Mikrocontrollertechnik . . . . .	63
8.2	Forschungsprojekt (Research Project) . . . . .	64
<b>9</b>	<b>Sonstige Wahlmodule</b>	<b>65</b>
9.1	Auslandslehrveranstaltung . . . . .	65
9.2	Forschungsseminar mit Tagung . . . . .	66
9.3	Kontrolltheorie . . . . .	67
9.4	Parallel Computing . . . . .	68
9.5	Variationsrechnung und optimale Steuerung . . . . .	69
9.6	Wavelets und Anwendungen . . . . .	70
9.7	Nichtparametrische und computer-intensive statistische Verfahren . . . . .	71
9.8	Ausgewählte Themen der reinen Mathematik . . . . .	72
9.9	Ausgewählte Themen der Stochastik . . . . .	73
9.10	Mathematik und Gesellschaft . . . . .	74
9.11	Künstliche Intelligenz . . . . .	75
9.12	Computervisualistik . . . . .	76
9.13	Moderne Objektorientierte Programmierung . . . . .	77

# 1 Einleitung

Die Modulbeschreibungen enthalten neben inhaltlichen Informationen auch Angaben zu den vergebenen ECTS-Leistungspunkten, zum Zeitaufwand, zur Art des Leistungsnachweises, zu Unterrichtsformen und Literaturangaben. Zu jedem Modul ist eine verantwortliche Person für die Konzeption des Moduls angegeben. Die aufgeführten Lehrenden sind z.B. für Prüfungen außerhalb des regulären Prüfungsangebots ansprechbar. Bei mehreren unter Abschluss genannten möglichen Prüfungsformen wird zu Beginn der Lehrveranstaltung die Prüfungsform verbindlich festgelegt. Die Erbringung dieser Leistungen ist dann die Voraussetzung für die Vergabe von Kreditpunkten. Die genannten Voraussetzungen für den Besuch eines Moduls stellen lediglich inhaltliche Empfehlungen dar. Dabei wird jeweils auf den Inhalt des entsprechenden Moduls eines der Bachelormathematikstudiengänge am RheinAhrCampus verwiesen. Dies bedeutet allerdings keine formale Zugangsbeschränkung, sondern stellt nur eine Orientierungshilfe zur Studienplanung dar. Studierende, denen inhaltliche Voraussetzungen fehlen, müssen sich diese vorher aneignen, um an den Veranstaltungen teilnehmen zu können.

Die genannten inhaltlichen Voraussetzungen für den Besuch eines Moduls sind lediglich Empfehlungen und bedeuten keine formale Zugangsbeschränkung, sondern stellen nur eine Orientierungshilfe zur Studienplanung dar. Dabei wird in der Regel jeweils auf die Inhalte von Modulen der Bachelorstudiengänge am RheinAhrCampus verwiesen. Bei den Technomathematik-Modulen, bei denen oft keine spezifischen inhaltlichen Voraussetzungen genannt sind, wird jedoch ein physikalisch-technisches Grundverständnis auf Bachelorniveau erwartet. Details können bei den Modulbeauftragten oder Lehrenden erfragt werden. Studierende, denen inhaltliche Voraussetzungen fehlen, müssen sich diese vorher aneignen, um an den Veranstaltungen teilnehmen zu können.

Es werden zunächst die Pflichtmodule beschrieben. Sie vermitteln wichtige Inhalte aus der Angewandten Mathematik und sind für die drei Schwerpunkte Bio-, Techno- und Wirtschaftsmathematik relevant. Prüfungsleistungen sind benotete, Studienleistungen unbenotete Prüfungen. In Zweifelsfällen ist die Prüfungsordnung maßgeblich. Die Pflichtmodule werden regelmäßig jedes dritte Semester angeboten. Danach werden die möglichen Profilmodule und Wahlmodule, nach Schwerpunkten geordnet aufgelistet. Diese Module sind im Umfang von min. 30 ECTS erfolgreich zu absolvieren. Diese Module schließen stets mit einer benoteten Prüfungsleistung ab. Über diese Module hinaus können weitere bestandene (und benotete) Module unbenotet in das Abschlusszeugnis eingehen. Genauerer regelt die Prüfungsordnung.

Für die Zertifizierung eines der Profile Biomathematik, Aktuar- und Finanzmathematik sowie Technomathematik sind min. 20 ECTS aus dem Profilmobereich erfolgreich zu absolvieren. Die Profilmodule aus der Biomathematik und Aktuar- und Finanzmathematik werden regelmäßig jedes dritte Semester angeboten. In der Technomathematik werden die meisten Profilmodule jedes zweite oder dritte Semester angeboten.

Alle anderen Wahlmodule werden nach Bedarf und Nachfrage aber auch nach den Gegebenheiten des Fachbereichs angeboten. Das genaue Angebot wird jeweils in den Monaten vor Semesterbeginn festgelegt. Die Studierenden werden durch ein Wahlverfahren an der Festlegung dieses Wahlangebots beteiligt. Unabhängig von der inhaltlichen Gruppierung in diesem Modulhandbuch oder in der Prüfungsordnung kann jedes hier aufgeführte Profil- oder Wahlmodul als Wahlmodul belegt werden.

## 2 Pflichtmodule

### 2.1 Fortgeschrittene Themen der Informatik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	SL: Hausarbeit und Vortrag, Klausur oder Aufgabe am PC
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium	–		90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	NN	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neidhardt, NN		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundlagen über Algorithmen und Programmierung		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

#### Lernziele und Kompetenzen

Kenntnis wichtigster Prinzipien der Informatik bzw. wichtiger Grundlagen des Programmierens, Kenntnis fundamentaler Algorithmen.

#### Inhalt

Das Modul soll einen vertieften Einblick in ein Thema der Informatik geben. Dabei können abwechselnd Themen aus verschiedenen Bereichen behandelt werden, zu denen folgende gehören: Vertiefung in objektorientierte Programmierung, z. B. graphische Benutzeroberflächen, fundamentale Algorithmen in der Informatik, z. B. Sortierverfahren, Algorithmen der Graphentheorie, zahlentheoretische Algorithmen, Künstliche Intelligenz, Zufallszahlen, Grundlagen der Graphentheorie.

#### Bemerkungen

Welches Themengebiet jeweils behandelt wird, wird rechtzeitig vor Beginn des Moduls bekannt gegeben. Dieses Modul ist ein Pflichtmodul im Masterstudiengang Mathematics in Finance and Life Science. Es kann auch für Studierende des Masters in Applied Physics von Interesse sein.

#### Literatur

D.A. Knuth, The Art of Computer Programming. Vol. 1-Vol. 5: Addison-Wesley, Reading, MA 1997

## 2.2 Höhere Analysis

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	30 (2 SWS) 135	30 –	1 4,5	– –
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Kschischo, Neidhardt		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Bachelorvorlesungen Mathematik in Analysis und Linearer Algebra		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Verallgemeinerung und Zusammenführung von Konzepten aus der Analysis und der Linearen Algebra führt zu sehr vielseitigen Ansätzen zur Lösung komplexer anwendungsbezogener Fragestellungen, z. B. zur Lösung von Differential- und Integralgleichungen. Der Weg von abstrakten Resultaten zu praktischen Anwendungen wird nachvollzogen und anhand von Beispielen aus der Physik und der Bio-, Techno- und Wirtschaftsmathematik eingeübt.

### Inhalt

Topologische, metrische und normierte Räume; Konvergenz, Vollständigkeit und Kompaktheit; Banachräume und Hilberträume; Lineare Operatoren und Funktionale; Fixpunktprinzipien; Verallgemeinerte Funktionen; Kompakte Operatoren und Einführung in die Spektraltheorie; Anwendungen auf die Lösungen von (partiellen) Differential- und Integralgleichungen und Eigenwertproblemen.

### Literatur

- D. Werner, Einführung in die Höhere Analysis, Springer, 2006
- D. H. Griffel, Applied Functional Analysis, Courier Dover, 2002
- H. Heuser, Funktionalanalysis, Vieweg+Teubner, 2006
- A. Göpfert, Th. Riedrich, C. Tammer, Angewandte Funktionalanalysis, Vieweg+Teubner, 2009

## 2.3 Maßtheorie und stochastische Prozesse

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	75 (5 SWS)	75	2,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	45 (3 SWS) 180	45 –	1,5 6	
Summe	–	–	–	300	120	10	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Kremer, Neidhardt, Wolf, Berres		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Bachelorvorlesungen zur Analysis und Wahrscheinlichkeitstheorie		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden lernen Grundlagen moderner stochastischer Modelle und grundlegende Klassen stochastischer Prozesse kennen. Das Modul verbindet die Förderung des abstrakten mathematischen Denkvermögens mit der Anwendungsorientierung in stochastischen Modellen.

### Inhalt

Maßtheorie: Mengensysteme, Konstruktion von Maßen und Anwendungen in der Stochastik,  
 Integrationstheorie: messbare Funktionen, Lebesgue-Integral, Konvergenzsätze und Anwendungen, Produktmaße und Satz von Fubini,  
 Stochastische Prozesse: Bedingter Erwartungswert, Martingaltheorie in diskreter und stetiger Zeit, Markov-Ketten in diskreter und stetiger Zeit, Brownsche Bewegung, Poisson-Prozess.

### Literatur

H. Bauer, Maß- und Integrationstheorie, de Gruyter, 1992  
 A. Klenke, Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer, 2008

## 2.4 Mathematische Modellierung

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	SL: Hausarbeit oder Vortrag
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):

Kschischo

Sprache: Deutsch

Turnus:

jedes dritte Semester

Standort: RAC

Lehrende:

Kschischo

Zwingende Voraussetzungen:

keine

Inhaltliche Voraussetzungen:

Grundkenntnisse zu gewöhnlichen Differentialgleichungen

Verwendbarkeit:

M. Sc. Applied Mathematics

### Lernziele und Kompetenzen

Es werden Kenntnisse und Fertigkeiten der mathematischen Modellbildung an Beispielen erörtert. Die Studierenden sollen nach dieser Veranstaltung in der Lage sein, eine Problemstellung in ein mathematisches Modell zu übersetzen und eine angemessene Formulierung oder Methodik zu finden. Ein wesentlicher Schwerpunkt ist die Integration von Daten und die Vermittlung des Modellierungszyklus zwischen Datenerhebung, Modellentwicklung und Modellvorhersage, Validierung und Modellmodifikation.

### Inhalt

Grundprinzipien der Modellierung, ausgewählte Modellbeispiele, lineare und nichtlineare Differentialgleichungsmodelle, Dimensionalsanalyse und Skalierung, Parameterschätzung, Modelle mit optimaler Steuerung, Rückkopplung, agentenbasierte Modelle.

### Bemerkungen

Es werden Beispiele für Modelle aus den Bereichen Biologie, Medizin, Wirtschaft, Physik, Chemie und Technik aufgeführt.

### Literatur

Eck, C., Garcke, H., Knabner, P. (2011) Mathematische Modellierung, Springer Verlag und weitere Literatur aus aktuellen Veröffentlichungen

## 2.5 Monte-Carlo-Methoden

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung, in kleineren Gruppen Projekte möglich
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium	–		90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Kschischo, Neidhardt, Neuhäuser		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Bachelorvorlesungen Mathematik in Analysis und Linearer Algebra		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten lernen die Bedeutung von Monte-Carlo-Verfahren zur Lösung mathematischer Probleme kennen. Sie erlernen Verfahren zur Erzeugung von (Pseudo-) Zufallszahlen, zur Transformation auf vorgegebene Verteilungen und Tests zur Überprüfung der Güte eines Zufallszahlengenerators. Sie kennen Bedeutung und Verfahren zur Varianzreduktion. Sie verstehen das Konzept der Markov-Chain-Monte-Carlo-Methoden und kennen die wichtigsten Algorithmen. Sämtliche Themengebiete werden anhand vielfältiger Anwendungsbeispiele insbesondere aus der Techno-, Bio- und Wirtschaftsmathematik am Computer nachgebildet und vertieft.

### Inhalt

Verfahren und Anwendungsgebiete der Monte-Carlo-Simulation, Erzeugung von (Pseudo-)Zufallszahlen, Methoden zur Varianzreduktion, Markov-Chain-Monte-Carlo-Verfahren, Statistische Analyse und Bootstrap.

### Literatur

Neil Madras, Lectures on Monte Carlo Methods, American Mathematical Society, 2002  
 Paul Glasserman, Monte Carlo Methods in Financial Engineering, Springer, 2003  
 Brian F.J. Manly, Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology, Chapman and Hall, 2006

## 2.6 Oberseminar

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Seminar Selbststudium	–	k.A.	30 (2 SWS) 45	30 –	1 1,5	SL: Vortrag –
Summe	–	–	–	75	30	2,5	–

Modulbeauftragte(r): Kinder  
 Turnus: Wintersemester  
 Lehrende: alle Lehrende der Mathematik am RAC  
 Zwingende Voraussetzungen: keine  
 Inhaltliche Voraussetzungen: ein erfolgreich abgeschlossenes Mastersemester  
 Verwendbarkeit: M. Sc. Applied Mathematics

Sprache: Deutsch  
 Standort: RAC

### Lernziele und Kompetenzen

Fähigkeit zum schnellen Einarbeiten in eine neue Problemstellung, zum Ermitteln wesentlicher Punkte aus aktuellen Publikationen, zum selbständigen Aneignen aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse aus Fachveröffentlichungen und die Präsentation solcher Erkenntnisse, Erweiterung des Überblickswissens in dem besprochenen Bereich, die Fähigkeit, komplexe Sachverhalte zu verstehen und zu kommunizieren.

### Inhalt

Vorstellung aktueller Themen und Forschungsergebnisse aus der angewandten Mathematik und den Anwendungsbereichen durch die Studierenden. Dazu werden sie aktuelle Publikationen zu einem vorgegebenen Thema aufbereiten und Vorträge dazu ausarbeiten.

### Bemerkungen

Die im Oberseminar erworbenen Kompetenzen sind eine wichtige Vorbereitung auf die Masterarbeit.

### Literatur

Aktuelle Publikationen, je nach Thema

## 2.7 Optimierung

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Kinder, Neidhardt		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Analysis, Lineare Algebra, Einführung in die Optimierung, Numerik, Programmieren		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Überblick über unterschiedliche Optimierungsaufgaben, Kenntnis von Einsatz und Grenzen der analytischen Lösbarkeit von Optimierungsaufgaben, analytischen und numerischen Aspekten bei grundlegenden Verfahren bei unrestringierten Optimierungsaufgaben, Grundlagen der restringierten Optimierung, Eigenständige Modellierung und Bearbeitung von ausgewählten Optimierungsaufgaben, Softwareeinsatz zur Lösung von Optimierungsaufgaben.

### Inhalt

Beispiele für Optimierungsaufgaben und deren Klassifizierung, analytische Grundlagen der unrestringierte Optimierung, konvexe Funktionen, Gradienten-Verfahren, Newton-Verfahren und Modifikationen, Gauß-Newton-Verfahren, Verfahren mit konjugierten Gradienten, Theorie der beschränkten Optimierung, Verfahren zur quadratischen Programmierung, SQP-Verfahren, Programmierung von einfachen Optimierungsverfahren, Benutzung von Programmbibliotheken zur Optimierung.

### Bemerkungen

Optimierungsmethoden werden in vielen Zusammenhängen benötigt.

### Literatur

- C. Geiger, C. Kanzow Numerische Verfahren zur Lösung unrestringierter Optimierungsaufgaben, Springer, 1999  
 C. Geiger, C. Kanzow Theorie und Numerik restringierter Optimierungsaufgaben, Springer, 2002

## 2.8 Multivariate Statistik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Kinder		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Analysis, Lineare Algebra, Statistik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Angestrebt wird ein Grundverständnis für multivariate statistische Konzepte und Methoden. Das umfasst die Beurteilung der Datenlage und die Auswirkungen der Dimensionsreduktion sowie von unterschiedlichen Modellannahmen. Für viele der besprochenen Methoden kann kompetent die entsprechende Software eingesetzt werden.

### Inhalt

Grundlegende Methoden der multivariaten Statistik wie agglomerative und optimierende Clusterverfahren, Erweiterungen der linearen Regression wie multivariate Regression, Parameterschrumpfung und Variablenselektion, faktorenanalytisches Modell, Hauptfaktorenanalyse und Hauptkomponentenanalyse, Lineare Diskriminanzanalyse als Methode zur Klassifikation.

### Literatur

L. Fahrmeir, A. Hamerle, G. Tutz, Multivariate statistische Verfahren, de Gruyter  
 A. Handl, Multivariate Analysemethoden, Springer  
 T. Hastie, R. Tibshirani, J. Friedman, The Elements of Statistical Learning, Springer

## 2.9 Theorie und Numerik partieller Differentialgleichungen

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	75 (5 SWS)	75	2,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	
	Selbststudium			180	–	6	–
Summe	–	–	–	300	120	10	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Neidhardt		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Bachelorvorlesungen zur Analysis und Linearen Algebra		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten lernen, wie wirtschafts-, ingenieur- und naturwissenschaftliche Probleme durch partielle Differentialgleichungen modelliert werden können. Sie verstehen, wie Eigenschaften der Lösungen mit der Struktur der partiellen Differentialgleichung zusammenhängen und erwerben Methodenwissen für die analytische und numerische Lösung dieser Gleichungen.

### Inhalt

Modellierung: Wärmeleitungsgleichung, Wellengleichung, Laplace- und Poisson-Gleichung, Black-Scholes-PDE, Charakteristiken-Verfahren für PDE 1.Ordnung, Schockwellen, Klassifikation von PDE 2. Ordnung, Fundamentallösungen, Maximumprinzipien, Separations- und Transformationsansätze zur analytischen Lösung, Finite Differenzen: explizite, implizite und Crank-Nicholson-Verfahren, Stabilität und Konvergenz, Variationsformulierung und Finite-Elemente-Methode.

### Literatur

- A. Tveito, R. Winther, Einführung in partielle Differentialgleichungen, Springer, 2002  
 L. Evans, Partial Differential Equations, American Mathematical Society, 1998  
 P. Knabner, L. Angermann, Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer, 2000

## 2.10 Masterarbeit

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
4	Projekt	–	k.A.	750	30	25	PL: Abschlussarbeit
Summe	–	–	–	750	30	25	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	alle Prüfende der Mathematik im Sinne der PO		
Zwingende Voraussetzungen:	mindestens 60 CP		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Fähigkeit zur selbständigen Bearbeitung eines konkreten mathematischen Problems, zum selbständigen Erwerb wissenschaftlicher Kenntnisse aus Fachveröffentlichungen und zur Präsentation der Arbeitsergebnisse. Typische Kompetenzen sind das eigenständige Arbeiten, das Übersetzen eines Problems in ein Modell, die Fähigkeit, sich schnell in neue Problemfelder einzuarbeiten, mathematikbasierte Problemlösungskompetenz und die Fähigkeit, mathematische Sachverhalte schriftlich darzustellen.

### Projekt

Unterstützung zum selbstständigen wissenschaftlichen Arbeiten und selbständige Anfertigung der Masterarbeit.

### Bemerkungen

Weitere Rahmenbedingungen sind der Prüfungsordnung zu entnehmen.

### Literatur

Aktuelle Publikationen, je nach Thema

## 2.11 Kolloquium

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
4	Vortrag	–	k.A.	150	15	5	benoteter Vortrag
Summe	–	–	–	150	15	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	alle Prüfende der Mathematik im Sinne der PO		
Zwingende Voraussetzungen:	alle übrigen Module müssen erfolgreich abgeschlossen sein		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Übersichtsartige Präsentation von komplexeren Zusammenhängen und eigenen Arbeitsergebnissen, Herstellen von Verbindungen zwischen der eigenen Masterarbeit und weiteren mathematikbasierten Fragestellungen in der Diskussion, Umgang mit Präsentationssoftware.

### Inhalt

Präsentation und Diskussion der Masterarbeit.

### Bemerkungen

Weitere Rahmenbedingungen sind der Prüfungsordnung zu entnehmen

### Literatur

Masterarbeit, aktuelle Publikationen, je nach Thema

# 3 Profilmodule Biomathematik

## 3.1 Medizinische Bild- und Signalverarbeitung

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss	
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL:	Hausarbeit
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5		und/oder Vortrag
	Selbststudium			90	–	3	–	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–	–

Modulbeauftragte(r): Dellen  
 Turnus: jedes dritte Semester  
 Lehrende: Dellen  
 Zwingende Voraussetzungen: keine  
 Inhaltliche Voraussetzungen: Grundkenntnisse Bild- oder Signalverarbeitung  
 Verwendbarkeit: M. Sc. Applied Mathematics  
 Sprache: Deutsch  
 Standort: RAC

### Lernziele und Kompetenzen

Kenntnis wichtigster biologischer und medizinischer bildgebender Modalitäten, Kenntnis fortgeschrittene Bildcharakteristika, Kenntnis fortgeschrittene Bildsegmentierung, Methoden zur Signalverbesserung und Analyse, Einblick in aktuelle Fragestellungen der Forschung. Kenntnis grundlegender Algorithmen und ihrer Programmierung (MATLAB).

### Inhalt

Grundlagen bildgebender Modalitäten in der Medizin wie etwa Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Ultraschall bzw. EEG. Darstellung von 2D und 3D Bildern, Bildformate, Bildcharakteristika, Bildverbesserung, Bildsegmentierung, Mathematische Transformationen zur Ort- und Frequenzanalyse, Räumliche Transformationen, Grundlagen von Klassifikationsalgorithmen. Implementierung grundlegender Algorithmen mit MATLAB.

### Bemerkungen

Dieses Modul kann auch für Studierende mit medizintechnischem Schwerpunkt von Interesse sein.

### Literatur

R.C. Gonzalez, R.E. Woods, Digital Image Processing, Addison-Wesley, New York, Third edition, 2008.  
 Wolfgang Birkfellner, Applied Medical Image Processing – A Basic Course, CRC Presse, Taylor & Francis Group, 2014.  
 Weitere aktuelle Forschungsliteratur.

## 3.2 Forschungsprojekt

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Projekt	–	k.A.	60	60	2	PL: nach Vorgabe des Lehrenden
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Berres, Dellen, Kschischo, Neuhäuser		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Biomathematik aus dem Bachelor		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Eigenständige Bearbeitung eines aktuellen Forschungsprojektes ggf. in einer kleinen Gruppe, eigenständige Modellentwicklung, Vergleich von Verfahren, Beherrschung von Simulationsstudien, Übertragung konkreter Problemstellungen in biomathematische Modelle, Einblick in das Anwendungsgebiet, Programmierung und Simulation, Formulierung eigener Forschungsfragen.

### Inhalt

Ein aktuelles Forschungsthema wird unter Anleitung bearbeitet, die Studierenden werden in Forschungsaktivitäten eingebunden.

### Bemerkungen

Diese Modulbeschreibung dient als Platzhalter im Profilbereich für eines der drei Module Forschungsprojekt Biometrie, Systembiologie oder Bildverarbeitung aus dem Wahlbereich. Diese drei Module werden im Wechsel, mit langfristiger Planung und Ankündigung, als Profilm modul regelmäßig alle drei Semester angeboten. Dieses Modul kann als Vorbereitung und Vorarbeit für eine Masterarbeit in einem Bereich der Biomathematik dienen.

### Literatur

je nach Thema

### 3.3 Gemischte Modelle

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur, mündliche Prüfung oder Hausarbeit mit Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Berres	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Berres, Neuhäuser		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik I und II		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

#### Lernziele und Kompetenzen

Fähigkeit, Versuchspläne mit zufälligen und festen Effekten zu erkennen und in einem statistischen Modell formulieren. Erzeugung geeigneter Datenstrukturen in SAS und R. Verständnis der Modellparameter und der Schätzmethoden. Kompetenz in der Modellentwicklung für Studiendesigns, der Umsetzung der Analyse in SAS und R, der Diagnostik der Residuen und der Interpretation der Ergebnisse.

#### Inhalt

Zufällige Effekte und gemischte Modelle anhand von Beispielen, Datenstrukturen für gemischte Modelle, Modellgleichungen und Schätzung durch (restricted) Maximum Likelihood, Hypothesentests für feste und zufällige Effekte, Modellierung von Varianzhomogenität durch Varianzfunktionen, Modellierung von Abhängigkeiten durch spezielle Korrelationsmatrizen, Modelle für Clusterdaten, Messwiederholungen und longitudinale Daten. Anwendungen in SAS® und R. Einfache GEE-Modelle für binäre Daten.

#### Literatur

Pinheiro JC, Bates DM: Mixed Effects Models in S and S-Plus, Springer, New York 2000  
 West BT, Welch KB, Galecki AT: Linear Mixed Models. A Practical Guide Using Statistical Software. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton 2007

### 3.4 Klinische Biostatistik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur, mündliche Prüfung oder Hausarbeit mit Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	– –
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Berres	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Berres, Neuhäuser		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik I und II		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

#### Lernziele und Kompetenzen

Kompetenz zur Planung klinischer Studien, Kenntnis der ethischen und regulatorischen Richtlinien klinischer Studien und Einsicht in ihre Notwendigkeit. Kenntnis verschiedener Studienpläne, ihrer Vor- und Nachteile und der zugehörigen statistischen Modelle. Kenntnisse der Prinzipien der Fallzahlschätzung und Powerberechnung einschließlich spezieller Methoden für verschiedene statistische Modelle, Kenntnisse über gruppensequentielle adaptive Verfahren und ihre Anwendbarkeit. Kenntnis meta-analytischer Methoden. Kompetenz im Umgang mit fehlenden Werten. Kenntnisse über diagnostische Studien. Fähigkeit, selbständig die biostatistischen Aufgaben in medizinischen Studien wahrzunehmen.

#### Inhalt

Planung klinischer Studien – Randomization, Verblindung. Ethische Probleme bei klinischen Studien und einschlägige internationale regulatorische Richtlinien. Rolle von Ethikkommissionen in der klinischen Forschung. Tests auf Nicht-Unterlegenheit und Äquivalenz, Bioäquivalenz. Fallzahlschätzung und Powerberechnung für verschiedene Testverfahren, Gruppensequentielle und adaptive Studienpläne. Cross-Over-Design, Cochran-Mantel-Haenszel-Methoden, Meta-Analysen. Imputation fehlender Werte. Analyse diagnostischer Studien.

#### Literatur

Schumacher, M., Schulgen, G.: Methodik klinischer Studien, Springer, Berlin 2002  
 Bock, J.: Bestimmung des Stichprobenumfangs, Oldenbourg, München 1998  
 Piantadosi, S.: Clinical Trials: An Methodologic perspective. Wiley, New York 1997

### 3.5 Nichtlineare Regression und Pharmakokinetik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur, mündliche Prüfung oder Hausarbeit zusammen mit Testaten und Vortrag
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Kinder		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundkenntnisse in den Bereichen Lineare Regression, Optimierung, gewöhnliche DGL und Numerik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

#### Lernziele und Kompetenzen

Parameterschätzprobleme sollen mathematisch beschrieben und klassifiziert werden können. Für unterschiedliche Problemklassen werden Lösungsansätze erarbeitet und zum Teil auch programmiertechnisch umgesetzt. Angestrebte Kompetenzen sind Übertragung konkreter Problemstellungen in eine mathematische Formulierung, Tafelpräsentation von schwierigen Sachverhalten, Transfer von bekannten Konzepten auf neue Fragestellungen, fortgeschrittenes algorithmisches Denken, Programmierung und Grundkenntnisse im Umgang mit pharmakokinetischen Modellen.

#### Inhalt

Kurzüberblick zur Linearen Regression, Modellierung und Simulation pharmakokinetischer Systeme, Parameterschätzung bei nichtlinearen Funktionen, Gauß-Newton-Verfahren, Levenberg-Marquardt-Verfahren, Parameterschätzung bei gewöhnlichen DGL-Systemen mittels Einzelschießverfahren und Mehrzielmethode, Benutzung von Programmbibliotheken.

#### Bemerkungen

Dieses Modul ist ein Profilmodul für den Bereich Biomathematik. Die aufgeführten Methoden werden aber auch in anderen Anwendungsbereichen zur Parameterschätzung verwendet.

#### Literatur

W. Alt, Nichtlineare Optimierung, Vieweg 2002  
M. Hanke-Bourgeois, Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens, Teubner, 2006

### 3.6 Systembiologie

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Hausarbeit oder Vortrag
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kschischo	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Kschischo		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundkenntnisse der Biochemie und der Genetik, gewöhnliche DGL und Numerik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

#### Lernziele und Kompetenzen

Systembiologische Methoden haben eine wachsende Bedeutung in der biomedizinischen, biotechnologischen und pharmazeutischen Forschung und Entwicklung. Eine wichtige zu vermittelnde Grundkompetenz ist die Fähigkeit, ein biologisches Problem zu erkennen, einen Modellansatz zu formulieren und dann einen systembiologischen Zyklus aus Experiment und Modellierung zu etablieren.

#### Inhalt

Ziel dieses Kurses ist eine Einführung in die Grundkonzepte und Modellierungstechniken der Systembiologie. Dabei werden sowohl mechanistische und statistische sowie gemischte Modellierungsansätze behandelt. Die vermittelten Methoden umfassen Kinetische Modelle für biochemische Netzwerke, Constraint based models, Integration heterogener Daten und die Analyse von Hochdurchsatzexperimenten, wobei der Schwerpunkt allerdings auf den mechanistischen Modellen liegt.

#### Bemerkungen

Dieses Modul könnte auch für Studierende mit medizintechnischem Schwerpunkt von Interesse sein.

#### Literatur

Klipp E., Liebermeister W., Wierling C., Kowald A. (2009), Lehrach H., Herwig R. Systems Biology: A Textbook, Verlag: Wiley-VCH Verlag und weitere aktuelle Forschungsliteratur.

# 4 Wahlmodule Biomathematik

## 4.1 Computational Life Science

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss	
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL:	Hausarbeit
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5		und/oder Vortrag
	Selbststudium			90	–	3	–	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–	–
Modulbeauftragte(r):		Kschischo			Sprache:		Englisch	
Turnus:		nach Bedarf und Möglichkeit			Standort:		RAC	
Lehrende:		Kschischo						
Zwingende Voraussetzungen:		keine						
Inhaltliche Voraussetzungen:		keine						
Verwendbarkeit:		M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics						

### Lernziele und Kompetenzen

In this module the students will acquire the knowledge necessary to apply and adapt techniques from signal processing, image processing and statistical machine learning to problems from the life sciences and to interpret the results. The students will be able to grasp some principles of biological models and their calibration with data. After successfully completing this module, they will be qualified to select suitable algorithms and computational approaches for a wide class of biological systems models or data analysis problems. They will be able to implement these approaches using suitable software tools or programming languages.

### Inhalt

Mathematische Grundlagen der Simulation biologischer und medizinischer Prozesse, Grundlagen statistischer Analyse in Molekular- und Zellbiologie.

### Literatur

Bloomfield, V. (2009) Computer Simulation and Data Analysis in Molecular Biology and Biophysics: An Introduction Using R. Springer Verlag

## 4.2 Forschungsprojekt Biometrie

Fach- semester	Lernformen	Kürzel	Gr.- größe	Aufwand/h	Kont.- zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Projekt	–	k.A.	60	60	2	PL: Hausarbeit und Vortrag
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neuhäuser	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Berres, Neuhäuser		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse aus den Vorlesungen Statistik und Biometrie (einschl. Software-Kenntnisse in SAS oder R)		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Bearbeitung eines eigenen aktuellen Forschungsprojektes aus dem Bereich der Biometrie, Fähigkeit, eigenständig Fragestellungen zur aktuellen Forschung zu entwickeln, Kommunikation mit Medizinern, Epidemiologen bzw. Biologen, eigenständige Modellentwicklung, Vergleich von Verfahren, Beherrschung von Simulationsstudien, Übertragung konkreter Problemstellungen in statistische Modelle, Einarbeitung in das Anwendungsgebiet, Programmierung und Simulation, Formulierung eigener Forschungsfragen.

### Inhalt

Ein aktuelles Forschungsthema aus der Biometrie wird unter Anleitung bearbeitet, Studierende sollen in Forschungsaktivitäten eingebunden werden, Themengebiete können z. B. sein: Biometrische Auswertung klinischer Studien, Spezielle Aspekte bei epidemiologischen Beobachtungsstudien, Statistische Verfahren für andere Gebiete der Biowissenschaften.

### Bemerkungen

Das Modul kann als Vorbereitung und Vorarbeit für eine Masterarbeit im Bereich Biometrie dienen. Evtl. ist eine Beschränkung der Teilnehmerzahl gegeben.

### Literatur

je nach Thema

### 4.3 Forschungsprojekt Systembiologie

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	PL: Hausarbeit und Vortrag
	Projekt	–	k.A.	45	45	1,5	
	Selbststudium			90	–	3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kschischo	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Kschischo		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundkenntnisse der Biochemie und der Genetik, gewöhnliche DGL und Numerik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

#### Lernziele und Kompetenzen

Systembiologische Methoden haben eine wachsende Bedeutung in der biomedizinischen, biotechnologischen und pharmazeutischen Forschung und Entwicklung. Ziel dieses Kurses ist es, den Studenten die Möglichkeit zur eigenständigen Durchführung eines Forschungsprojektes mit einer aktuellen Problemstellung zu geben. Dabei sollen die Studierenden lernen, sich mit aktueller Forschungsliteratur kundig zu machen, einen eigenständigen Lösungsansatz für die gestellte Problemstellung zu formulieren, den notwendigen Aufwand abzuschätzen und dieses Projekt dann durchzuführen sowie die Ergebnisse in einem Vortrag und einem Abschlussbericht zu präsentieren. Der Schwerpunkt beruht auf der Fähigkeit, sich an den Stand der Wissenschaft heranzuarbeiten, im Team eine anspruchsvolle Aufgabe zu lösen und Problemlösungskompetenzen zu entwickeln.

#### Inhalt

Durchführung eines Forschungsprojektes im Bereich der Systembiologie.

#### Bemerkungen

Dieses Modul könnte auch für Studierende mit medizintechnischem Schwerpunkt von Interesse sein.

#### Literatur

Klipp E., Liebermeister W., Wierling C., Kowald A. (2009), Lehrach H., Herwig R. Systems Biology: A Textbook, Verlag: Wiley-VCH Verlag und weitere aktuelle Forschungsliteratur.

## 4.4 Forschungsprojekt Bild- und Signalverarbeitung

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Hausarbeit und/oder Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Dellen	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Dellen		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundkenntnisse Bild- und Signalverarbeitung		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Mathematische Methoden der Bild- und Signalverarbeitung haben eine große Bedeutung in der biomedizinischen und mathematischen Forschung. Ziel dieses Kurses ist es, den Studierenden die Möglichkeit zur eigenständigen Durchführung eines Forschungsprojektes mit einer aktuellen Problemstellung zu geben. Dabei sollen die Studierenden lernen, sich in aktuelle, in der Regel englischsprachige, Literatur einzuarbeiten, einen eigenständigen Lösungsansatz für das gestellte Problem zu formulieren, den notwendigen Aufwand abzuschätzen und das Projekt dann durchzuführen sowie die Ergebnisse in einem Vortrag und einem Abschlussbericht zu präsentieren. Der Schwerpunkt beruht darauf, die Fähigkeit zu entwickeln, sich unter Anleitung an den Stand der Forschung in einem ausgewählten aktuellen Thema aus der Bild- und Signalverarbeitung heranzuarbeiten, im Team eine anspruchsvolle Aufgabe zu lösen und Problemlösungskompetenzen zu entwickeln.

### Inhalt

Durchführung eines Forschungsprojektes im Bereich der Bild- und Signalverarbeitung.

### Bemerkungen

Dieses Modul könnte auch für Studierende mit medizintechnischem Schwerpunkt von Interesse sein.

### Literatur

aktuelle Zeitschriftenartikel

## 4.5 Neuronale Netze, Genetische Algorithmen und Zelluläre Automaten

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur, mündliche Prüfung oder Hausarbeit zusammen mit Testaten und Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Kinder		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Analysis, Lineare Algebra, Numerik, Einführung in die Optimierung, Programmieren		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Grundverständnis für die Modelle und Methoden, Übertragung konkreter Problemstellungen in eine mathematische Formulierung, fortgeschrittenes algorithmisches Denken, Programmierung und Anwendung von Softwarebibliotheken.

### Inhalt

Grundlegende Aspekte von Neuronale Netzen, Genetischen Algorithmen und evolutionären Algorithmen und zelluläre Automaten. Die unterschiedlichen Methoden werden vor allem an Beispielen, nicht nur biologischer Herkunft, erarbeitet. Diese Beispiele werden mit vorhandener Standardsoftware bearbeitet oder die Methoden werden eigenständig programmiert.

### Bemerkungen

Diese heuristischen mathematischen Verfahren wurden aus der Vorstellung vom Ablauf biologischer Prozesse zunächst zur Modellierung und Simulation naturwissenschaftlicher Systeme entwickelt. Diese Methoden finden aber auch in der Techno- und Wirtschaftsmathematik Verwendung.

## 4.6 Aktuelle Themen aus der Biomathematik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: nach Vorgabe des Lehrenden
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r): Kinder  
 Turnus: nach Bedarf und Möglichkeit  
 Lehrende: Alle Lehrende der Biomathematik am RAC  
 Zwingende Voraussetzungen: keine  
 Inhaltliche Voraussetzungen: Biomathematik aus dem Bachelor  
 Verwendbarkeit: M. Sc. Applied Mathematics

### Lernziele und Kompetenzen

Erarbeitung von aktuellen Themen aus dem Bereich Biomathematik, Erwerb von speziellen theoretischen, forschungsorientierten oder anwendungsorientierten Kenntnissen.

### Inhalt

Die Inhalte ergeben sich aus der Absprache mit dem Betreuer am RAC und einem eventuellen externen Betreuer. Die Themen müssen in Komplexität und Inhalt dem Masterstudium entsprechen. Der Lernumfang inkl. Vorbereitung der Prüfungsleistung soll dem o.g. work load entsprechen. Damit verbundene praktische Tätigkeiten können über diesen Arbeitsumfang hinausgehen.

### Bemerkungen

Das Modul bietet die Möglichkeit, nach Absprache mit einem Betreuer am RAC, mit ganz unterschiedlichen Lernformen aktuelle Themen aus der Biomathematik zu erarbeiten. Dazu gehören z. B. die Mitarbeit bei Forschungsprojekten, Lehrveranstaltungen an anderen Hochschulen oder im Ausland, berufspraktische Arbeiten in Firmen, Behörden oder wissenschaftlichen Einrichtungen.

### Literatur

je nach Thema

# 5 Profilmodule Aktuar- und Finanzmathematik (Wirtschaftsmathematik)

## 5.1 Höhere Personenversicherungsmathematik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	– –
Summe	–	–	–	150	60	5	–
Modulbeauftragte(r):		Neidhardt			Sprache:		Deutsch
Turnus:		jedes dritte Semester			Standort:		RAC
Lehrende:		Neidhardt, Wolf					
Zwingende Voraussetzungen:		keine					
Inhaltliche Voraussetzungen:		Kenntnisse der Versicherungs- und Finanzmathematik im Umfang der entsprechenden Module des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsmathematik					
Verwendbarkeit:		M. Sc. Applied Mathematics					

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten erweitern ihr methodisches Wissen zur Modellierung von finanz- und versicherungsmathematischen Risiken. Sie verstehen die Zusammenhänge zwischen Produktentwicklung, Rechnungslegung und Risikomanagement in der Personenversicherung. Dieses Verständnis wird durch die Implementierung eines komplexen Versicherungstarifs vertieft.

### Inhalt

Erstellung biometrischer Tafeln, stochastische Modelle für Zins und Sterblichkeit, komplexe Life&Health-Tarife (z. B. Berufsunfähigkeits- oder Dread-Disease-Deckung), Bewertung von Optionen und Garantien, Gewinnbeteiligung, Profit Tests, Market Consistent Embedded Value, Fallbeispiele zur Implementierung von Lebensversicherungstarifen.

### Literatur

- D. Promislov, Fundamentals of Actuarial Mathematics, Wiley, 2005
- M. Hardy, Investment Guarantees, Modeling and Risk Management for Equity Linked Life Insurance, John Wiley & Sons, 2003
- M. Koller, Life Insurance Risk Management Essentials, Springer, 2011
- A. Olivieri, E. Pitacco, Introduction to Insurance Mathematics, Springer, 2010

## 5.2 Höhere Sachversicherungsmathematik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neidhardt, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse der Versicherungs- und Finanzmathematik im Umfang der entsprechenden Module des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsmathematik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten erweitern ihr methodisches Wissen über aktuarielle Modelle in der Sachversicherung und üben deren Einsatz in Tarifierung, Reservierung und Risikomanagement.

### Inhalt

Ruintheorie, statistische Verfahren in der Tarifierung, Extremwertstatistik, stochastische Methoden der Reservierung, Versicherungsderivate und Alternativer Risikotransfer.

### Literatur

- P. Embrechts, C. Klüppelberg, M. Mikosch, Modelling extremal events for finance and insurance, Springer, 2008  
 Y-K. Tse, Nonlife Actuarial Models, Cambridge University Press, 2009  
 M. Wüthrich, M. Merz, Stochastic claims reserving methods in insurance, Wiley, 2008

### 5.3 Numerische Bewertung von Finanzinstrumenten

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder Vortrag
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Häfner		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundkenntnisse in den Bereichen Analysis, Wahrscheinlichkeitstheorie, Numerik gewöhnlicher Differentialgleichungen		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

#### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten lernen verschiedene Ansätze zur Bewertung von Optionen, Zinsprodukten und weiteren Finanzinstrumenten mittels numerischer und stochastischer Verfahren. Sie entwickeln die Fähigkeit, eine gegebene Problemstellung zu klassifizieren und - möglichst stabil - im Computer zu implementieren.

#### Inhalt

Darstellung von Bewertungsproblemen durch stochastische Prozesse, Überführung auf partielle Differentialgleichungen, effiziente Programmierung, Monte-Carlo- sowie Finite-Elemente- und Finite-Differenzen-Verfahren, Fourier-Transformations-Methoden, Betrachtung komplexerer Modelle (wie z. B. Levy-Prozesse, Sprungprozesse, stochastische Volatilität, stochastische Zinsen)

#### Literatur

J.C. Hull, Optionen, Futures und andere Derivate, Oldenbourg, 2001  
 R. Seydel, Einführung in die numerische Berechnung von Finanzderivaten, Springer, 2000  
 P. Wilmott, S. Howson, J. Dewynne, The Mathematics of Financial Derivatives, Cambridge University Press, 1995

## 5.4 Risikomanagement in Banken

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Neidhardt		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundkenntnisse in den Bereichen Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik, Investmenttheorie und Portfoliotheorie		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten lernen die Vorgaben und Richtlinien des Baseler Ausschusses zum Risikomanagement kennen und untersuchen ihre Umsetzung an kleinen Fallbeispielen. Wesentliches Lernziel ist das Verständnis des Zusammenspiels von juristischen Vorgaben, kaufmännischen Zielen und mathematischen Analyseverfahren.

### Inhalt

Risikomanagement-Prozess, bankbetriebliche Risikoarten, Struktur der Baseler Eigenkapital-Vereinbarung (Basel II), Modellierung und Bewertung von Kredit-, Markt- und operationellen Risiken, Validierung und Kalibrierung von Modellen, erweiterte Anforderungen an Kapital und Liquidität im Rahmen von Basel III, Risikoorientierte Kapitalallokation, Modell- und Schätzrisiken bei der Portfoliobewertung.

### Literatur

P. Embrechts, R. Frey, A. McNeill, Quantitative Risk Management, Princeton University Press, 2005  
Dokumente des Baseler Ausschusses für Bankenaufsicht

## 5.5 Risikomanagement in Versicherungen

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Wolf, Neidhardt		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundkenntnisse in den Bereichen Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik, Investmenttheorie und Portfoliotheorie, Personen- und Sachversicherungsmathematik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten lernen eine integrierte Sicht auf Risikomanagement und Wertschöpfung im Versicherungsunternehmen kennen. Sie üben den Einsatz quantitativer Methoden im Risikomanagement, kennen die aufsichtsrechtlichen Rahmenbedingungen und verstehen die Verzahnung von Risikomanagement und Unternehmenssteuerung in Versicherungsunternehmen.

### Inhalt

Risikomanagementprozess, quantitative und qualitative Bewertung von Risiken, Diversifikation und Aggregation von Risiken, Einsatz von Kapitalallokationsverfahren, risikoadjustierte Erfolgsmessung, Prozesskomponente des Risikomanagements, Anforderungen an Aufbau- und Ablauforganisation, Einblick in Solvency II

### Bemerkungen

Dieses Modul orientiert sich am Themenkatalog des Grundwissen zum wertorientierten Risikomanagement der Ausbildung zum Aktuar (DAV).

### Literatur

P. Embrechts, R. Frey, A. McNeill, Quantitative Risk Management, Princeton University Press, 2005  
M. Kriele, J. Wolf, Wertorientiertes Risikomanagement, Springer, 2012  
J. Lam, Enterprise Risk Management, Wiley, 2003

## 5.6 Stochastische Integration und Stetige Finanzmathematik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Kremer, Neidhardt, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Bachelorvorlesungen zur Analysis und Wahrscheinlichkeitstheorie, Maßtheorie		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden lernen die grundlegenden Konzepte der stochastischen Analysis und deren Anwendungen in der modernen Finanzmathematik kennen. Sie verstehen die Modellannahmen und können die Ergebnisse ökonomisch interpretieren.

### Inhalt

Stochastische Integration: Itô-Integral bezüglich der Brownschen Bewegung, Überblick über stochastische Integration bezüglich Semimartingalen, Itô-Formel, Darstellungssatz, Satz von Girsanov, Grundlagen stochastischer Differentialgleichungen,

Stetige Finanzmathematik: äquivalente Martingalmaße, Bewertung im Black-Scholes-Modell, Ausblick auf Pricing und Hedging in unvollständigen Märkten.

### Literatur

N.H. Bingham, R. Kiesel, Risk-Neutral Valuation, Springer, 2004

T. Deck, Der Itô-Kalkül, Springer, 2005

I. Karatzas, S.E. Shreve, Brownian motion and Stochastic Calculus, Springer, 1997

# 6 Wahlmodule Wirtschaftsmathematik

## 6.1 Einführung in die Spieltheorie

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	– –
Summe	–	–	–	150	60	5	–
Modulbeauftragte(r):		Neidhardt			Sprache:		Deutsch
Turnus:		nach Bedarf			Standort:		RAC
Lehrende:		Neidhardt					
Zwingende Voraussetzungen:		keine					
Inhaltliche Voraussetzungen:		Grundkenntnisse in den Bereichen Analysis, Lineare Algebra und Wahrscheinlichkeitstheorie					
Verwendbarkeit:		M. Sc. Applied Mathematics					

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten lernen die wesentlichen Ansätze zur Klassifikation, Analyse und Bewertung kooperativer und nicht-kooperativer Spiele. Sie verstehen, wie spieltheoretische Methoden zur Modellierung komplexer Probleme eingesetzt werden können und schulen ihr strategisches Denken an beispielhaften Problemstellungen aus Wirtschafts- und Naturwissenschaften.

### Inhalt

Nicht-kooperative Spiele: Dominanz, gemischte Strategien, Nash-Gleichgewicht, Existenzsätze, stetige Spiele, Duopole und Auktionen, kombinatorische Spiele; Kooperative Spiele: Verhandlungslösungen, Imputationen und Kern eines Spiels, Shapley-Wert und Nucleolus.

### Bemerkungen

Dieses Modul ist ein Wahlmodul, das sich hauptsächlich an wirtschaftsmathematisch interessierte Studierende richtet. Anwendungen spieltheoretischer Modelle existieren jedoch auch in Natur- und Ingenieurwissenschaften.

### Literatur

D. Feudenberg, J. Tirole, Game Theory, The MIT Press, Cambridge (Mass.), 1991  
W. Schlee, Einführung in die Spieltheorie, Vieweg, Braunschweig 2004

## 6.2 Aktuelle Themen aus der Wirtschaftsmathematik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: nach Vorgabe des Lehrenden
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r): Kinder  
 Turnus: nach Bedarf und Möglichkeit  
 Lehrende: alle Lehrende der Wirtschaftsmathematik am RAC  
 Zwingende Voraussetzungen: Wirtschaftsmathematik aus dem Bachelor  
 Inhaltliche Voraussetzungen: Wirtschaftsmathematik aus dem Bachelor  
 Verwendbarkeit: M. Sc. Applied Mathematics

### Lernziele und Kompetenzen

Erarbeitung von aktuellen Themen aus dem Bereich Wirtschaftsmathematik, Erwerb von speziellen theoretischen, forschungsorientierten oder anwendungsorientierten Kenntnissen.

### Inhalt

Die Inhalte ergeben sich aus der Absprache mit dem Betreuer am RAC und einem eventuellen externen Betreuer. Die Themen müssen in Komplexität und Inhalt dem Masterstudium entsprechen. Der Lernumfang inkl. Vorbereitung der Prüfungsleistung soll dem o.g. work load entsprechen. Damit verbundene praktische Tätigkeiten können über diesen Arbeitsumfang hinausgehen.

### Bemerkungen

Das Modul bietet die Möglichkeit, nach Absprache mit einem Betreuer am RAC, mit ganz unterschiedlichen Lernformen aktuelle Themen aus der Biomathematik zu erarbeiten. Dazu gehören z. B. die Mitarbeit bei Forschungsprojekten, Lehrveranstaltungen an anderen Hochschulen oder im Ausland, berufspraktische Arbeiten in Firmen, Behörden oder wissenschaftlichen Einrichtungen.

### Literatur

je nach Thema

### 6.3 Forschungsprojekt Finanzmathematik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Projekt
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Kremer, Neidhardt, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	Kenntnisse in Maßtheorie, stochastischer Analysis, numerischer Mathematik und partiellen Differentialgleichungen		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse in Maßtheorie, stochastischer Analysis, numerischer Mathematik und partiellen Differentialgleichungen		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

#### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden werden durch Bearbeitung eines eigenen Forschungsprojekts an den aktuellen Stand der Forschung in der Finanzmathematik herangeführt. Das Erarbeiten von Erkenntnissen aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen und eigenständiger Fragestellungen wird eingeübt. Durch die Kommunikation mit Wissenschaftlern und Praktikern ergeben sich ggf. Ansatzpunkte für weitere Arbeiten, etwa im Rahmen einer Masterarbeit.

#### Inhalt

Ein aktuelles Forschungsthema wird unter Anleitung bearbeitet. Die Studenten werden in Forschungsaktivitäten eingebunden. Die möglichen Themengebiete umfassen unter anderem fortgeschrittene Methoden des Risikomanagements und der Portfoliooptimierung, sowie Methoden zur Bewertung und Absicherung von Finanzderivaten.

#### Bemerkungen

Das Forschungsprojekt kann als Vorbereitung für eine Masterarbeit in der Finanzmathematik dienen.

#### Literatur

Aktuelle Literatur aus Zeitschriften und Repositories wie dem Social Science Research Network

## 6.4 Forschungsprojekt Risikomanagement

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Hausarbeit und Vortrag
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Kremer, Neidhardt, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse der Versicherungs- und Finanzmathematik im Umfang der entsprechenden Module des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsmathematik, Teilnahme an mindestens einem Profilmodul zum Risikomanagement		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Studierende bearbeiten ein aktuelles Forschungsprojekt aus dem Bereich Risikomanagement. Sie üben, eigenständige Fragestellungen zu aktuellen Themen zu formulieren und Lösungswege zu entwickeln. Sie trainieren die Kommunikation der Ergebnisse.

### Inhalt

In der Veranstaltung wird ein aktuelles Thema aus dem Risikomanagement unter Anleitung behandelt; Studierende werden dabei in Forschungsaktivitäten eingebunden. Mögliche Themengebiete: Auswirkungen aufsichtsrechtlicher Entwicklungen, quantitative Modellierungsansätze im Risikomanagement, Entwicklung und Implementation von Risikotragfähigkeitskonzepten.

### Bemerkungen

Dieses Modul kann als Vorbereitung und Vorarbeit für eine Masterarbeit genutzt werden.

### Literatur

Fachliteratur und aktuelle Publikationen je nach behandeltem Gebiet

## 6.5 Forschungsprojekt Versicherungsmathematik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Hausarbeit und Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	– –
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Neidhardt, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse der Versicherungs- und Finanzmathematik im Umfang der entsprechenden Module des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsmathematik, Teilnahme an mindestens einem Profilmodul zur Versicherungsmathematik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Studierende bearbeiten ein aktuelles Forschungsprojekt aus dem Bereich Versicherungsmathematik. Sie üben, eigenständige Fragestellungen zu aktuellen Themen zu entwickeln. Sie entwickeln die Fähigkeit zur Kommunikation mit Versicherungsfachleuten, Kaufleuten und Juristen.

### Inhalt

In der Veranstaltung wird ein aktuelles Thema aus der Versicherungsmathematik unter Anleitung behandelt; Studierende werden dabei in Forschungsaktivitäten eingebunden. Mögliche Themengebiete: Auswirkung aktueller Gesetze und Verordnungen auf den Versicherungsmarkt, langfristige Absicherung von Zins- und biometrischen Risiken, Untersuchungen zur Sterblichkeitsentwicklung, Modellierung von Versicherungsbeständen.

### Bemerkungen

Dieses Modul ist ein Wahlmodul des Bereichs Aktuar- und Finanzmathematik. Es kann als Vorbereitung und Vorarbeit für eine Masterarbeit genutzt werden.

### Literatur

Fachliteratur und aktuelle Publikationen je nach behandeltem Gebiet

## 6.6 Ökonometrie

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder Hausarbeit zusammen mit Testaten und Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Kinder		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Analysis, Lineare Algebra, Statistik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Überblick über die Klassifizierung von unterschiedlichen allgemeinen Modellen von Zeitreihen und speziellen Ansätzen in der Wirtschaftsmathematik, theoretische Kenntnisse und praktische Erfahrung bei der Analyse von Zeitreihen, Modellierung konkreter Problemstellungen, Programmierung.

### Inhalt

Fallbeispiele und Klassifizierung von Zeitreihen, Zeitreihen mit Trend und saisonalem Anteil, ARMA- und ARIMA-Modelle, Spektraltheorie, Parameterschätzung, Glättung, Filterung, Prognose, Nichtlineare Zeitreihen (ARCH- und GARCH-Modelle), Programmierung von Methoden und Benutzung von Programm-bibliotheken.

### Literatur

Löbus, J.U., Ökonometrie, Vieweg  
 Stier, W., Methoden der Zeitreihenanalyse, Springer

## 6.7 Operations Research

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder Hausarbeit zusammen mit Testaten und Vortrag
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Kinder		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Analysis, Lineare Algebra, Numerik, Grundkenntnisse in Optimierung		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Erweiterte Kenntnisse von Verfahren der Optimierung insbes. von speziellen Verfahren des Operations Research, Übertragung konkreter Problemstellungen in mathematische Modelle, Transfer von bekannten Konzepten auf neue Fragestellungen, Abstraktionsvermögen, Programmierung und Erfahrung im Einsatz von Spezialsoftware.

### Inhalt

Modellierung und Anwendung von Methoden der ganzzahligen, gemischt-ganzzahligen und dynamischen Optimierung, behandelt werden Beispiele zur Transportoptimierung, Tourenplanung, Projekt-Ressourcen.Planung u.a. , Benutzung von Programmbibliotheken und Spezialsoftware zur Optimierung.

### Literatur

H.J. Zimmermann, Operations Research, Vieweg  
 S. Dempe, H. Schreier, Operations Research, Teubner

## 6.8 Volkswirtschaftslehre

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kremer	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Kremer		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Bachelorvorlesungen zur Analysis		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten lernen die historisch bedeutsamen Wirtschaftstheorien mit ihren wesentlichen Merkmalen und mit ihren bedeutendsten Vertretern kennen. Ferner lernen die Studenten Bestands- und Kreditgeldsysteme kennen und können unser aktuelles Geldsystem charakterisieren. Weiter erarbeiten sich die Studenten grundlegende Kenntnisse zur Modellierung und Analyse von Ökonomien mit und ohne Staat.

### Inhalt

Es werden verschiedene Wirtschaftstheorien behandelt und gegeneinander abgegrenzt, wie etwa die Physiokratie, die Klassik, der Marxismus, die Neoklassik, der Keynesianismus, die Freiwirtschaftslehre und der Monetarismus. Es werden weiter idealisierte Bestands- und Kreditgeldsysteme behandelt, und unser aktuelles Geldsystem wird charakterisiert. Auf der Basis von Kreislaufmodellen werden Volkswirtschaften mit und ohne Staat modelliert und analysiert.

### Literatur

- J. Kremer, Grundlagen der Ökonomie, Metropolis, 2012  
 B. Senf, Die blinden Flecken der Ökonomie, 5. Auflage, Gauke Verlag, 2007  
 S. Keen, Debunking Economics - Revised and Expanded Edition, 2. Auflage, Zed Books, 2011

# 7 Profilmodule Technomathematik

## 7.1 Mustererkennung

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur, Hausarbeit oder Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	– –
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Dellen	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Dellen, Neeb		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Analysis, Lineare Algebra		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden kennen verschiedene Methoden zur Mustererkennung und können deren Vor- und Nachteile kritisch einschätzen. Sie sind in der Lage, die Methoden auf Probleme der Mustererkennung anzuwenden, passende Algorithmen auszuwählen und umzusetzen. Sie verstehen wissenschaftliche Veröffentlichungen, die diese Verfahren verwenden und können die Ergebnisse kritisch beurteilen.

### Inhalt

Vorverarbeitung von Daten, Merkmalsextraktion, Merkmalsreduktion, Klassifikation, Lernverfahren (z. B. neuronale Netze und Support-Vector-Maschinen).

### Bemerkungen

Dieses Modul könnte auch für Studierende mit medizintechnischem Schwerpunkt von Interesse sein.

### Literatur

- H. Niemann, Klassifikation von Mustern. Springer, Berlin. 1983  
 Christopher M. Bishop, Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006  
 Richard O. Duda, Peter E. Hart, David G. Stork: Pattern Classification. Wiley, New York, 2001  
 R.C. Gonzales and R.E. Woods, Digital Image Processing, Pearson Prentice Hall, 2008

## 7.2 Kontinuumsmechanik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Schmidt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Schmidt		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls haben die Studierenden vertiefte Kenntnisse über die Grundlagen und Grundbegriffe der Kontinuumsmechanik fester elastischer Körper erworben. Sie sind in der Lage, die mathematische Beschreibung der Kinematik von elastischen Körpern zu analysieren und in der Modellierung der Materialeigenschaften dieser Körper einzusetzen. Die Studierenden können diese theoretischen Fähigkeiten auf Beispiele aus den technischen und bio-mechanischen Problemstellungen der Kontinuumsmechanik anwenden. Sie erlernen dabei den Umgang mit modernen Finite-Element-Lösern und Simulationsprogrammen.

### Inhalt

Lineare und nichtlineare Verzerrungen, Spannungen, Dehnungsenergie und Materialgesetze. Isotrope und anisotrope Materialmodelle, viskoelastische Materialien, kompressible und inkompressible Materialien an ausgewählten Beispielen aus der Biomechanik. Berechnung von Verformungen und Spannungen belasteter Materialien mit Hilfe von Bilanzgleichungen. Einführung in die Finite-Element-Methode.

### Literatur

G.M. Seed, "Strength of Materials", Saxe-Coburg Pub., 2001  
 J.Bonet and R.D.Wood, "Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis", Cambridge University Press, 2008

## 7.3 Relativitätstheorie

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung mit integr. Übung Selbststudium	–	k.A.	60 (4 SWS) 90	60 –	2 3	PL: Klausur oder mündliche Prüfung –
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kremer	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Kremer		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten können relativistische Probleme und Fragestellungen mit Hilfe von Raum-Zeit-Diagrammen bearbeiten. Sie können die Koordinaten von Ereignissen in verschiedenen Bezugssystemen mit Hilfe der Lorentz-Transformationen ineinander umrechnen und interpretieren. Sie können den Erhaltungssatz des Viererimpulses auf relativistische Stoßprobleme anwenden und verstehen die Begründung für die Äquivalenz von Masse und Energie.

Die Studenten kennen die Maxwell-Gleichungen und ihre relativistische Invarianz sowie das elektromagnetische Feld einer gleichförmig bewegten Ladung.

### Inhalt

Relativität in der klassischen Mechanik, Maxwellsche Gleichungen und Lorenz-Eichung, Ausbreitung von Licht und das Michelson-Morley-Experiment, operative Definition von Entfernung und Zeit, Dopplereffekt von Bondi, Relativität der Gleichzeitigkeit, Lorentz-Transformationen, Eigenzeit, Erhaltung des Viererimpulses,  $E=mc^2$ , relativistische Invarianz der Maxwell-Gleichungen, elektromagnetisches Feld einer gleichförmig bewegten Ladung.

Im Rahmen der Vorlesung werden bei Bedarf Übungsaufgaben zur Vertiefung des Verständnisses der Vorlesungsinhalte besprochen.

### Literatur

- N. Dragon, „The Geometry of Special Relativity“, Springer Verlag, 2013  
 G. Naber, „The Geometry of Spacetime“, 2. Auflage, Springer Verlag, 2013  
 N.M.J. Woodhouse, „Spezielle Relativitätstheorie“, Springer Verlag, 2015

## 7.4 Atomphysik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1 oder 2	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Praktikum	–	k.A.	45	15	1,5	SL: Testate
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kohl	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Kohl, Ankerhold		
Zwingende Voraussetzungen:	Teilnahme an der Laserschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten kennen die wesentlichen Experimente, die zur Entwicklung der modernen Atomvorstellung und der Quantenmechanik führte. Sie können mit dem mathematischen Gerüst zur Lösung des Wasserstoffproblems umgehen und können Vielelektronenatome beschreiben. Sie haben experimentelles Geschick zur Untersuchung von grundlegenden Nachweisverfahren entwickelt und messtechnische Befunde interpretieren und deuten.

### Inhalt

Entwicklung der Atomvorstellung, grundlegende Experimente der Atomphysik, Welle-Teilchen Dualismus, Bohrsches Atommodell, Spektrallinien, Konzepte der Quantenmechanik zur Beschreibung atomarer Systeme, Schrödingergleichung, Wasserstoffatom, Quantisierung des Drehimpulses, Spin-Bahn-Magnetismus, Atome in elektrischen und magnetischen Feldern, Fein- und Hyperfeinstruktur, Aufbau des Periodensystems.

### Praktikumsinhalt

Zeeman-Effekt, Atomemissionsspektroskopie, Elektronenspin-Resonanzspektroskopie, Rastertunnelmikroskopie, Messung der Hyperfeinstrukturaufspaltung

### Literatur

Script zur Vorlesung

H. Haken, H.C. Wolf, Atom- und Quantenphysik: Einführung in die experimentellen und theoretischen Grundlagen, Springer Verlag

W. Demtröder, Experimentalphysik 3 – Atome, Moleküle und Festkörper, Springer Verlag

W. Demtröder, Laserspektroskopie – Grundlagen und Techniken, Springer Verlag

## 7.5 Molekülphysik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	30 (2 SWS) 90	30 –	1 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neeb	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neeb, Holz		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden gewinnen einen erweiterten Einblick in die Quantenmechanik sowie deren Anwendung zur Lösung physikalischer Probleme in der Molekülphysik und Quantenchemie. Sie kennen die mathematischen Begriffe, Methoden sowie Formalismen und können diese zur Lösung physikalischer Problemstellungen anwenden. Sie erlangen Kompetenzen bei der numerischen Lösungen physikalischer Problemstellungen aus dem Bereich Molekülphysik.

### Inhalt

Mehrelektronensystem und Quantenchemie, numerischen Behandlung quantenmechanischer Probleme am Beispiel der Molekülphysik, chemische Bindungen, Energiestruktur von Molekülen, Beschreibung und Aufbau von Molekülspektren, Wechselwirkung von Atomen und Molekülen mit Photonen.

### Literatur

- H. Haken, H.C. Wolf, Atom- und Quantenphysik: Einführung in die theoretischen und experimentellen Grundlagen, Springer Verlag  
 W. Demtröder, Experimentalphysik 3 – Atome, Moleküle und Festkörper, Springer Verlag  
 W. Demtröder, Laserspektroskopie – Grundlagen und Techniken, Springer Verlag

## 7.6 Kern- und Teilchenphysik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neeb	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neeb		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden gewinnen einen Einblick in die Beschreibung der grundlegenden Wechselwirkungen der Natur, deren qualitative Beschreibung sowie deren Deutung. Sie haben Kenntnis der einschlägigen Kerngedanken und Schlüsselexperimente sowie der Messmethoden und Größenordnungen der zentralen Größen und verfügen über die Fähigkeit zur Anwendung und quantitativen Behandlung einschlägiger Probleme. Die Studierenden kennen die mathematischen Begriffe, Methoden sowie Formalismen und können diese zur Lösung physikalischer Problemstellungen anwenden.

### Inhalt

Grundlegende Experimente und Modelle: Rutherford'sches Streuexperiment, Größe der Atomkerne, Quantenmechanische Streuung, nuklearer Formfaktor, Masse und Bindungsenergie der Kerne, Tröpfchenmodell des Atomkerns.

Wechselwirkung zwischen Nukleonen: Virtuelle Teilchen, Pionen-Austausch, Yukawa Modell.

Kernmodelle und Struktur der Kerne: Nullte Näherung (Kerne als Fermigas), Schalenmodell Kernspin und magnetisches Moment.

Radioaktive Zerfälle: Alpha-Zerfall, Tunneleffekt, Elektromagnetische Übergänge, Beta-Zerfall, schwache Wechselwirkung.

Elementare Teilchen und Wechselwirkungen in der Natur: Quarks- und Leptonen, Teilchenzoo der Hadronen, Schwache und starke Wechselwirkung; Eichbosonen, Feynman Diagramme.

Beschleuniger, Detektoren und Datenanalyse: Elektrostatische Beschleuniger, Linearbeschleuniger, Synchrotron, Grundlegende Detektorkomponenten: Spurdetektoren, Kalorimeter und Detektoren zur Teilchenidentifikation, „Entdeckung“ neuer Teilchen.

Anwendungen der Kernphysik: Kernspaltung, Kernfusion, Energieerzeugung in der Sonne, CNO-Zyklus, Anwendungen in der Medizin: Beschleuniger in der Tumorthherapie, MRT.

## 7.7 Fortgeschrittene Quantenmechanik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	–	30	30 (2 SWS)	30	1	
	Übung	–	30	15 (1 SWS)	15	0,5	PL: 6 benotete Übungsblätter
	Selbststudium			105	–	3,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neeb	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Neeb		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kompetenzen aus: Theoretische Physik Module		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden gewinnen einen erweiterten Einblick in die quantitative Beschreibung der Quantenmechanik sowie deren Anwendung zur Lösung physikalischer Probleme in unterschiedlichen Disziplinen. Sie kennen die mathematischen Begriffe, Methoden sowie Formalismen und können diese zur Lösung physikalischer Problemstellungen anwenden. Sie erlangen Kompetenzen bei den numerischen Lösungen von physikalischen Problemstellungen aus dem Bereich der nichtrelativistischen Quantenmechanik, deren Besonderheiten sowie der kritischen Beurteilung der Genauigkeit.

### Inhalt

Grundlegende Axiome der Quantenmechanik; Spektralsatz und Variationsprinzipien; stationäre Störungstheorie; zeitabhängige Störungstheorie; Dichtematrix-Formalismus, thermodynamische Erwartungswerte; identischen Teilchen, Spin-Statistik-Theorem, Anwendung in der Atom-, Festkörper- und Astrophysik; numerische Lösung der Schrödinger-Gleichung, Numerov-Verfahren.

## 7.8 Quantenfeldtheorie

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	–	30	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	30	15 (1 SWS) 105	15 –	0,5 3,5	
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Neeb		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kompetenzen aus: Theoretische Physik Module		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden gewinnen einen Einblick in die Struktur der modernen Theorien zur Beschreibung der fundamentalen Naturkräfte. Sie kennen die mathematischen Begriffe, Methoden sowie Formalismen und können diese zur Lösung physikalischer Problemstellungen anwenden.

### Inhalt

Kanonische Quantisierung; harmonischer Oszillator in Energiedarstellung; Mehrteilchensysteme in der nichtrelativistischen Quantenmechanik; zweite Quantisierung, Fock-Raum, Erzeugungs-/Vernichtungsoperatoren; Lagrangeformalismus für Felder; Noether-Theorem; relativistische Feldgleichungen (Klein-Gordon und Dirac-Gleichung); kanonische Quantisierung freier Felder; Eichinvarianz, Prinzip minimaler Kopplung; Störungstheorie; Feynman-Regeln; Anwendung auf elektrodynamische Problemen; Anwendung auf Probleme der Teilchenphysik.

## 7.9 Physikalische Grundlagen von Sensoren

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Praktikum Selbststudium	–	k.A.	45 75	15 –	1,5 2,5	SL: Testate
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Prokic	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Prokic		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden verfügen nach erfolgreichem Abschluss des Moduls über vertiefte Grundlagenkenntnisse zu physikalischen Effekten der Sensorennutzung und Fertigkeiten im Umgang mit Technik und Funktion moderner Sensoren.

### Inhalt

Sensoren spielen für moderne Ingenieurwissenschaften eine sehr bedeutsame Rolle. Der Kurs bietet einen Überblick über die Sensoren physikalischer, chemischer, elektromagnetischer sowie medizinischer Größen. Es werden die verschiedenen Einsatzbereiche der Sensoren vorgestellt: Sensoren für die Erfassung geometrischer Messgrößen, thermische Sensoren, zeitbasierte Größen, Sensoren für elektrische und magnetische Messgrößen, optische und akustische Messgrößen, sowie Sensoren für Messung von ionisierender Strahlung.

### Praktikumsinhalt

Im Praktikum wird den Studenten ein anwendungsorientierter Umgang mit industriell standardisierten Sensoren vermittelt.

## 7.10 Ultraschallbildgebung

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Seminar	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			105	–	3,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Carstens-Behrens	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Carstens-Behrens, Jaekel		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen den Zusammenhang zwischen Anregung eines US-Arrays und dem sich ausbildenden Schallfeld. Sie können im Team auf ein gemeinsames Ziel hinarbeiten und sind bereit, Verantwortung für einen Teilbereich eines Projektes übernehmen. Die Studierenden sind in der Lage, eigenständig Informationen zu vorgegebenen Themen zusammentragen und wichtige Aspekte von weniger wichtigen unterscheiden. Sie können komplexe Sachverhalte nachvollziehbar aufbereiten und einem Publikum präsentieren. Sie kennen Ultraschall-Anwendungen über die medizinische Diagnostik hinaus und haben einen Überblick über die Schwerpunkte der aktuellen Forschung auf dem Gebiet der Ultraschallbildgebung.

### Inhalt

Vorlesung: Vertiefung der theoretische Grundlagen zur Ausbreitung von Ultraschall, Simulation von Schallfeldern für verschiedene Schallwandlerkonfigurationen, Vertiefung der aktuell in der Forschung befindlichen Themen zur Ultraschallbildgebung, nichtmedizinische Anwendung der Ultraschallbildgebung, z. B. non destructive testing.

Seminar: Themen der aktuellen Forschung auf dem Gebiet der Ultraschallbildgebung, Nichtmedizinische Anwendungen der Ultraschallbildgebung

### Literatur

- A. Oppelt (Ed.): *Publicis Imaging Systems for Medical Diagnostics*. Corporate Publishing, Erlangen, 2005.  
 H. Morneburg: *Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik*. Publicis MCD Verlag, 1995.  
 J. L. Prince and J. M. Links: *Medical imaging signals and systems*, Pearson Prentice Hall, 2006.

## 7.11 Röntgenphysik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Seminar	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	SL: Vortrag
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wilhein	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Wilhein		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden lernen, sich in ein neues wissenschaftliches Themengebiet einzuarbeiten. Sie beherrschen die atomphysikalischen Grundlagen der Röntgenstrahlung und können sie anwenden, sie können die Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie erklären, erwerben ein Verständnis der Physik von Röntgenquellen und Detektoren und können selbst erarbeitetes Wissen umfassend und verständlich präsentieren (Seminar).

### Inhalt

Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie (Oszillatormodell), komplexer Brechungsindex, Reflexion, Beugung im Röntgenbereich, Photoelektrische Absorption, Compton-Streuung, Paarerzeugung, Fluoreszenz, Auger-Effekt, Detektion von Röntgenstrahlung. Physik der Röntgenquellen (Röntgenröhren, heiße Plasmen, Speicherringe).

### Literatur

Haken, Wolf: Atom- und Quantenphysik, Springer-Lehrbuch  
Attwood, Soft X-Rays and Extreme Ultraviolet Radiation, Cambridge University Press

## 7.12 Röntgenoptik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Seminar	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	SL: Vortrag oder Hausarbeit
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wilhein	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Wilhein		
Zwingende Voraussetzungen:	Bestandenes Modul Röntgenphysik		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Inhalte des Moduls Röntgenphysik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden lernen, sich in ein neues wissenschaftliches Themengebiet einzuarbeiten. Sie können röntgenoptische Komponenten / Systeme für Spektroskopie und Bildgebung analysieren und konzipieren. Sie können selbst erarbeitetes Wissen umfassend und verständlich präsentieren (Seminar).

### Inhalt

Röntgenoptische Komponenten: Spiegel, Gitter, Zonenplatten, refraktive Optiken. Röntgenoptische Systeme: Schwarzschildobjektive, Wolterteleskope, K-B-Optiken, Zonenplatten als Kondensoren und Objektive für Röntgenstrahlung, Interferometer. Röntgenmikroskopie I: Full-Field- und Scanning Mikroskopie (STXM) an Labor- und Synchrotronstrahlquellen. Röntgenmikroskopie II: Absorptionskontrast, Phasenkontrast, differentieller Interferenzkontrast, Spektromikroskopie, Fluoreszenz mit STXM. Röntgenmikroskopie III: Anwendungen in den Lebens- und Materialwissenschaften. Röntgenastronomie: Himmelsbeobachtungen im weichen Röntgenbereich mit Röntgensatelliten (ROSAT, XMM, Chandra).

### Literatur

Attwood, Soft X-Rays and Extreme Ultraviolet Radiation, Cambridge University Press

## 7.13 Nichtlineare Optik I: Grundlagen

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Seminar	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	SL: Vortrag oder Hausarbeit
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wilhein	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Wilhein		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden lernen, sich in ein neues wissenschaftliches Themengebiet einzuarbeiten. Sie können Ursachen für nichtlineare Effekte erkennen und beschreiben und erweitern ihre fachübergreifende Kompetenz durch die schriftliche Ausarbeitung von komplexen Themen sowie die Präsentation von erarbeitetem Wissen (Seminar).

### Inhalt

Wellenausbreitung in transparenten und absorbierenden Medien, Dielektrische Verschiebung, Taylor-Entwicklung der elektrischen Suszeptibilität, optische Frequenzverdopplung, Hohe Harmonische, phasenkonjugierende Reflexion, Frequenzmischung, optisch-parametrische Oszillation/Verstärkung, Photorefraktion.

### Literatur

Meschede: Optik, Licht und Laser, Vieweg und Teubner

## 7.14 Nichtlineare Optik II: Ultrakurze Laserpulse

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Praktikum	–	k.A.	30	30	1	SL: Testate
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wilhein	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Wilhein		
Zwingende Voraussetzungen:	Bestandenes Modul Nichtlineare Optik I: Grundlagen, Teilnahme an der Laserschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden lernen, wie man sich in ein neues wissenschaftliches Themengebiet einarbeitet. Sie können Aufbau und Wirkungsweise von Ultrakurzpulslasern erklären, und erwerben Kompetenzen in der praktischen Anwendung von Nanosekunden- und Femtosekundenlasern.

### Inhalt

Kristalloptik, elektro-optische und magneto-optische Effekte, Q-Switch, Modenkopplung, Nanosekundenlaser, Femtosekundenlaser, Kerr-Linsen-Effekt, Chirped Pulse Amplification, Selbstphasenmodulation, laserinduzierte Plasmen.

### Literatur

Rulliere: Femtosecond Laser Pulses, Springer Verlag

## 7.15 Laseroptische Verfahren zur hochauflösenden Bildgebung

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Praktikum	–	k.A.	45	15	1,5	SL: Testate
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Ankerhold		
Zwingende Voraussetzungen:	Teilnahme an der Laserschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden verfügen über gut ausgebildete Kenntnisse bei der Charakterisierung laseroptischer Strahlungsquellen, in kohärenter Optik, Interferometrie und Holographie sowie von messtechnischen Methoden auf diesen Gebieten. Sie sind in der Lage zu entscheiden, welches laseroptische Messverfahren für welche Fragestellung angemessen ist und wissen, welche physikalischen Wechselwirkungen hinter der jeweiligen Methode stecken. Nach Abschluss des Moduls haben sie einen tiefgehenden Einblick in die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Laserstrahlquellen und verschiedenen Detektoren in modernen Systemen zur hochauflösenden optischen Bildgebung in der Industrie, Medizintechnik und den Lebenswissenschaften gewonnen.

### Inhalt

Kohärente und inkohärente Strahlungsquellen, Detektoren für den IR-, VIS- und UV-Bereich, optische Analyseverfahren, Laser-Doppler-Anemometrie, Interferometrie, Beugung und Beugungsbegrenzung, analoge und digitale Holographie, Optische Kohärenztomographie (OCT), Speckle-Varianz-Methode, konfokale Laser-Scanning-Verfahren, Bildgebung jenseits der Abbeschen Auflösungs Grenze, STED-Mikroskopie.

### Praktikumsinhalt

Ein im Team von 2-3 Studierenden zu bearbeitendes Kleinprojekt zur Optischen Kohärenztomographie mit einem gemeinsamen Versuchsprotokoll.

### Literatur

Script zur Vorlesung

J. Eichler, H.J. Eichler, Laser, Springer Verlag

E. Hecht, Optik, Oldenbourg Verlag

W. Lauterborn, T. Kurz, M. Wiesenfeldt, Kohärente Optik: Grundlagen für Physiker und Ingenieure, Springer Verlag

J. Eichler, T. Seiler, Lasertechnik in der Medizin, Springer Verlag

M. Brezinski, Optical Coherence Tomography: Principles and Applications, Academic Press

## 7.16 Laserspektroskopie

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Praktikum	–	k.A.	45	15	1,5	
	Selbststudium			75	–	2,5	SL: Testate
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Ankerhold		
Zwingende Voraussetzungen:	Teilnahme an der Laserschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Im Bereich der Laserspektroskopie gewinnen die Studierenden ein tieferes Verständnis sowohl in der Theorie als auch in der praktischen Anwendung. Sie sind in der Lage zu entscheiden, welches spektroskopische Messverfahren für welche Fragestellung angemessen ist und wissen, welche physikalischen Wechselwirkungen hinter der jeweiligen Methode stecken. Sie sind in der Lage, im Team ein eigenes Kleinprojekt zu planen, durchzuführen und die Ergebnisse wissenschaftlich kritisch zu interpretieren. Sie können eigenständig wissenschaftliche Literatur analysieren, interpretieren und wissenschaftliche Schlüsse daraus zu ziehen, die es Ihnen nach Abschluss des Moduls gestatten, eine Masterarbeit auf dem Gebiet der angewandten Laserspektroskopie anzufertigen.

### Inhalt

Entstehung von Atom- und Molekülspektren, Linienformen und linienverbreitende Mechanismen, Absorptionsspektroskopie und ihre Anwendungen, hochauflösende dopplerfreie Sättigungsspektroskopie, Mehr-Photonen-Spektroskopie, lineare und nichtlineare Laser-Raman-Spektroskopie, Frequenzmodulationsspektroskopie, Derivativspektroskopie, mathematische Methoden der Spektralanalyse wie multivariate Analysemethoden, zeitaufgelöste Spektroskopie, kohärente Spektroskopie, laserinduzierte Plasmaspektroskopie (LIBS), Detektoren in der Laserspektroskopie, Anwendungsbeispiele der Laserspektroskopie: Photoakustische Lasersensorik, Cavity-Ring-Down-Spektroskopie, Pulsoximetrie, Laserdioden-Spektroskopie, konfokale Laser- Scanning-Mikroskopie, STED.

### Praktikumsinhalt

Ein im Team von 2-3 Studierenden zu bearbeitendes Kleinprojekt mit aktueller Fragestellung und einem gemeinsamen Ergebnisprotokoll.

### Literatur

Script zur Vorlesung

W. Demtröder, Laserspektroskopie – Grundlagen und Techniken, Springer Verlag

S. Svanberg, Atomic and Molecular Spectroscopy – Basic Aspects and Practical Applications, Springer-Verlag

H. Haken, H.C. Wolf, Atom- und Quantenphysik: Einführung in die theoretischen und experimentellen Grundlagen, Springer Verlag

W. Kessler, Multivariate Datenanalyse, Wiley-VCH Verlag (2007)

## 7.17 Moderne Optikentwicklung

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kohns	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Kohns		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden gewinnen einen umfassenden Überblick über Kenngrößen zur Beurteilung optischer Systeme. Sie sind in der Lage, optische Systeme mittels Simulationssoftware zu beurteilen und zu optimieren. Sie kennen die Grenzen von Simulationsverfahren. Nach Abschluss des Moduls haben sie eine Vorstellung über die Möglichkeiten und Grenzen der Fertigung optischer Bauelemente und Systeme.

### Inhalt

Ggf: Kurze Einführung in die Software OSLO oder eine andere geeignete Simulationssoftware. Optische Materialien. Fertigungsverfahren für optische Elemente. Prüfung optischer Elemente. Kenngrößen zur Beurteilung abbildender optischer Systeme: Spotradius, Wellenfrontverzerrung, PSF, MTF. Optimierung. Auswirkung von Fertigungstoleranzen.

## 7.18 Lasermedizin und biomedizinische Optik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Praktikum	–	k.A.	60	15	2	
	Selbststudium			60	–	2	SL: Testate
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Bongartz	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Bongartz, Kohl		
Zwingende Voraussetzungen:	Teilnahme an der Laserschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Studierende lernen, Verantwortung für den Teilbereich eines Projekts zu übernehmen. Sie können komplexe technische Sachverhalte adäquat präsentieren und Grenzen und Gefahren einer Technologie abschätzen.

### Inhalt

Photonen-Gewebe Wechselwirkung, Modelle zur Lichtausbreitung in streuenden und absorbierenden Medien, optische Diagnostik und Therapie, spektroskopische und interferometrische Methoden der Lasermedizin.

## 7.19 Kernspintomographie

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Praktikum	–	k.A.	45	15	1,5	SL: Testate
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Holz	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Holz		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Studierende lernen, Verantwortung für den Teilbereich eines Projekts zu übernehmen. Sie sammeln praktische Erfahrung im Umgang mit einem komplexen technischen System. Die Studierenden können theoretisches physikalisches Wissen auf eine konkrete Anwendung übertragen. Sie arbeiten an der Schnittstelle Technik / Medizin und können technische Lösungen für nicht-technisches Personal anwendbar gestalten. Sie können die Eignung von Abbildungsverfahren der Kernspintomographie für die klinische Diagnostik bzgl. räumlicher und zeitlicher Auflösung bewerten.

### Inhalt

Der/die Studierende beherrscht die theoretischen Grundlagen der Kernspintomographie, wie den Effekt der kernmagnetischen Resonanz, die Prinzipien der Ortskodierung, die Relaxationsprozesse, die Darstellung der Messung im k-Raum. Er/Sie versteht den Aufbau grundlegender Pulssequenzen, die zur Datenakquisition von 2D, 2D Mehrschichtaufnahmen und 3D Aufnahmen verwendet werden, und die daraus zur Darstellung im Ortsraum resultierenden Rekonstruktionsverfahren. Sie/er kennt die Hardwarekomponenten des Kernspintomographen und kann einfache Empfangsantennen aufbauen und mit HF-Messgeräten wie dem Networkanalyzer abstimmen. Er/Sie kennt den Einfluss der unterschiedlichen Komponenten und Messparameter auf das Signal-zu-Rausch Verhältnis im Bild und die Ursachen von Artefakten und deren Erscheinungsform im resultierenden Bild. Darüber hinaus ist die/der Studierende mit den wichtigsten Anwendungen der Kernspintomographie in der medizinischen Diagnostik vertraut: morphologische Bildgebung, funktionelle Bildgebung, Angiographie und Spektroskopie. Er/Sie kann einen Kernspintomographen bedienen und einfache Bildakquisitionen durchführen. Die Kostenproblematik alternativer Behandlungskonzepte unter Einsatz verschiedener medizinischer Geräte sind durch ein Beispiel gegenwärtig. Die Problematik der Störung und Beeinflussung anderer medizinischer Geräte und die Störung durch andere Geräte ist gegenwärtig, ebenso wie die baulichen Voraussetzungen für die Installation eines Kernspintomographen.

## 7.20 Computertomographie

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Praktikum	–	k.A.	60	15	2	
	Selbststudium			60	–	2	SL: Testate
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Prokic	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Prokic		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierende lernen, Verantwortung für den Teilbereich eines Projekts zu übernehmen. Sie sammeln praktische Erfahrung im Umgang mit einem technischen System. Die Studierenden erlernen wissenschaftliche Vortrags- und Präsentationstechniken. Sie erlernen Suche, Kondensation und Zusammenstellung von Originalliteratur (technische und wissenschaftliche Publikationen). Sie erlernen praktische Implementierung von Bildrekonstruktionsverfahren in einer höheren objektorientierten Programmiersprache und erlangen somit Kompetenz im Bereich des Software-Engineerings.

### Inhalt

Vertiefung: Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie und Röntgendetektoren, Algebraische und iterative zweidimensionale Rekonstruktionsverfahren, Spiral-CT, Cone-Beam CT und dreidimensionale Rekonstruktionsverfahren, Technik und Algorithmen der multimodalen Bildgebung (z. B. PET/CT), CT Bildgebungsartefakte.

## 7.21 Physik und Technik der Strahlentherapie

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Praktikum	–	k.A.	60	15	2	SL: Testate
	Selbststudium			60	–	2	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Prokic	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Prokic		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Vertiefte Grundlagenkenntnisse zu physikalischen Wechselwirkungen im Gewebe; Kenntnis von Technik und Funktion moderner Strahlentherapieverfahren; Basiswissen über Geräte zur Strahlenapplikation (Röntgentherapie, Hochvolttherapie, Afterloading, Elektronen- und Partikeltherapie); Kenntnis der klinisch relevanten dosimetrischen Verfahren und deren Durchführung; Kenntnis und Anwendung wichtiger Algorithmen zur Dosisberechnung in der Bestrahlungsplanung; Basiswissen der Voraussetzungen und Durchführung klinischer Therapieverfahren (perkutane Therapie, intraoperative Therapie, Brachytherapie) und Simulation; Kenntnisse der Qualitätssicherung von Geräten und Verfahren.

Die Studierenden verfügen nach erfolgreichem Abschluss des Moduls über das physikalisch-technische Basiswissen, als Grundlage für die wissenschaftliche und klinische Arbeit (Medizinphysikexperte) in der Strahlentherapie.

### Inhalt

Grundlegende physikalische Wechselwirkungen; Physik und Technik von Bestrahlungsgeräten (Linearbeschleuniger, Ringbeschleuniger (Zyklotron), Radioaktive Quellen (Afterloading, Seed-Applikation), Röntgentherapiegeräte); Dosimetrie ionisierender Strahlung (Photonen- und Elektronendosimetrie, klinische Dosimetrie und Qualitätssicherung, Detektoren, Dosimetrieprotokoll); Dosisberechnungsverfahren mit Photonen, Elektronen, Hadronen; Qualitätssicherung von Geräten und Verfahren; Sicherheitssysteme; Grundlagen der Bestrahlungsplanung für die Strahlentherapie und Brachytherapie; Bildgebung in der Strahlentherapie und Image Guidance (MV Bildgebung, kV Bildgebung, andere Modalitäten wie PET, MRT, Sono).

### Bemerkungen

Es ist geplant, einen Teil des Praktikums in der Strahlentherapie einer Klinik oder einer Praxis in der Umgebung von Remagen durchzuführen.

Die Inhalte dieses Kurses entsprechen den Inhalten des Spezialkurses im Strahlenschutz: Strahlentherapie gemäß Strahlenschutzverordnung (StrSchV) und Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin (2011). Die Anerkennung der Studienleistungen nach StrSchV und RöV als „Spezialkurs im Strahlenschutz: Strahlentherapie“ ist an den erfolgreichen Abschluss des Masterstudiums Angewandte Physik: Medizintechnik gebunden. Das bestandene Praktikum ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung.

# 8 Wahlmodule Technomathematik

## 8.1 Mikrocontrollertechnik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: mündliche Prüfung
	Projekt	–	k.A.	60	15	2	PL: Präsentation
	Selbststudium	–	–	60	–	2	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Carstens-Behrens	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Carstens-Behrens, Junglas		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden kennen den grundsätzlichen Aufbau von Mikroprozessoren und Mikrocontrollern. Sie sind in der Lage, Mikrocontroller für einfachen Anwendungszwecke zu programmieren und die verschiedenen Bussysteme und Kommunikationsmöglichkeiten zu nutzen. Sie können ein Gesamtsystem aus Mikrocontroller mit Energieversorgung sowie weitere benötigte Komponenten wie Speicher, Sensoren und Displays auf eine Platine verlöten und durch ein Gehäuse schützen.

### Inhalt

Zahlensysteme und Codierung, Daten-Codes, Grundlagen der Rechnerarchitektur, Aufbau von Mikroprozessoren, Speicher, Befehlsstruktur, Befehlsvorrat, Adressierung, Schnittstellen und Bussysteme, Mikrocontroller an verschiedenen Beispielen, Programmierung von Mikrocontrollern in C und Assembler, Arduino, Anwendungen.

### Projekt

Die Studierenden programmieren in Einzel- oder Kleingruppen einen Mikrocontroller anhand einer vorgegebenen Aufgabenstellung. Sie sorgen für die elektrische Beschaltung und erweitern das System um notwendige Hardware. Typische Aufgabenstellungen umfassen Datenerfassung, Prozesssteuerung oder regelungstechnische Aufgaben.

### Bemerkungen

Die Prüfungsleistung besteht aus einer mündlichen Prüfung, in der die Präsentation des Projekts integriert ist.

### Literatur

- H. Bernstein, Mikrocontroller, Springer
- J. Börcsök, Mikroprozessortechnik, VDE-Verlag
- J. Wiegmann, Softwareentwicklung in C für Mikroprozessoren und Mikrocontroller, Hüthig

## 8.2 Forschungsprojekt (Research Project)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Projekt	–	2-3	150	30	5	PL: nach Vorgabe des Lehrenden
Summe	–	–	–	150	30	5	–
Modulbeauftragte(r):		Ankerhold			Sprache:		Deutsch oder Englisch
Turnus:		jedes Semester			Standort:		RAC
Lehrende:		alle Dozentinnen und Dozenten des Studiengangs M. Sc. Applied Physics der Hochschule Koblenz					
Zwingende Voraussetzungen:		je nach Vorgabe des Projektes eventuell Teilnahme an der Laserschutzbelehrung					
Inhaltliche Voraussetzungen:		keine					
Verwendbarkeit:		M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics					

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erhalten die Fähigkeit zum schnellen Einarbeiten in eine wissenschaftliche Problemstellung und sind in der Lage, wesentliche Punkte aus aktuellen Fachpublikationen zu erfassen und zu diskutieren. Sie können ein Forschungsprojekt im Team durchführen und sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, komplexe wissenschaftliche Sachverhalte zu verstehen, zu kommunizieren und zusammen mit den eigenen Projektergebnissen einem Fachpublikum aus Studierenden und Lehrenden zu präsentieren.

### Inhalt

Ein aktuelles Forschungsthema wird unter Anleitung im Team (2-3 Studierende) bearbeitet, die Studierenden werden in Forschungsaktivitäten eingebunden.

### Literatur

je nach aktueller Themenstellung

# 9 Sonstige Wahlmodule

## 9.1 Auslandslehrveranstaltung

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung Selbststudium	–	k.A.	60 (4 SWS) 90	60 –	2 3	PL: s. Bemerkungen –
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r): Neuhäuser  
Turnus: nach Bedarf und Möglichkeit  
Lehrende: alle Lehrende der Mathematik am RAC  
Zwingende Voraussetzungen: keine  
Inhaltliche Voraussetzungen: keine  
Verwendbarkeit: M. Sc. Applied Mathematics  
Sprache: Deutsch  
Standort: RAC

### Lernziele und Kompetenzen

#### Inhalt

Je nach gewählter Lehrveranstaltung.

#### Bemerkungen

Dieses Modul soll einen Auslandsaufenthalt im Rahmen des Masterstudiums erleichtern. Die gewählte Lehrveranstaltung muss an einer ausländischen Hochschule vollständig in einer Fremdsprache absolviert werden. Die Inhalte müssen dem Masterniveau entsprechen und im Zusammenhang mit dem Mathematikstudium sinnvoll sein. Die in Frage kommenden Lehrveranstaltungen werden vorab mit dem Auslandsbeauftragten abgesprochen.

#### Literatur

je nach Thema

## 9.2 Forschungsseminar mit Tagung

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Vortrag
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neuhäuser	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	alle Lehrende der Mathematik am RAC		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	je nach Thema		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

### Bemerkungen

Dieses Modul verbindet zu einem Forschungsbereich einen Tagungsbesuch mit einem Seminar. Das Modul kann ganz oder teilweise außerhalb der Vorlesungszeit statt finden. Es ist mit zusätzlich Kosten zu rechnen.

## 9.3 Kontrolltheorie

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Hausarbeit oder Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kschicho	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Kschicho		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundkenntnisse der gewöhnlichen DGL und Numerik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Kenntnis der Grundkonzepte von rückgekoppelten Systemen und Konzepten der Kontrolltheorie und ihrer Anwendung in der Technik und Systembiologie.

### Inhalt

Grundlagen der mathematischen Kontrolltheorie, insbesondere Steuerung und Regelung, Lineare Steuerbarkeit und Kontrollierbarkeit, Stabilität, Polvorgabe, Robuste Regelungen, Einführung in Nichtlineare Kontrollsysteme.

### Bemerkungen

Dieses Modul ist ein Wahlmodul für den Bereich Biomathematik und Technomathematik.

### Literatur

Sontag, Mathematical Control Theory, Springer Verlag, 1998

## 9.4 Parallel Computing

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: mündliche Prüfung oder Hausarbeit mit Vortrag
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Seminar	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	SL oder PL: Vortrag, s. Bemerkungen
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	75	5	–

Modulbeauftragte(r):	Schmidt	Sprache:	Englisch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Schmidt, Berti		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

The students will learn the different basic models of parallel processing used in modern hardware architectures: Threads, vectorization, and distributed memory parallelization, that are used in almost every modern hardware, from cell phones and laptops to workstations, GPUs and PC clusters. The students will solve problems arising from engineering and mathematical applications on several of those hardwares and will present their results.

### Inhalt

Different Parallel Programming models:

Threads (C, C++, Java), OpenMP directives, utilization and programming models for graphical processors (CUDA, OpenCL), parallel algorithms for distributed memory systems (MPI), parallel Monte-Carlo-Methods, use of parallel libraries.

### Bemerkungen

The exams can be given as oral exams or presentation of a seminar paper. Lessons, exercises, tutorials and the seminar will be presented in English.

### Literatur

- P. Pacheco, An Introduction to Parallel Programming, Morgan Kaufmann, 2011  
 E. Kandort, J. Sanders, CUDA by Example, Addison-Wesley, 2010

## 9.5 Variationsrechnung und optimale Steuerung

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung, bei kleineren Gruppen Projekt möglich
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Absprache	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Kschischo		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Bachelorvorlesungen Mathematik in Analysis, Linearer Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie und Numerik.		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Ziel der Variationsrechnung ist, Funktionen mit bestimmten Extremaleigenschaften zu finden – wie z. B. die Kurve minimaler Länge, die zwei Punkte auf einer Fläche miteinander verbindet. Seit langem ist bekannt, dass solche Kurven von fundamentaler Bedeutung in den Naturwissenschaften sind: So nimmt z. B. Licht immer den „schnellsten Weg“, um von einem Punkt zum anderen zu gelangen, und in der klassischen Mechanik zeigt sich, dass die Newtonschen Bewegungsgleichungen aus einem ähnlich gearteten „Prinzip der kleinsten Wirkung“ folgen. Eine wichtige Verallgemeinerung solcher Optimierungsprobleme ergibt sich, wenn man „steuerbare Prozesse“ betrachtet. Hier stellt sich etwa die Frage, wie man einen technischen Prozess zur Herstellung eines Produkts so kontrollieren kann, dass Kosten minimiert werden; wie eine Investitionsstrategie aussieht, bei der der Gesamtertrag über einen gewissen Zeitraum optimiert wird; oder wie viele Arbeiterinnen ein Bienenvolk aufziehen soll, um nach einer gegebenen Zeitspanne möglichst viele Königin-nen hervorzubringen. Auch in der Bioinformatik, etwa im Sequence Alignment, werden diese Methoden eingesetzt. In der Vorlesung wird die optimale Steuerung sowohl diskreter als auch kontinuierlicher Systeme besprochen.

### Inhalt

Variationsrechnung und Euler-Lagrangesche Differentialgleichung, Dynamische Programmierung, Hamilton-Jacobi-Bellmann-Gleichung, Pontryaginsches Minimumprinzip; Anwendungen aus den Naturwissenschaften, sowie der Bio-, Wirtschafts- und Technomathematik.

### Literatur

D.P. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Athena Scientific, 2005  
 S.P. Sethi, G.L. Thompson, Optimal Control Theory, Springer, 2006

## 9.6 Wavelets und Anwendungen

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Hausarbeit und/oder Vortrag
	Übung Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 90	15 –	0,5 3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	NN	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	NN		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Analysis, Lineare Algebra, Grundlagen Numerik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Fähigkeit zur Anwendung der Wavelettransformation für verschiedene Anwendungen. Kenntnisse der Eigenschaften der Transformation. Einschätzung der Vor- und Nachteile speziell im Vergleich zur Fouriertransformation. Erarbeitung und Präsentation komplexer Sachverhalte.

### Inhalt

Lineare Filter, Multiskalenanalyse, Diskrete Wavelettransformation, Kontinuierliche WT, Fourier vs. Waveletanalyse, Lösung konkreter Probleme mit Hilfe der Wavelettransformation etwa Erkennung von Peaks, Datenkompression, Entrauschung), Entwurf und Implementierung von Algorithmen, Kenntnisse von Varianten der Transformation im Bezug auf charakteristische Parameter wie etwas Glattheit oder Orthogonalität.

### Bemerkungen

Dieses Modul ist ein Wahlmodul für alle drei Vertiefungsbereiche, es könnte auch für Studierende mit medizintechnischem Schwerpunkt von Interesse sein.

### Literatur

[www.wavelet.org](http://www.wavelet.org)

## 9.7 Nichtparametrische und computer-intensive statistische Verfahren

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Vortrag mit mündlicher Prüfung oder Klausur
	Selbststudium			90	–	3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neuhäuser	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Neuhäuser		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Statistik I, Statistik II, SAS-Kenntnisse		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Vorkenntnisse aus der Statistik werden vertieft und spezielle Verfahren der nichtparametrischen Statistik vermittelt. Übertragung konkreter Problemstellungen in statistische Modelle, Präsentation komplexer Sachverhalte, Transfer bekannter Konzepte auf neue Fragestellungen, Programmierung (z. B. in SAS), Fähigkeit zu interdisziplinärer Arbeit.

### Inhalt

Der Fokus liegt auf computer-intensiven Verfahren wie Bootstrap und Permutationstests. Neben der Vorstellung der Methoden werden spezielle Datensätze analysiert und interpretiert: Vorstellung ausgewählter Fallbeispiele, Arbeit mit Beispieldatensätzen aus der biowissenschaftlichen Forschung/Praxis, Grundlagen der nichtparametrischen Statistik, Permutationstests, Bootstrapverfahren, Tests bei Varianzheterogenität, Methoden zur Reduzierung der Konservativität.

### Literatur

Markus Neuhäuser, Computer-intensive und nichtparametrische statistische Tests. Oldenbourg-Verlag, München, 2010

Bryan Manly: Randomization, bootstrap and Monte Carlo methods in biology. Chapman and Hall/CRC, London, 3rd edition, 2007

## 9.8 Ausgewählte Themen der reinen Mathematik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur, Vortrag oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Dozenten der mathematischen Studiengänge		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundvorlesungen der Analysis und linearen Algebra		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erhalten einen Einblick in ein Spezialgebiet der reinen Mathematik und erweitern damit ihre methodischen Fähigkeiten und ihre mathematische Allgemeinbildung.

### Inhalt

Das behandelte Spezialgebiet richtet sich nach den Wünschen der Studierenden und dem Angebot der Dozenten. Beispiele für geeignete Themen der reinen Mathematik sind: a) Galoistheorie anhand des Buchs „Galoissche Theorie“ von E. Artin. b) Gruppen- und Darstellungstheorie anhand des Buchs „Groups and Representations“ von J. L. Alperin und R. B. Bell. c) Zahlentheorie anhand des Buchs „An Introduction to the Theory of Numbers“ von G. H. Hardy und E. M. Wright. d) Topologie anhand des gleichnamigen Buchs von K. Jänich. e) Differentialgeometrie anhand des gleichnamigen Buchs von W. Kühnel. f) Mannigfaltigkeiten und Differentialformen anhand des Buchs „Manifolds, Tensor Analysis and Applications“ von R. Abraham, J. E. Marsden und T. Ratiu.

## 9.9 Ausgewählte Themen der Stochastik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur, Vortrag oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Dozenten der mathematischen Studiengänge		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundvorlesungen der Analysis und linearen Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erhalten einen Einblick in ein Spezialgebiet der Stochastik und erweitern damit ihre methodischen Fähigkeiten und ihre mathematische Allgemeinbildung.

### Inhalt

Das behandelte Spezialgebiet richtet sich nach den Wünschen der Studierenden und dem Angebot der Dozenten. Beispiele für geeignete Themen der Stochastik sind: a) Markov-Ketten und Markov-Prozesse anhand des Buchs „A First Course in Stochastic Processes“ von S. Karlin und H. M. Taylor. b) Stochastische Prozesse anhand des Buchs „Adventures in Stochastic Processes“ von S. L. Resnick. c) Stochastische Algorithmen und kombinatorische Optimierung anhand des Buchs „Kombinatorische Optimierung“ von B. Korte und J. Vygen. d) Extremwerttheorie anhand des Buchs „Modelling Extremal Events for Insurance and Finance“ von P. Embrechts, C. Klüppelberg und T. Mikosch. e) Kombinatorik und Codes anhand des Buchs „Einführung in die Kombinatorik“ von K. Jacobs und D. Jungnickel.

## 9.10 Mathematik und Gesellschaft

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur, Vortrag oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf	Standort:	RAC
Lehrende:	Dozenten der mathematischen Studiengänge		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erkennen Schnittstellen der Mathematik zu gesellschafts- und geisteswissenschaftlichen Fragestellungen. Je nach gewähltem Thema erhalten sie die Möglichkeit, ihre methodischen Fähigkeiten oder ihre Soft Skills zu erweitern.

### Inhalt

Themen der Veranstaltung richten sich nach den Wünschen der Studierenden und dem Angebot der Dozenten. Beispiele für geeignete Themen sind: a) Geschichte der Mathematik anhand des Buches „6000 Jahre Mathematik“ von H. Wußing. b) Unterhaltungsmathematik und Denksportaufgaben anhand des Buches „5 Minuten Mathematik“ von E. Behrends. c) Verständliches Präsentieren komplexer mathematischer Sachverhalte. d) Problemlösungsstrategien und Wettbewerbstraining anhand des Buches „Problem Solving Strategies“ von A. Engel. e) Mathematik in Kunst und Musik anhand des Buchs „Mathematik und Gott und die Welt“ von N. Herrmann.

## 9.11 Künstliche Intelligenz

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Fiedler	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Fiedler		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Künstliche Intelligenz (KI) spielt in modernen Anwendungen eine immer größere Rolle. Beispiele finden sich u. a. in Apples Siri, Googles Translator, IBMs Watson und Teslas Autopilot. Nach Abschluss des Moduls haben die Studierenden vertiefte Kenntnisse über die Grundlagen der Künstlichen Intelligenz (KI) erworben. Sie sind in der Lage, eine Problemstellung zu analysieren und eine geeignete Methode der KI als Lösungsansatz auszuwählen und anzuwenden.

### Inhalt

Was ist KI; intelligente Agenten; Problemlösen; Wissen, Schließen, Planen; unsicheres Wissen und Schließen; Lernen; Sprachverarbeitung; Wahrnehmen und Handeln; Philosophische Aspekte.

### Literatur

Stuart Russell, Peter Norvig: Künstliche Intelligenz, Pearson Studium, 3. Aufl., 2012

## 9.12 Computervisualistik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Praktikum	–	k.A.	45	15	1,5	SL: Testate
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Hartmann	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Hartmann		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden kennen die theoretischen Grundlagen der Computergrafik. Sie können mit objektorientierten Programmiersprachen umgehen und haben es gelernt, virtuelle Welten auf dem Computer zu generieren. Sie kennen die Möglichkeiten der Interaktion zwischen einem realen Menschen und der virtuellen Realität. Dies beinhaltet auch den Erwerb von Kompetenzen im praktischen Umgang mit der entsprechenden Hardware (z. B. Datenbrillen, Stereoprojektion).

### Inhalt

Bei diesem Modul stehen zunächst Methoden und Werkzeuge der Computergrafik im Vordergrund. Neben der Grafikpipeline werden Farb- und Beleuchtungsmodelle präsentiert. Sodann werden programmier-technische Grundlagen vertieft, (z. B. C#), um mit einer geeigneten Software (z. B. Unity) eigene Projekte umsetzen zu können. Praktische Übungen, die bewertet werden, begleiten die Studierenden auf diesem Weg.

## 9.13 Moderne Objektorientierte Programmierung

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			105	–	3,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Friemert	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	CamKob
Lehrende:	Friemert		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen weiterführende objektorientierte Programmierkonzepte und kennen eine systematische Herangehensweise an typische Problemstellungen der Softwareentwicklung. Sie können gängige Programmiermuster erkennen und diese selbstständig zur Problemlösung einsetzen. Sie verstehen moderne Design-Paradigmen und können diese auf ein Projekt anwenden. Sie wissen, worauf man beim Software-Deployment achten muss und welche Verfahren und Werkzeuge dafür in modernen Softwareunternehmen (z. B. Google) eingesetzt werden.

### Inhalt

Vorlesung: Die Veranstaltung beschäftigt sich mit den modernen Prinzipien der OOP, welche vor allem in den letzten 10 Jahren an Popularität gewonnen haben. Da große Softwareprojekte von vielen, teils hundert Personen entwickelt werden, stellt sich die Frage, wie der Code beherrschbar bleibt. Wir werden Methoden kennenlernen, um effektiv von einer Idee zum Programm zu kommen, wartbaren, für jedermann verständlichen Code zu generieren, und dies in der Sprache C# umsetzen. Diese Themen sind nicht nur wichtig, um Code zu verstehen, sondern sind auch regelmäßig Teil der Anforderungen in Stellenangeboten. Themen: Entwicklungsumgebung für eine objektorientierte Programmiersprache (Visual Studio), Objektorientierte Programmierung: Einführung in C#, Interfaces, Eventssysteme, Bulletproof Multithreading, Design Patterns (MVC, MVVM & Databinding, Strategy, Observer, Factory, ...), Unit-Testing, Design Paradigmen (Domain-Driven-Design, Data-Driven-Design, Test-Driven-Design), Refactoring & Iterativer Workflow, Programmiergrundsätze (SOLID, DRY, Inversion of Control, Composition over Inheritance, ...), Objektorientierte Analyse, Continuous Integration (Docker) / DevOps.

### Literatur

Robert C. Martin, Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship, 2008.  
 Eric Freeman, Head First Design Patterns, 2014.  
 Ian Sommerville, Software Engineering, 2012.