Modulhandbuch für den Masterstudiengang Applied Mathematics

zur Prüfungsordnung in der Version 2026
bei Studienbeginn ab dem Wintersemester 2026/2027

2026-09-24

Hochschule Koblenz Campus Remagen
Fachbereich Mathematik, Informatik, Technik

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **4**

2 Pflichtmodule **5**
2.1 Oberseminar . . . 5
2.2 Masterarbeit . . . 6
2.3 Kolloquium . . . 7

3 Kernmodule **8**
3.1 Maß- und Integrationstheorie . . . 8
3.2 Mathematische Modellierung . . . 9
3.3 Monte-Carlo-Methoden . . . 10
3.4 Optimierung . . . 11
3.5 Partielle Differentialgleichungen . . . 12
3.6 Höhere Numerik . . . 13
3.7 Machine Learning . . . 14
3.8 Deep Learning . . . 15

4 Profilmodule Biomathematik **16**
4.1 Medizinische Bild- und Signalverarbeitung . . . 16
4.2 Bayesianische Statistik . . . 17
4.3 Gemischte Modelle . . . 18
4.4 Klinische Biostatistik . . . 19
4.5 Nichtlineare Regression und Pharmakokinetik . . . 20
4.6 Structure Bioinformatics . . . 21
4.7 Forschungsprojekt Biometrie . . . 22
4.8 Forschungsprojekt Bioinformatik . . . 23
4.9 Forschungsprojekt Bild- und Signalverarbeitung . . . 24

5 Wahlmodule Biomathematik **25**
5.1 Aktuelle Themen aus der Biomathematik . . . 25
5.2 Pharmakokinetische und -dynamische Modellierung . . . 26
5.3 Computational Systems Biology . . . 27

6 Profilmodule Wirtschaftsmathematik, Aktuar- und Finanzmathematik **28**
6.1 Stochastische Integration und stochastische Prozesse . . . 28
6.2 Höhere Personenversicherungsmathematik . . . 29
6.3 Höhere Sachversicherungsmathematik . . . 30
6.4 Numerische Bewertung von Finanzinstrumenten . . . 31
6.5 Risikomanagement in Banken und Versicherungen . . . 32
6.6 Quantitative Methoden des Risikomanagements . . . 33
6.7 Stetige Finanzmathematik . . . 34
6.8 Forschungsprojekt Aktuar- und Finanzmathematik . . . 35
6.9 Forschungsprojekt Risikomanagement . . . 36

7 Wahlmodule Wirtschaftsmathematik **37**
7.1 Einführung in die Spieltheorie . . . 37
7.2 Aktuelle Themen aus der Wirtschaftsmathematik . . . 38
7.3 Operations Research . . . 39

8 Profilmodule Technomathematik **40**
8.1 Mustererkennung . . . 40
8.2 Kontinuumsmechanik . . . 41
8.3 Relativitätstheorie . . . 42
8.4 Atomphysik . . . 43
8.5 Molekülphysik . . . 45
8.6 Kern- und Teilchenphysik . . . 46
8.7 Quantenfeldtheorie . . . 47
8.8 Physikalische Grundlagen von Sensoren . . . 48
8.9 Ultraschallbildgebung . . . 49
8.10 Röntgenphysik . . . 50
8.11 Röntgenoptik . . . 51
8.12 Nichtlineare Optik I: Grundlagen . . . 52
8.13 Nichtlineare Optik II: Ultrakurze Laserpulse . . . 53
8.14 Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung . . . 54
8.15 Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse . . . 56
8.16 Magnetresonanztomographie . . . 57
8.17 Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik . . . 58
8.18 Forschungsprojekt Technomathematik . . . 59
8.19 Optiksimulation . . . 60
8.20 Physikalische Grundlagen von Laserstrahlquellen . . . 61
8.21 Einführung in die Quantentechnologien I: Grundlagen . . . 62
8.22 Einführung in die Quantentechnologien II: Anwendungen . . . 63
8.23 Lasermedizin und biomedizinische Optik . . . 64

9 Wahlmodule Technomathematik **65**
9.1 Physik und Technik der Strahlentherapie . . . 65
9.2 Analyse funktioneller und struktureller MRT-Bildgebungsdaten . . . 67
9.3 Mikrocontrollertechnik . . . 68

10 Profilmodule Data Science **69**
10.1 Themen der Informatik . . . 69
10.2 Computer Vision . . . 70
10.3 Parallel Computing . . . 71
10.4 Künstliche Intelligenz . . . 72
10.5 Forschungsprojekt Datenanalyse . . . 73
10.6 Moderne Objektorientierte Programmierung . . . 74
10.7 Quantum Computing and Quantum Information . . . 75
10.8 Mathematische Logik . . . 76
10.9 Advanced Data Science . . . 77

11 Sonstige Wahlmodule **78**
11.1 Auslandslehrveranstaltung . . . 78
11.2 Forschungsseminar mit Tagung . . . 79
11.3 Variationsrechnung und optimale Steuerung . . . 80
11.4 Nichtparametrische und computer-intensive statistische Verfahren . . . 81
11.5 Ausgewählte Themen der reinen Mathematik . . . 82
11.6 Ausgewählte Themen der Stochastik . . . 83
11.7 Ausgewählte Themen der Numerik . . . 84
11.8 Mathematik und Gesellschaft . . . 85
11.9 Astronomie und Astrophysik . . . 86
11.10 Computervisualistik . . . 87
11.11 Projekt Angewandte Mathematik . . . 88

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 Voraussetzungen für die Vergabe von Kreditpunkten.

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 Campus Remagen 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, sollten sich diese vorher aneignen, um an den Veranstaltungen teilnehmen zu können.

Nach den Pflichtmodulen werden die mathematischen Kernmodule beschrieben. Von denen sind sechs erfolgreich zu absolvieren. Prüfungsleistungen sind benotete, Studienleistungen unbenotete Prüfungen. Vier der Kernmodule gehen benotet, zwei unbenotet in das Zeugnis und die Gesamtnote ein. In Zweifelsfällen ist die Prüfungsordnung maßgeblich. Die Kernmodule werden regelmäßig jedes dritte Semester angeboten.

Danach werden die möglichen Profilmodule und Wahlmodule, nach Profilen geordnet aufgelistet. Diese Module sind im Umfang von min. 40 ECTS erfolgreich zu absolvieren. Diese Module schließen stets mit einer benoteten Prüfungsleistung ab. Über diese Module hinaus können weitere bestandene (und benotete) Module ohne Auswirkung auf die Gesamtnote im Abschlusszeugnis oder in einem ergänzenden Dokument aufgeführt werden. Details sind mit dem Prüfungsamt abzusprechen.

Für die Zertifizierung eines der Profile Biomathematik, Aktuar- und Finanzmathematik, Technomathematik sowie Data Science sind min. vier Module aus dem entsprechenden Profilbereich erfolgreich zu absolvieren. Für das Profil Aktuar- und Finanzmathematik ist das Modul Maß- und Integrationstheorie verbindlich, für das Profil Technomathematik das Modul Partielle Differentialgleichungen und für das Profil Data Science eines der Kernmodule Machine Learning oder Deep Learning. Es kann nur ein Forschungsprojekt für ein Profil anerkannt werden. Für das Profil Data Science kann, zusätzlich zur Auflistung hier im Modulhandbuch, auch das Modul Bayesianische Statistik als Profilmodul gewählt werden.

Die Kernmodule werden nach einem festen Turnus alle zwei oder drei Semester angeboten. Die meisten Profilmodule werden möglichst regelmäßig alle zwei oder drei Semester angeboten. Dabei sollen in jedem Semester in jedem Profil mindestens zwei Profilmodule und über drei Semester stets mindestens sechs verschiedene Profilmodule angeboten werden. Alle anderen Profil- und 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.

Bei weiteren Fragen wenden Sie sich bitte an die Modulverantwortlichen, die dort genannten Lehrenden oder die Studiengangsleitung.

2 Pflichtmodule

2.1 Oberseminar

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Seminar	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	SL: Hausarbeit und mündliche Prüfung
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

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

2.2 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

2.3 Kolloquium

Fach-semester	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 Kernmodule

3.1 Maß- und Integrationstheorie

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 oder Klausur
	Übung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	–
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studentinnen und Studenten sollen die Maß- und Integrationstheorie als zentrales Fundament der modernen Stochastik und ihrer Anwendungen verstehen. Sie sollen mit dem bedingten Erwartungswert vertraut werden und damit in Anwendungsgebieten sicher umgehen können. 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, Satz von Radon-Nikodym, bedingter Erwartungswert bzgl. σ-Algebren.

Literatur

H. Bauer, Maß- und Integrationstheorie, de Gruyter, 1992
A. Klenke, Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer, 2008
U. Küchler, Maßtheorie für Statistiker, Springer, 2015

3.2 Mathematische Modellierung

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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

Modulbeauftragte(r):	Dellen	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Brück, Dellen, Hudde, Schmidt		
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

3.3 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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	–
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, 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

3.4 Optimierung

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: mündliche Prüfung oder 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 Op-timierungsaufgaben, 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-Vefahren, 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

3.5 Partielle Differentialgleichungen

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: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden 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: Transportgleichung, Wärmeleitungsgleichung, Wellengleichung, Laplace- und Poissongleichung.
Partielle Differentialgleichungen 1. Ordnung: Charakteristikenverfahren.
Partielle Differentialgleichugnen 2. Ordnung: Klassifikation, Fundamentallösungen, Maximumprinzipien, Separations- und Transformationsansätze zur analytischen Lösung.
Numerische Verfahren: Finite Differenzenverfahren für Gleichungen 1. Ordnung, elliptische und parabolische Probleme, Stabilität und Konvergenz der Verfahren.

Bemerkungen

Das Modul kann auch für Studierende des Masters Applied Physics von Interesse sein.

Literatur

L. Evans, Partial Differential Equations, American Mathematical Society, 1997
S. Farlow, Partial Differential Equations for Scientists and Engineers, Dover Publications, 1993
P. Knabner, L. Angermann, Numerik partieller Differentialgleichungen, Springer, 2000
S. Salsa et al., A Primer on PDEs: Models, Methods, Simulations, Springer, 2013

3.6 Höhere Numerik

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: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden kennen moderne Verfahren zur numerischen Behandlung ingenieur- und naturwissenschaftlicher Probleme. Sie erweitern ihr Methodenwissen hinsichtlich mathematischer Modellierung und algorithmischer Lösung dieser Probleme.

Inhalt

Regelmäßig werden Finite-Elemente-Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen behandelt. Mögliche weitere Themen umfassen Finite-Volumen-Methoden, Multigrid-Verfahren, Wavelets, NURBS, Sparse-Eigenvalue-Probleme und inverse Probleme.

Bemerkungen

Das Modul kann auch für Studierende des Masters Applied Physics von Interesse sein.

Literatur

K. Bathe, Finite-Elemente-Methoden, Springer, 2002
R. Leveque, Finite Volume Methods for Hyperbolic Problems, Cambridge University Press, 2002
C. Blatter, Wavelets - eine Einführung, Vieweg, 2003
L. Piegl et al., The NURBS Book, Springer, 1997
W. Briggs et al., A Multigrid Tutorial, SIAM, 2000
Y. Saad, Numerical Methods for Large Eigenvalue Problems, SIAM, 2011
M. Richter, Inverse Probleme, Springer, 2015

3.7 Machine Learning

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: Portfolio
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	225	90	7,5	–

Modulbeauftragte(r):	Dellen	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Dellen, Hudder, Jaekel, Steimers, Welsch		
Zwingende Voraussetzungen:	Mathekenntnisse (Analysis, Lineare Algebra, Stochastik), Programmierkenntnisse		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Artificial Intelligence, M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Ziel dieses Moduls ist der souveräne Umgang mit maschinellen und statistischen Lernverfahren, wozu neben einem grundlegenden konzeptionellen Verständnis auch die Durchdringung der algorithmischen Details bis hin zur Fähigkeit der Abwandlung für spezielle Anwednungsfälle gehört. Außerdem sind die Studierenden befähigt, die Ergebnisse eines Lernalgorithmus zu validieren und zu testen. Probleme vieler Lernverfahren wie Robustheit gegenüber verschiedenen Datensätzen ("distribution shift") und Limitierungen sind den Studierdenen bewusst und befähigen sie zur Interpretation und Bewertung der Ergebnisse im jeweiligen Anwendungskontext.

Inhalt

Überwachtes und Unüberwachtes Lernen, Hochdimensionale Daten und Fluch der Dimension, Merkmalsextraktion, Clustering, Bewertung von Clustering-Verfahren, selbstorganisierende Karten, Hauptkomponentenanalyse (WdH) und Dimensionsreduktion, Indepependent Component Analysis, Klassifikation, logistisch als Wdh., als Wdh. SVM, Trees, RandomForest, Neuronale Netze, Universal Approximation Theorem, Kostenfunktionen für Klassifikation und Regression, Backpropagation-Algorithmus, Varianten des BP-Algorithmus, Neuronale Netzwerke mit Feedback und/oder lateralen Verbindungen (RNNs), Bewertung von Modellen und Kreuzvalidierung, Grundlagen des Reinforcement Learning, sowie eine Auswahl an folgenden Themen: Boosting, Sparse Methods wie Lasso, Sparse Sensing, unkonventionelle neuronale Netze.

Literatur

Murphy, Probabilistic Machine Learning: An Introduction, MIT Press
Kroese, Botev, Taimre, Vaisman, Data Science and Machine Learning, Chapman & Hall/CRC

3.8 Deep Learning

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

Modulbeauftragte(r):	Dellen, Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Dellen, Hudde, Jaekel, Steimers, Welsch		
Zwingende Voraussetzungen:	Machine Learning		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Artificial Intelligence, M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben ein eingehendes Verständnis für die Grundlagen neuronaler Netzwerke, kennen die Konzepte des Trainings, Validierens und Testens und können auch bekannte Architekturen und Modelle einem speziellen Anwendungszwecke entsprechend modifizieren. Sie kennen die wesentlichen empirischen Stärken und Schwächen von tiefen neuronalen Netzen und können die Ergebnisse kritisch interpretieren. Dazu gehört neben dem theoretischen Wissen auch die praktische Implementierung mit geeigneten Frameworks.

Inhalt

Aktuelle Entwicklungen und Anwendungen, historischer Abriss, Abgrenzung von klassischen Lernverfahren, Feedforward, Konvergenz in tiefen Netzen, Convolutional und Variational Autoencoder, Recurrent Neural Networks, Long-Short-Term-Memory (LSTM)-Netze, Netzwerkarchitekturen mit Attention-Mechanismus, Zeitreihenvorhersage sowie eine Auswahl aus folgenden Themen: Convolutional Neural Networks, VGG-Netzwerk, ImageNet, Deep Residual Networks (ResNet), Transformer, Diffusion Models, Anomalieerkennung, Deep Reinforcement Learning, Frameworks, GPU Programmierung, tiefe komplexwertige neuronale Netze, Themen aktueller Forschung.

Literatur

Murphy, Probabilistic Machine Learning: An Introduction, MIT Press
Zhang, Lipton, Zachary, Li, Mu and Smola, Dive Into Deep Learning, arXiv:2106.11342.
Chollet, F. (2021). Deep Learning with Python (2nd ed.). Manning Publications.

4 Profilmodule Biomathematik

4.1 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: mündliche Prüfung, Vortrag oder Hausarbeit
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Kenntnis wichtigster biologischer und medizinischer bildgebender Modalitäten, Kenntnis Eigenschaften medizinischer 3D Bilddaten (CT und MRT), Methoden zur Signalverbesserung und Analyse, Kenntnis fortgeschrittene Bildcharakteristika, Kenntnis fortgeschrittene Bildsegmentierung, Neuronale Netze zur Bildsegmentierung und Klassifikation, Einblick in aktuelle Fragestellungen der Forschung. Kenntnis grundlegender Algorithmen und ihrer Programmierung (Matlab oder Python).

Inhalt

Grundlagen bildgebender Modalitäten in der Medizin wie etwa Computertomographie, Magnetresonanztomographie, Ultraschall bzw. EEG. Darstellung von 2D und 3D Bildern, Bildformate, Räumliche Transformationen, Bildcharakteristika, Mathematische Transformationen zur Ort- und Frequenzanalyse, Entrauschung digitaler Bilder, Interaktive Verfahren zur Bildsegmentierung (Graph Cuts, Active Contours), Grundlagen der Mustererkennung und neuronale Netze zur Bildsegmentierung und Bildklassifikation, Implementierung grundlegender Algorithmen mit Matlab oder Python.

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.

4.2 Bayesianische Statistik

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 Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik I, Programmierkenntnisse in R		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studentinnen und Studenten sollen das Grundkonzept die Bayesianischen Statistik verstehen und Stärken und Schwächen im Vergleich zur klassischen Statistik beurteilen können. Sie sollen in der Lage sein, für konkrete Anwendungen ein Bayesianisches Modell aufzustellen und in einer geeigneten Programmierumgebung zu implementierten.

Inhalt

Grundkonzept (Paradigma, Update-Schritt von der a priori zur a posteriori Verteilung, Vorhersageverteilung), Schätz- und Testverfahren, Einfluss der a priori Verteilung und Vergleich mit der klassischen Statistik, Regressionsmodelle, MCMC-Verfahren (Metropolis-Hastings, Gibbs-Sampler), Bayesianische Netzwerke, Fallstudien in Anwendungsbereichen (z. B. Inzidenzrate von Krankheiten, Schätzung von quantitativen trait loci, operationales Risiko, etc.).

Literatur

C. Robert, The Bayesian Choice, 2007.
G. Casella, C. Robert, Monte Carlo Statistical Methods, 2005.
A. Gelman, J.B. Carlin, Bayesian Data Analysis, 2013.
J.M. Marin, C. Robert, Bayesian Essentials with R, 2013.

4.3 Gemischte Modelle

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 Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	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:	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 Varianzinhomogenität 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

4.4 Klinische Biostatistik

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 Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neuhäuser	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neuhäuser, Berres		
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

4.5 Nichtlineare Regression und Pharmakokinetik

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	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Engelhardt, Kinder, Welsch		
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 Einfachschießverfahren 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

4.6 Structure Bioinformatics

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: Portfolioprüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Welsch	Sprache:	Deutsch/Englisch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Welsch		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse in Analysis, Linearer Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie und Programmierung im Umfang der Module der mathematischen Bachelorstudiengänge		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden können zentrale biologische Sequenz- und Strukturdaten wie Genomsequenzen, Proteinsequenzen und Molekülstrukturen verstehen und bioinformatisch analysieren. Sie können grundlegende bioinformatische Algorithmen in Python implementieren und die Ergebnisse kritisch interpretieren.

Inhalt

Die Lehrveranstaltung gliedert sich in Vorlesung und Übung:
Vorlesung: Biologische Datenobjekte, bioinformatische Datentypen und deren Analyse (Sequence Alignments, Multiple Sequence Alignments, dreidimensionale Proteinstrukturen), Datenbanken und Softwaretools für die Analyse von Sequenzen und Strukturen, Anwendung von AI Methoden in der Bioinformatik, mit Schwerpunkt auf Proteinstrukturvorhersage (AlphaFold: Nobelpreis für Chemie 2024).
Übung: Theoretische Aufgabenstellungen und praktische Implementierung der in der Vorlesung behandelten Algorithmen in Python, Interpretation der Ergebnisse.
Die Modulprüfung erfolgt als Portfolioprüfung. Die Komponenten (z. B. Mündliche Prüfung, Hausarbeit u.a.) werden zu Semesterbeginn mitgeteilt.

Bemerkungen

Die Veranstaltung wird teilweise auf Englisch gehalten.

Literatur

Durbin, R., Eddy, S. R., Krogh, A., and Mitchison, G. (1998). Biological Sequence Analysis: Probabilistic Models of Proteins and Nucleic Acids. Cambridge University Press.
Gusfield, D. (1999). Algorithms on Strings, Trees, and Sequences. Cambridge University Press.
Jumper, J., et al. (2021). Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold. Nature, 596(7873), 583–589.
Mirdita, M., et al. (2022). ColabFold: Making protein folding accessible to all. Nature Methods, 19, 679–682. https://doi.org/10.1038/s41592-022-01488-1

4.7 Forschungsprojekt Biometrie

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Projekt	–	k.A.	60	60	2	PL: Hausarbeit
	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:	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.

Projekt

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

4.8 Forschungsprojekt Bioinformatik

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
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Welsch	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Welsch		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse in Analysis, Linearer Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie und Programmierung im Umfang der Module der mathematischen Bachelorstudiengänge, Grundkenntnisse Bioinformatik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

In diesem Kurs realisieren die Studierenden ein eigenständiges Forschungsprojekt zu einem aktuellen Thema aus der Bioinformatik. Sie lernen dabei wissenschaftliche Fachliteratur, überwiegend in englischer Sprache, zu erschließen und zu analysieren. Auf dieser Grundlage erarbeiten sie eigene Lösungsansätze für die gewählte Problemstellung, planen den erforderlichen Ressourceneinsatz und setzen das Projekt praktisch um.

Projekt

In der Veranstaltung wird ein aktuelles Thema der Bioinformatik unter Anleitung behandelt; Studierende üben eigenständige Fragestellungen zu aktuellen Themen zu entwickeln, Lösungen und Algorithmen zu implementieren und die Ergebnisse in einem Vortrag oder Abschlussbericht zu kommunizieren.

Bemerkungen

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

Literatur

Fachliteratur und aktuelle Publikationen je nach behandeltem Gebiet.

4.9 Forschungsprojekt Bild- und Signalverarbeitung

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

Modulbeauftragte(r):	Dellen	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	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/oder einem Abschlussbericht zu präsentieren.

Projekt

In der Veranstaltung wird ein aktuelles Thema der Bild- und Signalverarbeitung behandelt; Studierende üben, eigenständige Fragestellungen zu aktuellen Themen zu entwickeln und die Ergebnisse adäquat zu kommunizieren.

Bemerkungen

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

Literatur

Fachliteratur und aktuelle Publikationen je nach behandeltem Gebiet.

5 Wahlmodule Biomathematik

5.1 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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
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

5.2 Pharmakokinetische und -dynamische Modellierung

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	–	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:	Engelhardt		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse der Analysis mehrerer Veränderlicher und der linearen Algebra, Grundkenntnisse gewöhnlicher Differentialgleichungen, Grundkenntnisse Wahrscheinlichkeitstheorie, Grundkenntnisse Numerik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Kenntnisse der Modellierung und Simulation komplexer Dosis-Wirkungsbeziehungen auf Populationsebene. Vermittlung von analytischen und numerischen Techniken zur Lösung von nichtlinearen Modellen mit gemischten Effekten. Grundlagen und Abläufe von der Wirkstoffentwicklung bis hin zur finalen Zulassung in der modernen Pharmaindustrie. Grundlagen praxisrelevanter Softwarepakete (R, NONMEM). Vertiefende Kenntnisse der Visualisierung und Analyse realer Daten zur Entscheidungsfindung. Übertragung konkreter Problemstellungen in mathematische Modelle. Präsentation komplexer Sachverhalte. Transfer bekannter Konzepte auf neue Fragestellungen. Programmierung. Fähigkeit zu interdisziplinärer Arbeit.

Inhalt

Pharmakokinetik und Pharmakodynamik, Kumulationsgleichgewicht, Höhere Kinetiken, Populationsmodelle in der Praxis, Translational Modelling, Nonlinear Mixed Effect Models, Simulation komplexer Systeme, Komplexe physiologische Modelle, Vermarktung und Entwicklung von Arzneimitteln in der Praxis.

Bemerkungen

Dieses Modul ist ein Wahlmodul aus dem Bereich Biomathematik. Die aufgeführten Methoden werden auch in anderen Anwendungsbereichen verwendet. Die Durchführung des Moduls bestehen aus einem Wechsel zwischen Vorlesung, Übungen, Durchführung von kleinen Projekten, und praktischen Übungen am Computer. Das Modul wird evtl. teilweise oder vollständig als Blockveranstaltung in der vorlesungsfreien Zeit durchgeführt und kann auch eine Exkursion und online-Termine beinhalten.

Literatur

J. Gabrielsson und D. Weiner: Pharmacokinetic and Pharmacodynamic Data Analysis: Concepts and Applications, Fourth Edition, Swedish Pharmaceutical Press, 2007.
J. S. Owen und J. Fiedler-Kelly: Introduction to Population Pharmacokinetic / Pharmacodynamic Analysis with Nonlinear Mixed Effects Models, Wiley, 2014.
W. Walter: Gewöhnliche Differentialgleichungen: Eine Einführung, Springer, 2010.

5.3 Computational Systems Biology

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: Portfolioprüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Welsch	Sprache:	Deutsch/Englisch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Welsch		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse in Analysis, gewöhnliche DGL, Numerik, Wahrscheinlichkeitstheorie, Statistik 1, Programmierung im Umfang der Module der mathematischen Bachelorstudiengänge		
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, ein mathematisches Modell zu formulieren und dann das Modell zu validieren.

Inhalt

Mathematische Modellierung und Simulation genetischer und biochemischer Netzwerke, z. B. Transkriptionsregulationsnetzwerke (Autoregulation, Feed Forward Loop u.a.). GDL und deterministische Modelle, stochastische Modelle, der Gillespie-Algorithmus, Einführung in die Systems Biology Markup Language (SBML) und Simulation mit R. Die Lehrveranstaltung gliedert sich in Vorlesung und Übung. In der Übung werden biologische, mathematische und programmiertechnische Aufgaben gelöst.

Bemerkungen

Die Veranstaltung wird teilweise auf Englisch gehalten.

Literatur

U. Alon, An Introduction to Systems Biology, Chapman and Hall/CRC Computational Biology Series. Boca Raton, FL: CRC Press, 2019.
E. Klipp et al., Systems Biology in Practice: Concepts, Implementation and Application, 2nd ed. Weinheim, Germany: Wiley-VCH, 2014.
D. J. Wilkinson, Stochastic Modelling for Systems Biology, 3rd ed. Boca Raton, FL: Chapman and Hall/CRC Press, 2018.

6 Profilmodule Wirtschaftsmathematik, Aktuar- und Finanzmathematik

6.1 Stochastische Integration und stochastische Prozesse

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: mündliche Prüfung oder Klausur
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			165	–	5,5	–
Summe	–	–	–	225	60	7,5	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Wahrscheinlichkeitstheorie, Maß- und Integrationstheorie		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studentinnen und Studenten lernen grundlegende Klassen stochastischer Prozesse kennen. Mit dem Itō-Kalkül werden Grundlagen für Anwendungen in der stetigen Finanzmathematik bereitgestellt.

Inhalt

Stochastische Prozesse: Martingaltheorie in diskreter und stetiger Zeit, Markov-Ketten in diskreter und stetiger Zeit, Brownsche Bewegung, Poisson-Prozess und zusammengesetzter Poisson-Prozess.
Stochastische Integration: Itō-Integral bzgl. der Brownschen Bewegung, Überblick über die stochastische Integration bzgl. Semimartingalen, Itō-Formel, Darstellungssatz, Satz von Girsanov, Grundlagen stochastischer Differentialgleichungen.

Literatur

T. Deck, Der Itō-Kalkül, Springer, 2005
A. Klenke, Wahrscheinlichkeitstheorie, Springer, 2013
J.M. Steele, Stochastic Calculus and Financial Applications, Springer, 2010

6.2 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	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa 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 Managment 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

6.3 Höhere Sachversicherungsmathematik

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 oder Klausur
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Brück, Neidhardt, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Wahrscheinlichkeitstheorie, Maß- und Integrationstheorie		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

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

Inhalt

Ruintheorie und Prämienprinzipien für light- und heavy-tailed Verteilungen, stochastische Methoden der Tarifierung, stochastische Methoden der Reservierung, Versicherungsderivate und Alternativer Risikotransfer, Rückversicherung.

Literatur

H. Albrecher, J. Beirlant, Reinsurance, Wiley, 2017.
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.

6.4 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: mündliche Prüfung oder Klausur
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel		
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

6.5 Risikomanagement in Banken und 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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studentinnen und Studenten lernen die wesentlichen Anforderungen an eine ordnungsmäßige Governance in Unternehmen allgemein, sowie die Anforderungen an das Risikomanagement von Banken und Versicherungen im Speziellen kennen. Wesentliche prozessuale und aufbauorganisatorische Aspekte des Risikomanagements in Banken und Versicherungen werden erarbeitet.

Inhalt

Risikobegriff und Stakeholder des Risikomanagements. Aufsicht des Finanzsektors innerhalb der EU (Gesetzgebungsprozess, Aufsichtsbehörden, wesentliche gesetzliche Grundlagen). Risikomanagement Prozesse und Systeme (Risikostrategie, Regelkreis des Risikomanagements, Interne Kontroll- und Frühwarnsysteme, Compliance Systeme). Aufbauorganisatorische Aspekte. Grundlagen der wertorientierten Unternehmensführung. Obige Themen werden anhand von Fallstudien erarbeitet.

Literatur

Dirk Auerbach (Hg.), Banken- und Wertpapieraufsicht, 2015, C.H. BECK Verlag.
Gerhard Hoffmann (Hg.), Basel III, Risikomanagement und neue Bankenaufsicht, 2015, Frankfurt School Verlag.
Originaldokumente der Aufsicht (bspw. Solvency II, Basel III, MaRisk).
P. Sweeting, Financial Enterprise Risk Management, Cambridge University Press, 2017.

6.6 Quantitative Methoden des Risikomanagements

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 oder Klausur
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studentinnen und Studenten lernen mathematische Modelle und statistische Verfahren des quantitativen Risikomanagements kennen, die sowohl in der Versicherungs- als auch in der Bankenwelt Anwendung finden.

Inhalt

Qualitative und quantitative Techniken der Risikomessung wie Heat Maps, Szenario Analysen oder konvexe und kohärente Risikomaße. Statistische Methoden der Risikomodellierung (bspw. Extremwertstatistik, Modellierung von Abhängigkeitsstrukturen, Zeitreihenanalysen von Finanzdaten oder Anwendungen der multivariaten Statistik auf Risikomanagement-Fragen). Modellierung ausgewählter Risiken wie Kredit-, Markt-, Zinsänderungs- oder Operationeller Risiken.

Literatur

P. Albrecht, R. Maurer, Investment- und Risikomanagement, 2016, Schäffer-Poeschel.
H.-P. Deutsch, M. Beinker, Derivate und Interne Modelle, 2014, Schäffer-Poeschel.
A. McNeill, R. Frey, P. Embrechts, Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools, 2015, Princeton University Press.

6.7 Stetige Finanzmathematik

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 oder Klausur
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Wolf	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Brück, Jaekel, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Wahrscheinlichkeitstheorie, Maß- und Integrationstheorie		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studentinnen und Studenten lernen die grundlegenden Konzepte der modernen Finanzmathematik kennen. Sie verstehen die Modellannahmen und können die Ergebnisse ökonomisch interpretieren.

Inhalt

Risikoneutrale Bewertung, verallgemeinertes Black-Scholes-Modell, stochastische Volatilitätsmodelle, Pricing und Hedging in vollständigen und unvollständigen Märkten.

Literatur

N.H. Bingham, R. Kiesel, Risk-Neutral Valuation, Springer, 2013
N. Privault, Stochastic Finance, Chapman & Hall, 2013

6.8 Forschungsprojekt Aktuar- und Finanzmathematik

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

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Brück, Jaekel, Neidhardt, Wolf		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kenntnisse der Versicherungs- und Finanzmathematik im Umfang der Module des Bachelorstudiengangs Wirtschaftsmathematik, Teilnahme an mindestens einem Profilmodul zur Versicherungs- oder Finanzmathematik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

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

Inhalt

Ein aktuelles Thema wird unter Anleitung behandelt. Die Studierenden werden in Forschungsaktivitäten eingebunden. Mögliche Themengebiete umfassen fortgeschrittene Methoden der Portfoliooptimierung, Methoden zur Bewertung und Absicherung von Finanzderivaten, langfristige Absicherung von Zinsgarantien und Sterblichkeitsrisiken, Modellierungsfragen in der aktuariellen Tarifierung und der Ruintheorie sowie Blockchain-Technologien und agentenbasierte Modellierung von Finanzmärkten.

Bemerkungen

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

Literatur

Fachliteratur und Publikationen je nach behandeltem Gebiet

6.9 Forschungsprojekt Risikomanagement

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

Modulbeauftragte(r):	Brück	Sprache:	Deutsch
Turnus:	etwa jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Brück, Jaekel, 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.

Projekt

In der Veranstaltung wird ein aktuelles Thema aus dem Risikomanagement unter Anleitung behandelt; Studierende üben, eigenständige Fragestellungen zu aktuellen Themen zu entwickeln und die Ergebnisse adäquat zu kommunizieren. Mögliche Themengebiete umfassen unter anderem fortgeschrittene Methoden des Risikomanagements und der Portfoliooptimierung, die Analyse von Auswirkungen aufsichtsrechtlicher Anforderungen oder die Entwicklung und Implementation von Risikotragfähigkeitskonzepten.

Bemerkungen

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

Literatur

Fachliteratur und aktuelle Publikationen je nach behandeltem Gebiet.

7 Wahlmodule Wirtschaftsmathematik

7.1 Einführung in die Spieltheorie

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	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	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 Ingenieurswissenschaften.

Literatur

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

7.2 Aktuelle Themen aus der Wirtschaftsmathematik

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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Kinder	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
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

7.3 Operations Research

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 oder Klausur; SL: Hausarbeit
	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

8 Profilmodule Technomathematik

8.1 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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	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		

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

8.2 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	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Schmidt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Schmidt, N.N.		
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

8.3 Relativitätstheorie

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Kursteilnehmer 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.

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, Dopplerfaktor von Bondi, Relativität der Gleichzeitigkeit, Lorentz-Transformationen, Eigenzeit, Erhaltung des Viererimpulses, E=mc2, relativistische Invarianz der Maxwell-Gleichungen. Im Rahmen der Vorlesung werden Übungsaufgaben zur Vertiefung des Verständnisses der Vorlesungsinhalte bearbeitet und besprochen.

Literatur

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

8.4 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	30	1,5	SL: Testate/Präsentation
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch/Englisch
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

Die Studierenden erhalten die Fähigkeit zum eigenständigen schnellen Einarbeiten in eine wissenschaftliche Problemstellung und sind in der Lage, wesentliche Punkte aus aktuellen, auch in englischer Sprache gegebenen Fachpublikationen zu erfassen, zu diskutieren, zu analysieren und übergreifend Zusammenhänge herzustellen. Sie erwerben in ausgewählten Versuchen zum Zeeman-Effekt, zur Atomemissionsspektroskopie, Elektronenspin-Resonanzspektroskopie, zum Rastertunnelmikro- skopie und zur Messung der Hyperfeinstrukturaufspaltung die Kompetenz, selbstständig eine Fragestellung für ein wissenschaftliches Problem zu entwickeln und mithilfe eines geschulten analytischen Denkens und Urteilsvermögens weiterführende Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zu generieren. Sie können den Praktikumsversuch gemeinsam im Team durchführen und sind nach Abschluss des Moduls Atomphysik in der Lage, weiterführende komplexe wissenschaftliche Sachverhalte zu verstehen, zu kommunizieren, argumentativ schlüssig zu verteidigen und zusammen mit den eigenen Projektergebnissen einem Fachpublikum sowohl in Deutsch als auch in englischer Sprache zu präsentieren.

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

8.5 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	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erlangen umfassendes Wissen in der Quantenmechanik und erhalten erste Einblicke in die Möglichkeiten, die diese Technologie bei der Bewältigung gesellschaftlicher und sicherheitspolitischer Herausforderungen wie der quantenbasierten Verschlüsselung bietet. Sie kennen die mathematischen Begriffe, Methoden sowie Formalismen und können diese zur Lösung konkreter physikalischer Probleme in der Molekülphysik und der Quantenchemie anwenden. Die Studierenden sind in der Lage, Näherungen in Gleichungen und Modellen zu erkennen und den assoziierten eingeschränkten Gültigkeitsbereich sowie dessen Auswirkungen kritisch zu hinterfragen. Sie haben die Fähigkeit, Modelle aus den Bereichen Molekulardynamik, molekulare Bindung und molekulare Struktur mit unterschiedlichem Abstraktionsgrad zu evaluieren, selbstständig zu bilden und argumentativ zu vertreten. Die Studierenden können selbständig in Projektgruppen Tools zur numerischen Lösung aus dem Bereich Molekülphysik entwickeln und sind in der Lage, deren Genauigkeit und Limitationen kritisch zu hinterfragen.

Inhalt

Formale Grundlagen der Quantenmechnanik, Mehrelektronensysteme und Quantenchemie, numerischen Behandlung quantenmechanischer Probleme am Beispiel der Molekülphysik, molekulare Bindungen, Energiestruktur von Molekülen, Geometrie von Molekülen und deren Bedeutung in Medizin und Pharmakologie, Beschreibung und Aufbau von Molekülspektren, Molekulardynamik, Ausblick auf aktuelle und künftige quantenbasierte Technologien.

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

8.6 Kern- und Teilchenphysik

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, mündliche Prüfung oder Abgabeübungen mit mündlicher Nachbesprechung
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neeb	Sprache:	Deutsch/Englisch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neeb, N.N.		
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 können die Kerngedanken, Schlüsselexperimente sowie Messmethoden und Größenordnungen sinnvoll in einem physikalischen Kontext einordnen. Sie erkennen und leben das Prinzip „Gleiche Gleichung, gleiche Lösung“ und können bekannte Lösungsverfahren aus unterschiedlichen Teilgebieten der Physik auf kernphysikalische Fragestellungen übertragen. Die Studierenden setzen sich kritisch mit unterschiedlichen Verfahren zur nuklearbasierten, CO2-emittierenden und regenerativen Energieversorgung auseinander und können Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Ansätze objektiv im technologischen und gesellschaftlichen Kontext beurteilen und argumentativ vertreten. Sie können selbständig in Projektgruppen Tools zur numerischen Lösung aus dem Bereich der Detektortechnologien entwickeln und sind in der Lage, deren Genauigkeit und Limitationen kritisch zu hinterfragen.

Inhalt

Grundlegende Experimente und Modelle: Rutherford'sches Streuexperiment, Größe der Atomkerne, 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, Teilchenzool 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. Numerische Simulation von Teilchendetektoren und Ionisationsprozessen in Vieldrahtproportionalkammern.
Anwendungen der Kernphysik: Kernspaltung, Kernfusion, Physik des Reaktorunglücks von Tschernobyl, Beschleuniger in der Tumortherapie, MRT.

8.7 Quantenfeldtheorie

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

8.8 Physikalische Grundlagen von Sensoren

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

8.9 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	SL: Vortrag
	Praktikum	–	k.A.	30	15	1	SL: Testate
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die physikalischen Grundlagen der Ultraschalltechnologie, insbesondere die Wellengleichung und die Ausbreitung von Ultraschallwellen in verschiedenen Medien. Sie verstehen, wie der Doppler-Effekt in der Sonographie eingesetzt wird, und sind mit den Ultraschallmodi B-Mode, M-Mode und Doppler vertraut. Außerdem wissen sie, wie die Bildstrahlbildung und Fokussierung funktionieren und wie diese Techniken die Bildqualität beeinflussen. Sie sind in der Lage, einen mechanischen Ultraschallscanner sowie ein einfaches Phased-Array zu bauen und anzuwenden. Sie können die Qualtität von Ultraschallbildern bewerten und besitzen praktische Fähigkeiten im Umgang mit modernen Ultraschalltechnologien und deren Anwendung.

Inhalt

Vorlesung: Wave Equation, Wave Propagation, Doppler Effect, Beam Pattern Formation and Focusing, Instrumentation, Pulse-Echo Imaging, Ultrasound Imaging Modes, Image Quality, Doppler Sonography.
Seminar: Current Research Topics in Ultrasound Imaging, Non-Destructive Testing.

Praktikumsinhalt

Ultrasound Imaging: B-Mode, M-Mode, and Doppler Techniques; Building a Mechanical Ultrasound Scanner with Stepper Motor and Ultrasonic Distance Sensor; Constructing a Simple Phased Array Using Four Microphones for (Acoustic) Sound

Bemerkungen

Die Unterlagen sind auf Englisch, Vorlesungssprache ist Deutsch.

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.

8.10 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, N.N.		
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

8.11 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, N.N.		
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

8.12 Nichtlineare Optik I: Grundlagen

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
	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, N.N.		
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

8.13 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, N.N.		
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

8.14 Moderne Verfahren in der 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: mündliche Prüfung
	Projekt	–	k.A.	45	30	1,5	SL: s. Bemerkungen
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Ankerhold, Wilhein		
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 sowie messtechnischer Methoden auf diesen Gebieten. Sie kennen die modernen Mikroskopieverfahren, ihre Begrenzungen und typische Anwendungen. Sie sind in der Lage zu entscheiden, welches Verfahren für welche Fragestellung angemessen ist und wissen, welche physikalischen Wechselwirkungen hinter der jeweiligen Methode stecken. Sie verstehen wissenschaftliche Veröffentlichungen, die diese Verfahren verwenden und können die Ergebnisse kritisch beurteilen. 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

Beugung und Beugungsbegrenzung, Lichtmikroskopie, Digitalmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie (REM), Energy Dispersive X-ray Spectroscopy (EDX), Fourier-Interferometrie, Hyperspektralkamera, Optische Kohärenztomographie (OCT); optional: kohärente und inkohärente Strahlungsquellen, Detektoren für den IR-, VIS- und UV-Bereich bildgebende Analyseverfahren, Bildgebung jenseits der Abbeschen Auflösungsgrenze, Atomic Force Microscopy (AFM), STED-Mikroskopie.

Praktikumsinhalt

Zur Stärkung der Gruppen- und Stärkung der Kommunikationsfähigkeit in Wort und Schrift ein im Team von 2-3 Studierenden selbstständig zu bearbeitende Kleinprojekte mit gemeinsamen Projektberichten. In dieser kleinen Forschergruppe wird die im späteren Berufsleben zunehmend wichtige Projektarbeit in Teams geübt und gefestigt.

Bemerkungen

Das Projekt schließt mit einer gemeinschaftlichen Präsentation im Team ab. Nach Vorgabe der Dozenten kann es ein Seminar (SL: Vortrag) oder ein Praktikum (SL: Testate) sein.

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

8.15 Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse

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	30	1,5	SL: Testate
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Ankerhold, N.N.		
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 linienverbreiternde 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)

8.16 Magnetresonanztomographie

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):	Neeb	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neeb, N.N.		
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

Parallele Bildgebung; Echo-Pathways: Stimulierte Echos, MRT Sequenzen; Magnetisation Transfer: Blochsche Gleichungen bei Multikompartmentaustausch, n-Pool-Modelle, Off-Resonanz Sättigung und Messprinzipien des MT, Anwendungen in Neurologie und Onkologie; R1 Mapping: Grundlagen, Einfluss von Multikompartmentaustausch auf R1, Messsequenzen; R2 und R2* Mapping: Prinzipien, Fast vs. Slow Exchange, Anwendungen in der quantitativen Myelin-H2O-Bildgebung; Diffusionsbildgebung: Diffusionsgleichung, Bloch-Torrey Gleichung, anisotrope Diffusion, Diffusionstensor, Anwendungen; Quantitative Suszeptibilitätsbildgebung: Wiederholung Dia- und Paramagnetismus, Lorentz-Sphere, lokale Dipolfelder, inverse Probleme, klinische Anwendungen; Einblick in und Ausblick auf aktuelle Forschungsthemen: in vivo Histologie und biophysikalische Modellierung von MRT Parametern.

8.17 Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik

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
	Praktikum	–	k.A.	60	15	2	SL: Testate
	Selbststudium			60	–	2	–
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 können theoretisches physikalisches Wissen auf eine konkrete Anwendung und medizinische Fragestellung übertragen. Die Studierenden bauen ihr Wissen und Verständnis über medizinische Physik im Anwendungsbereich Nuklearmedizin und Röntgendiagnostik aus, festigen es und vertiefen die Kentnisse in Computertomographie weiter. Sie können die Funktionsweise von multimodalen Geräten (SPECT/CT, PET/CT, PET/MRT) erläutern sowie Vor- und Nachteile bewerten. Sie erlernen die praktische Implementierung von 3D Bildrekonstruktionsverfahren in der Computertomographie. Die Studierenden kennen die IT-Systeme der Nuklearmedizin und Röntgendiagnostik sowie die Grundlagen des Klinikmanagements.

Inhalt

Unterschiedliche Detektortypen und verschiedene Ansätze der ortsaufgelösten Photonendetektion für die nuklearmedizinische Bildgebung und für die Röntgenbildgebung ; Physik und Technik der Gamma-Kamera, Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT), Positronen-EmissionsTomografie (PET); Rekonstruktions- und Korrekturverfahren von PET und SPECT; Computertomographie: Bildrekonstruktion für Fächerstrahlgeometrie; Spiral-CT; DVT; DualEnergie-CT; multimodale Geräte (z. B. SPECT/CT, PET/CT); interventionelle Radiologie und andere spezielle Verfahren; Teleradiologie; die wichtigsten Anwendungen der nuklearmedizinischen Bildgebung, der Computertomographie und der Röntgendiagnostik; Methoden und Verfahren zur Dosimetrie für nuklearmedizinische Therapie und Diagnostik, für Röntgenbildgebung und Computertomographie; Grundlagen des Strahlenschutzes, Normung, sonstige Empfehlungen für die Röntgendiagnostik, Computertomographie und Nuklearmedizin; Strahlenschutz für die Patienten; Diagnostische Referenzwerte; behördliche Verfahren und Überprüfungen, Meldepflichten.
Vertiefung: IT-Systeme, Bildarchivierung und Datenaustausch in der Nuklearmedizin und Röntgendiagnostik: Aufbewahrungspflichten; internationale Standards und Datenformate (DICOM, HL7); Klinikmanagement: PACS, KIS, RIS und elektronische Patientenakte (EPA).
Geplant sind auch Gast-Vorträge von Fachärzten und Wissenschaftler/Forscher.

Praktikumsinhalt

Praktische Aufgaben und Laborversuche aus den Bereichen Röntgen-Bildgebung und Dosimetrie ionisierender Strahlung.

8.18 Forschungsprojekt Technomathematik

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		

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.

Projekt

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

Literatur

je nach aktueller Themenstellung

8.19 Optiksimulation

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
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden sind in der Lage, einfache optische Systeme mittels eines kommerziellen Optikdesignprogramms zu bewerten und zu optimieren. Sie kennen die Grenzen der Simulation optischer Systeme im PC. Die Studierenden können verschiedene Bewertungsfunktionen.

Inhalt

Dieses Modul besteht aus einem praktischen Teil am PC sowie einer begleitenden Vorlesung, in der den Studenten der Umgang mit dem Simulationswerkzeug vermittelt wird. Inhaltsübersicht: Eingabe einfacher optischer Systeme (Lochkamera, Linse einer Brille), Ziehen realer Strahlen, Bewertung der Abbildungsqualität optischer Systeme, Wellenfrontfehler, Beugung, Optimierung.

8.20 Physikalische Grundlagen von Laserstrahlquellen

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
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden können einen Laser anhand von Vorgaben konzipieren und seine charakteristischen optischen Eigenschaften mathematisch formulieren. Sie sind in der Lage, die mit dem naturwissenschaftlich-technischen oder industriellen Einsatz eines Lasers verknüpften Problemstellungen sicher zu erkennen und Lösungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Sie verstehen, Lichtquellen von quantenoptischer Seite richtig zu beschreiben und einzuordnen. Sie kennen die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Lasers und besitzen einen breit gefächerten Überblick für ihre wissenschaftliche Weiterqualifikation.

Inhalt

Elektromagnetische Strahlung: EM-Spektrum, physikalisch-mathematische Beschreibung im Wellenbild und im Teilchenbild, Polarisation, Polarisation bei Reflexion. Wechselwirkung von Licht mit Materie: Grundzustand und angeregte Zustände, 2-Niveausysteme, induzierte Absorption, induzierte und spontane Emission, nichtstrahlender Zerfall, Kleinsignalverstärkung, Bilanz- oder Ratengleichungen von Besetzungsdichten und Photonen, Einfluss der spontanen Emission auf den optischen Verstärkungsprozess, Möglichkeiten zur Erzeugung von Besetzungsinversion. Funktionsweise/Aufbau von Lasern, Erzeugung von Laserlicht: optischer Pumpprozess, Beschreibung des dynamischen Laserzyklus, 3- und 4-Niveau-Laser, Bedingung für die Laserschwelle und stationärer Betrieb, passiver optischer Resonator, longitudinale Resonatormoden im Wellenlängen- und im Frequenzbild, Möglichkeiten der longitudinalen Modenselektion, stabile und instabile Laserresonatoren, transversale Lasermoden, transversale Gaußsche Grundmode, Fernfeldnäherung, Fernfelddivergenz, Rayleigh-Länge, Beugungsmaß des Strahlprofils. Aufbau und Funktionsweise ausgewählter Lasertypen und ihre Anwendungen: Übersicht zur Klassifizierung verschiedener Lasertypen, verschiedene Gaslaser mit neutralen Atomen, Güteschaltung oder Riesenimpulsbetrieb, Relaxationsoszillationen, Ionenlaser, Excimer-Laser, Photonenstatistik, Bose-Einstein-Verteilung, Poisson-Verteilung, Super-Poisson-Statistik, Übergang Bose-Einstein-Verteilung zur Poisson-Verteilung, Korrelationsfunktionen des Strahlungsfeldes.

8.21 Einführung in die Quantentechnologien I: Grundlagen

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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neeb	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neeb, Ankerhold		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kompetenzen aus Modulen der Theoretischen Physik		
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 konkreter physikalischer und technischer 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.

Inhalt

Wiederholung der wichtigsten Begriffe, Axiome und der daraus folgenden Konsequenzen der nichtrelativisitischen Quantenmechanik, die für der quantitative Verständnis moderner Quantentechnologien nötig sind, insbesondere stationäre Störungstheorie; zeitabhängige Störungstheorie; Dichtematrix-Formalismus; thermodynamische Erwartungswerte; Tensoroperatoren; Eichprinzipien, Eichfreiheit und die elektromagnetische Wechselwirkung in der Quantenmechanik; Identische Teilchen und Spin-Statistik Theorem; Verschränkung; Bell'sche Ungleichung; Einführung in die Quantenkryptographie; Theorie des BB84 Protokolls, Sicherheit; Decoy-States; Kryptographie mit verschränkten Photonen; Einführung in der Quantencomputing; QUBITs; Quantengatter; Deutsch-Algorithmus.

8.22 Einführung in die Quantentechnologien II: Anwendungen

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden gewinnen einen erweiterten Einblick in die technischen Möglichkeiten, die durch die konsequente Anwendung und Nutzung quantenmechanischen Prinzipien entstehen und lernen aktuelle Entwicklungen in diesem Gebiet kennen. Sie erhalten Einblicke in unterschiedliche Ansätze zur Lösung identischer Probleme, erlernen deren kritische Analyse und deren Grenzen der praktischen Umsetzbarkeit. Die Studierenden werden in der Lage sein, aktuelle Originalliteratur aus den Themengebieten Quantenkryptographie und Quantencomputing zu studieren und zu verstehen. Sie gewinnen praktischen Erfahrung mit den entsprechenden Technologien.

Inhalt

Teil 1 – Superconducting Quantum Computing: Einführung in die Phänomene der Supraleitung; Meißner-Effekt und Flussquantisierung; Josephson-Effekt, Phasenänderung der Wellenfunktion; Josephson-Junctions (JJ); Nichtlineare Energie und Induktivität; JJ als Bauelemente in Schwingkreisen; Anharmonischer quantenmechanischer Oszillator; Phasenquantisierung und Hamiltonean; Transmon QUBITs; Aharonov-Bohm Effekt und SQUIDs, SQUIDs und Tunability durch Bias-Flux; Flux-Noise; Split-Transmons und C-Shunted Fluxonium; Ansteuerung und Auslesung von supraleitenden QUBITs; Hohlraumresonatoren.
Teil 2 – Photonic-based Quantum Computing:
Teil 3 – Anwendungen in der Medizin- und Biophysik: Spin-Temperature; Ratengleichungen; adiabatische Demagnetisierung; Dipolare Wechselwirkung; Grundlagen der NMR Relaxationstheorie; Das „Gitter“, quantenmechanisch betrachtet; Molekulare Dynamik vs. Relaxation; Herleitung der T1- und T2-Relaxationsraten; Redfield-Gleichungen; Cross-Relaxation und dessen Bedeutung in der MRT Bildgebung.

8.23 Lasermedizin und biomedizinische Optik

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):	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 kennen die grundlegenden Wechselwirkungen zwischen Licht und Gewebe. Sie verstehen optische Diagnosemethoden und können diese anwenden. Die grundlegende Funktion eines Lasers ist bekannt und es können für therapeutische Anwendungen passende Lasersysteme ausgewählt und parametrisiert werden. Sie lernen den Aufbau von optischen Systemen. 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, zeitaufgelöste Methoden, Fluoreszenzspektroskopie und photodynamische Therapie, Funktion und grundlegende Eigenschaften eines Lasers, Lichtleitsysteme, Anwendungsszenarien der Lasermedizin und biomedizinischen Optik.

9 Wahlmodule Technomathematik

9.1 Physik und Technik der Strahlentherapie

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
	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

Studierende kennen die Geräte zur Teletherapie, Brachytherapie, Röntgentherapie und Partikeltherapie; sie kennen die klinisch dosimetrischen Verfahren und deren Durchführung; Studierende sind in der Lage, die Auswahl der Bestrahlungstechniken nachzuvollziehen und kennen die wichtigsten Algorithmen zur Dosisberechnung in der Bestrahlungsplanung; sie haben Basiswissen über die Voraussetzungen und Durchführung klinischer Therapieverfahren (perkutane Therapie, intraoperative Therapie, Brachytherapie) und Kenntnisse der Qualitätssicherung von Geräten und Verfahren. Die Studierenden kennen die IT-Systeme in der Strahlentherapie sowie die Struktur von Klinikmanagement und elektronischer Patientenakte. Die Studierenden verfügen nach erfolgreichem Abschluss des Moduls über das physikalischtechnische Basiswissen, als Grundlage für wissenschaftliche und klinische Arbeit (Medizinphysikexperte) in der Strahlentherapie.

Inhalt

Physik und Technik von Bestrahlungsgeräten (Linearbeschleuniger, Ringbeschleuniger (Zyklotron), Radioaktive Quellen (Brachytherapie, Afterloading, Seed-Applikation), Röntgentherapiegeräte; Grundlagen von Teletherapie, Röntgentherapie und Brachytherapie; klinische Dosimetrie ionisierender Strahlung, Detektoren, Dosimetrieprotokolle; Bestrahlungstechniken und Bestrahlungsplanung; Dosisberechnungsverfahren mit Photonen, Elektronen, Hadronen; Qualitätssicherung von Geräten und Verfahren; Sicherheitssysteme; Bildgebung in der Strahlentherapie; Image Guidance (kV/MV Bildgebung). Vertiefung Strahlenbiologie: Risikoorgane, Toleranzdosen, therapeutisches Behandlungsfenster (Dosis- und Dosisrateneffekte), Individuelle Strahlenempfindlichkeit; biologische Strahlenwirkung und Toxizität bei der Strahlentherapie; Zielvolumendefinition nach ICRU; Rechtsvorschriften, Normen und Leitlinien auf dem Gebiet der Strahlentherapie, des Strahlenschutzes und der Qualitätssicherung; behördliche Verfahren und Überprüfungen, Meldepflichten; Aufgaben eines Medizinphysikexperten. Vertiefung: IT-Systeme, Bildarchivierung und Datenaustausch in der Strahlentherapie: Aufbewahrungspflichten; internationale Standards und Datenformate (DICOM, HL7); Klinikmanagement: PACS, KIS und elektronische Patientenakte (EPA) für die Strahlentherapie.
Geplant sind auch Gast-Vorträge von Fachärzten.

Praktikumsinhalt

Praktische Aufgaben und Laborversuche aus den Bereichen: Bestrahlungsplanung, Dosimetrie ionisierender Strahlung, Strahlenschutz. Zusätzlich ist geplant, einen Teil des Praktikums im Rahmen des Besuchs einer Strahlentherapie (Klinik oder Praxis) zur Demonstration von Therapiegeräten, physikalisch-technischen und medizinischen Behandlungsabläufen durchzuführen.

Bemerkungen

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 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.

9.2 Analyse funktioneller und struktureller MRT-Bildgebungsdaten

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierende sollen im Rahmen der Veranstaltung lernen, funktionelle und strukturelle Hirnbildgebungsdaten (vor) zu verarbeiten und auszuwerten. Sie kennen moderne Vorverarbeitungsverfahren der funktionellen und strukturellen Hirnbildgebung. erkennen Artefakte und Probleme. Sie können Bilddaten sowohl auf individueller als auch auf Gruppenebene auswerten. Sie kennen die statistischen Probleme, die bei der Auswertung großer Datenmengen entstehen, und wissen, welche Verfahren anzuwenden sind, um das Problem der „Multiplen Vergleiche“ adäquat angehen zu können, deren physikalische Funktionsweise und die damit verbundenen Herausforderungen. Sie können typische Auswertemethode implementieren und in Projekten einsetzen. Sie können Konzepte und Methoden auswählen und in Projekten der medizinische Hirnbildgebung und ähnlichen Gebieten einsetzen.

Inhalt

Vorlesung: Die Veranstaltung gibt zunächst eine Einführung in das Verständnis, die Aufgaben und die Schwierigkeiten der modernen funktionellen Gehirnbildgebung. Der Aufbau von medizinische Bilddateien wird genauso besprochen wie die wichtigsten Datenformate. Ausgehend von den physiologischen Grundlagen der funktionellen Hirnbildgebung wird das Preprocesing der Daten Schritt für Schritt entwickelt und die Auswertung funktioneller Daten besprochen. In dem zweiten Teil der Vorlesung werden Verfahren besprochen, mit Hilfe derer sich strukturelle Bildgebungsdaten analysieren lassen. Anhand von konkreten Beispielen werden verschiedene Anwendungen beispielhaft vorgestellt und in ihren wissenschaftshistorischen Kontext gestellt.
Themen: Physiologische Prozesse bei lokaler Hirnaktivität, Experiment von Moro der BOLD Effekt, Ablauf einer funktionellen MRT-Experiments, Aufnahme von Zeitreihen, Bewegungskorrektur, „Slice-timing“, B0-Korrektur, Normalisierung, statistische Auswertung von funktionellen MRT-Daten: das allgemeine lineare Modell, Einzelanalysen vs. Gruppenanalysen, die Statistische Analyse, Problem der Multiplen Vergleiche, ROI-Analysen, Vermessung struktureller Bildgebungsdaten, Historischer Überblick (Phrenologie), Handmorphmetrie, Voxel-basierte Morphometrie (VBM), Oberflächenbasierte Morphometrie.

Praktikumsinhalt

In Form eines Praktikums werden mit Hilfe öffentlich verfügbarer Daten die in der Vorlesung besprochenen Verfahren angewendet.

9.3 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):	Junglas	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Junglas, N.N.		
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. Wiegelmann, Softwareentwicklung in C für Mikroprozessoren und Mikrocontroller, Hüthig

10 Profilmodule Data Science

10.1 Themen der Informatik

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: Hausarbeit oder 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:	jedes dritte Semester, nach Möglichkeit aber häufiger	Standort:	RAC
Lehrende:	Fiedler, Jaekel, Neidhardt, Schmidt		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundlagen der Programmierung		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Kenntnis wichtiger Prinzipien der Informatik und 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 die Folgenden gehören: Datenstrukturen und Algorithmen (z. B. Sortieralgorithmen oder graphentheoretische Algorithmen), Transaktionssysteme, Kryptologie, Software-Engineering, Künstliche Intelligenz.

Bemerkungen

Welches Themengebiet jeweils behandelt wird, wird rechtzeitig vor Beginn des Moduls bekannt gegeben. Dieses Modul ist ein Wahlpflichtmodul 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
Cormen, Leiserson, Rivest, Stein: Algorithmen - Eine Einführung, 4. Aufl., Oldenbourg, 2013
Kemper, Eickler: Datenbanksysteme, 10. Aufl., De Gruyter, 2015
Sommerville: Software Engineering, 9. Aufl., Pearson Studium, 2012
Stuart Russell, Peter Norvig: Künstliche Intelligenz, Pearson Studium, 3. Aufl., 2012
Johannes Buchmann: Einführung in die Kryptographie, Springer, 6. Aufl., 2016

10.2 Computer Vision

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 Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Dellen	Sprache:	Englisch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Dellen, N.N.		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Programmierkenntnisse		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Artificial Intelligence, M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden verstehen die Funktionsweise von Computer-Vision Methoden zur Verarbeitung und Analyse von digitalen Bildern und können diese im konkreten Anwendungskontext einsetzen. Die Studierenden können Computer-Vision-Methoden einsetzen, um abstrakte (symbolische) Information, z. B. in der Form von Entscheidungen, aus (hochdimensionalen) Bilddaten zu extrahieren. Die Studierenden können abstrakte Algorithmen in einer konkreten Programmiersprache implementieren.

Inhalt

Eine Auswahl von Verfahren aus folgenden Themenbereichen: Grundlegende Methoden der Bildverarbeitung, Lokale Bilddeskriptoren (z. B. Harris, Sift), Bild-zu-Bild Abbildungen (Homographien), Clustering, Klassifikation, Bildsegmentierung (z. B. Graph Cuts), Bildsegmentierung und Labeling mit neuronalen Netzen, Stereoalgorithmen und 3D Rekonstruktion, Bewegungsanalyse und Tracking.

Literatur

J. E. Solem, Programming Computer Vision with Python, O'Reilly Media
R. Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer.
D. A. Forsyth, J. Ponce, Computer Vision: A Modern Approach, Pearson.
R. Gonzales, R. Woods, Digital Image Processing, Prentice Hall, 1996.

10.3 Parallel Computing

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: Hausarbeit
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	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 parallalization, 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 or others), 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

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

10.4 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, Pakusa, Assenov		
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

10.5 Forschungsprojekt Datenanalyse

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 oder Vortrag
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Inhalt

Bemerkungen

Das Modul wird evtl. als Ergänzung zu oder in Kombination mit einem Forschungsprojekt angeboten

Literatur

Fachliteratur und Publikationen je nach behandeltem Gebiet

10.6 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:	RAC
Lehrende:	Friemert, N.N.		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	B. Sc. Technoinformatik, 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 hunderten 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.

10.7 Quantum Computing and Quantum Information

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
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Jaekel	Sprache:	Englisch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, N.N.		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	A good understanding of basic linear algebra and elementary probability theory is required. Knowledge of quantum mechanics is helpful, but not required for this course.		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

This course provides an introduction to the fundamentals of quantum computing and quantum information. After completion of the module, the students are equipped with the tools to understand and replicate the most important algorithms in quantum computing and to read recent research papers in this field. They are able to implement quantum algorithms and test them both on simulators on classical computers and on real quantum devices accessible in the cloud. They can explain some vulnerabilities of classical cryptography to quantum computing and understand how quantum cryptography can improve the security of communication.

Inhalt

Discrete quantum systems and quantum bits. Quantum registers and quantum gates. Entanglement, Bell's inequality and teleportation. Deutsch-Josza algorithm, Simon's problem, superdense coding. Quantum cryptography. Grover algorithm 1. Grover algorithm 2. Shor algorithm 1. Shor algorithm 2. Complexity theory. Quantum error correction. Variational quantum circuits. Selected applications (Simulation of quantum systems, quantum machine learning, finance, chemistry).

Literatur

Michael A. Nielsen and Isaac Chuang, Quantum Computation and Quantum Information.
John Preskill, Lecture Notes for Physics 219/229: Quantum Computation.
Pillip Kaye, Raymond Laflamme, and Michele Mosca, An Introduction to Quantum Computing.
Michel Le Bellac, A Short Introduction to Quantum Information and Quantum Computation.
Matthias Homeister, Quantum Computing verstehen.

10.8 Mathematische Logik

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 Klausur
	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		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erhalten einen tiefen Einblick in die mathematische Logik, lernen neue Beweistechniken kennen und anzuwenden, und erfahren, wo die prinzipiellen Grenzen der Logik und somit der Mathematik liegen. Dadurch erweitern sie ihre methodischen Fähigkeiten und ihre mathematische Allgemeinbildung.

Inhalt

Spätestens seit Aristoteles beschäftigen sich Philosophen mit der Logik, also der Frage, wie Argumentationsketten aufgebaut werden können, um wahre Sachverhalte zu begründen. Seit etwas mehr als 100 Jahren beschäftigen sich Mathematiker damit, die Logik zu formalisieren, um somit das Fundament der Mathematik zu festigen. In dieser Veranstaltung werden wir uns ansehen, wie Logik formalisiert werden, untersuchen, was innerhalb der Logik ausgedrückt werden kann, Kalküle kennenlernen, die es erlauben in der Logik zu argumentieren, und die Grenzen der Logik (und der Mathematik) ausloten.

10.9 Advanced Data Science

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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	–
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	N.N.	Sprache:	Englisch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Jaekel, Dellen, Pakusa, Assenov, Welsch		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben einen Überblick über fortgeschritten Methoden der Data Science. Damit werden sie in die Lage versetzt, aktuelle Forschungsliteratur eigenständig zu verfolgen sowie zeitgemäße Methoden auszuwählen und anzuwenden zu können.

Inhalt

In diesem Modul werden fortgeschritten Methoden und Konzepte aus dem Themenbereich Data Science, Statistik und Data Engineering besprochen, wobei besonders relevante oder besonders aktuelle Themen ausgewählt werden. Für den Bereich Data Engineering ist die Thematik Big Data sowie das Erstellen vertrauenswürdiger und robuster Datenpipelines und deren Automatisierung zu nennen. Mögliche Themen aus Statistik und Data Science sind ausgewählte Methoden oder Modellklassen (z. B. kausale Inferenz, robuste Schätzungen, hochdimensionale Statistik, Bootstrap und Resampling). Auch Themen wir Kalibrierung, Environment- and Distribution Shift zur Validierung und Anpassung von Modellen werden besprochen.

11 Sonstige Wahlmodule

11.1 Auslandslehrveranstaltung

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: s. Bemerkungen
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neuhäuser	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	ausländische Hochschule
Lehrende:	Lehrende an einer ausländischen Hochschule, s.a. Bemerkungen		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

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

11.2 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: Hausarbeit oder Klausur oder mündliche Prüfung
	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.

11.3 Variationsrechnung und optimale Steuerung

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 Klausur oder mündliche Prüfung
	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		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Bacherlorverlesungen Mathematik in Analysis, Linearer Algebra, Wahrscheinlichkeitstheorie und Numerik.		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden können mit Hilfe der Variationsrechnung Zusammenhänge zwischen Extremalprinzipen und gewöhnlichen und partiellen Differentialgleichungen herleiten. Sie können damit praktische Probleme, wie z. B. die Ermittlung von geodätischen Kurven oder Probleme der klassischen Mechanik lösen. Sie sind in der Lage, aus Symmetrien auf Erhaltungssätze (Energie, Impuls, Drehimpuls) zu schließen und diese sinnvoll zur Lösung von Differentialgleichungen zu nutzen. Daneben sind die Studierenden fähig, diskrete Probleme der optimalen Steuerung mit Hilfe der dynamischen Programmierung zu lösen. Durch Erweiterung der Variationsrechnung für Steuerungsprobleme können sie die Verfahren auch für kontinuierliche Probleme nutzbar machen und diese auf Beispiele aus der Technik, Biomathematik und Wirtschaft anwenden.
Optional können Anwendungen der fundamentalen Prinzipien der Variationsrechnung und optimalen Steuerung auf die Quantenfeldtheorie, allgemeine Relativitätstheore und Quantentechnologien diskutiert werden.

Inhalt

Variationsrechnung und Euler-Lagrangesche Differentialgleichung, Erhaltungssätze und Noether-Theorem; Klassische Mechanik, Geodätische Linien; Dynamische Programmierung, Hamilton-Jacobi-Bellmann-Gleichung, Pontryaginsches Minimumprinzip; Anwendungen aus den Naturwissenschaften, sowie der Bio-, Wirtschafts- und Technomathematik.

Literatur

H. Fischer, H. Kaul, Mathematik für Physiker Band 3, Variationsrechnung - Differentialgeometrie - Mathematische Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie, Springer, 2017.
D.P. Bertsekas, Dynamic Programming and Optimal Control, Athena Scientific, 2005
S.P. Sethi, G.L. Thompson, Optimal Control Theory, Springer, 2006

11.4 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: mündliche Prüfung oder Hausarbeit
	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

11.5 Ausgewählte Themen der reinen Mathematik

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: mündliche Prüfung oder Klausur
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	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.

11.6 Ausgewählte Themen der Stochastik

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: mündliche Prüfung oder Klausur
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	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.

11.7 Ausgewählte Themen der Numerik

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: mündliche Prüfung oder Klausur
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erhalten einen Einblick in ein Spezialgebiet der Numerik 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 Numerik sind:
a) Fortgeschrittene Methoden zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen wie Mehrschrittmethoden, symplektische Methoden oder Methoden für DAEs anhand des Buches „Solving Ordinary Differential Equations I+II“ von E. Hairer et al.
b) Fortgeschrittene Methoden zur Lösung partieller Differentialgleichungen wie unstetige Galerkin Methoden oder netzfreie Methoden anhand des Buchs „Mesh Free Methods“ von G.R. Liu.
c) Fortgeschrittene Approximationsmethoden wie Pade-Approximation oder Orthogonal- und Zernike-Polynome anhand des Buchs „Numerical Methods III: Approximation of Functions“ von B.Obsieger.
d) Geometrische Modellierung und Netzgenerierung anhand des Buchs „Geometry and Topology for Mesh Generation“ von H. Edelsbrunner.

11.8 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: mündliche Prüfung oder Klausur
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

Modulbeauftragte(r):	Neidhardt	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	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 geisteswis- senschaftlichen 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.

11.9 Astronomie und Astrophysik

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: Hausarbeit und Vortrag
	Seminar	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Praktikum	–	k.A.	90	45	3	
	Selbststudium			15	–	0,5	–
Summe	–	–	–	150	90	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erlangen ein tiefergehendes Verständnis für die Grundlagen von Astronomie und Astrophysik. Sie haben die Fähigkeit zur Planung und Durchführung von Deep Sky-, Lunar-, Planeten- und Sonnenbeobachtungen mit optischen Beobachtungs- und Kamerasystemen, sowie anschließender Bildbearbeitung und -auswertung. Sie kennen die Grundlagen der Methoden der beobachtenden Astronomie außerhalb des Bereiches des sichtbaren Lichts, wie Radio-, Röntgen- Neutrino- und Gravitationswellenastronomie und verstehen, welche astrophysikalischen Fragestellungen mit ihnen untersucht werden.

Inhalt

Grundlagen der beobachtenden Astronomie, Himmelsmechanik, Grundlagen der Astrophysik, Aufbau der Sterne und anderer astronomischer Objekte, Beobachtungsinstrumente und -verfahren, Fragestellungen der modernen Astrophysik.

Bemerkungen

Das Praktikum kann durch ein Projekt ersetzt werden.

Literatur

A. Hanslmeier, Einführung in Astronomie und Astrophysik, Springer
A.Weigert, Astronomie und Astrophysik, Wiley-VCH
Neil F. Comins, Astronomie, Spektrum
M.E. Bakich, The Cambridge Encyclopedia of Amateur Astronomy

11.10 Computervisualistik

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.	45	15	1,5	SL: Testate
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Friemert	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Friemert, Hartmann		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	B. Sc. Künstliche Intelligenz (dual und nicht-dual), B. Eng. Software Engineering (dual und nicht-dual), 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 programmiertechnische 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.

11.11 Projekt Angewandte Mathematik

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Projekt	–		450	15	15	PL: Hausarbeit mit mündlicher Prüfung
Summe	–	–	–	450	15	15	–

Modulbeauftragte(r):	Studiengangsleiter(in)	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach individueller Absprache	Standort:	RAC (und extern)
Lehrende:	alle Dozenten des Fachbereichs		
Zwingende Voraussetzungen:	mindestens 30 LP		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden werden an aktuelle Themen in Anwendung oder Forschung herangeführt. Sie können sich selbstständig, auch mit Hilfe von Fachliteratur, in die Thematik einarbeiten. Sie sind in der Lage, ggf. fächerübergreifende Fragestellungen zu verstehen und mathematisch gemäß guter wissenschaftlicher Praxis zu formulieren und/oder programmiertechnisch zu implementieren. Sie können fachliche und sachbezogene Lösungsvorschläge einschätzen, selbstständig umsetzen und Ergebnisse beurteilen. Sie können diese im Diskurs mit Fachleuten sowie Fachfremden mit theoretisch und methodisch fundierter Argumentation begründen. Sie können Inhalte aus den fortgeschrittenen Bachelormodulen und/oder Mastermodulen anwenden und erweitern.

Inhalt

Die Studierenden arbeiten mindestens zehn Wochen durchgehend, oder in Teilzeit entsprechend länger, z.T. unter Anleitung, an einem Projekt im Spektrum der fortgeschrittenen angewandten Mathematik. Das kann ein wissenschaftliches Projekt am Fachbereich Mathematik, Informatik, Technik am RAC, einem anderen Hochschulstandort oder einer wissenschaftlich-technischen Institution, auch im Ausland, sein. Das Modul kann ebenfalls ein Projekt in der aktuellen Anwendung in einem Unternehmen im In- oder Ausland sein. Die Studierenden bewerben sich selbstständig und stimmen Inhalte, Umfang, Zeithorizont und die genauen Prüfungsgegenstände mit der dieses Modul betreuenden Person und ggf. weiteren betreuenden Personen ab. Die Inhalte müssen eine ausreichende Überschneidung mit Themen eines Masters zur angewandten Mathematik aufweisen. Es gibt keinen Anspruch auf eine individuelle Durchführung dieses Projekt-Moduls. Die anzufertigende Hausarbeit muss den Maßstäben guter wissenschaftlicher Praxis genügen. Sie kann auch in englischer Sprache abgefasst werden. Das Projekt kann der Vorbereitung einer Masterarbeit im gleichen Themenbereich dienen.