Modulhandbuch
für den kooperativen Masterstudiengang
M. Sc. Applied Physics

2026-09-24

Hochschule Koblenz Campus Remagen
Fachbereich Mathematik, Informatik, Technik
und
Universität Koblenz
Fachbereich 3: Mathematik/Naturwissenschaften

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **5**

2 Pflichtmodule **7**
2.1 Höhere Mathematik . . . 7
2.2 Atomphysik . . . 8
2.3 Molekülphysik . . . 10
2.4 Kern- und Teilchenphysik . . . 11
2.5 Theoretische Physik 1: Theoretische Mechanik, Elektrodynamik (03PH1109) . . . 12
2.6 Theoretische Physik 2: Quantentheorie, statistische Physik und Thermodynamik (03PH2110) 13
2.7 Masterarbeit (MA) . . . 14
2.8 Kolloquium . . . 15

3 Wahlpflichtmodule Physics of Matter (03PH2903) **16**
3.1 Solid State Physics (03PH2501) . . . 16
3.2 Materialphysik (03PH2901) . . . 17

4 Schwerpunktmodule Lasertechnik und Optische Technologien **18**
4.1 Computervisualistik . . . 18
4.2 Physikalische Grundlagen von Sensoren . . . 19
4.3 Röntgenphysik . . . 20
4.4 Röntgenoptik . . . 21
4.5 Nichtlineare Optik I: Grundlagen . . . 22
4.6 Nichtlineare Optik II: Ultrakurze Laserpulse . . . 23
4.7 Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung . . . 24
4.8 Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse . . . 26
4.9 Methoden der Fernerkundung . . . 27
4.10 Laserfertigungstechnik . . . 28
4.11 Optiksimulation . . . 29
4.12 Physikalische Grundlagen von Laserstrahlquellen . . . 30
4.13 Lasermedizin und biomedizinische Optik . . . 31
4.14 Forschungsprojekt (Research Project) LOT . . . 32

5 Profilwahlpflichtmodule Material- und Grenzflächenphysik **33**
5.1 Surface Science (03PH2503) . . . 33
5.2 Polymer Science (03PH2505) . . . 34
5.3 Ceramic Materials (03CH2907) . . . 35
5.4 Physics of Metals (03PH2403) . . . 36

6 Schwerpunktmodule Material- und Grenzflächenphysik **37**
6.1 Modellieren, Simulieren und Optimieren (V) (03MA2401) . . . 37
6.2 Applied Theoretical Physics (03PH2504) . . . 38
6.3 Röntgenphysik . . . 39
6.4 Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung . . . 40
6.5 Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse . . . 42
6.6 Magnetresonanztomographie . . . 43
6.7 Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik . . . 44
6.8 Aktuelle Fragen der Physik, Current Issues of Physics (03PH2402) . . . 45
6.9 Forschungsprojekt (Research Project) MGP . . . 46

7 Schwerpunktmodule Medizintechnik und Sportmedizinische Technik **47**
7.1 Medizinische Bild- und Signalverarbeitung . . . 47
7.2 Medizinische Bildverarbeitung (04CV2002) . . . 48
7.3 Computervisualistik . . . 49
7.4 Physikalische Grundlagen von Sensoren . . . 50
7.5 Dosimetrie ionisierender Strahlung und Strahlenschutz in Medizin und Technik . . . 51
7.6 Ultraschallbildgebung . . . 53
7.7 Röntgenphysik . . . 54
7.8 Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung . . . 55
7.9 Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse . . . 57
7.10 Magnetresonanztomographie . . . 58
7.11 Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik . . . 59
7.12 Physik und Technik der Strahlentherapie . . . 60
7.13 Sportmedizin 1 (03SP2901) . . . 62
7.14 Sportmedizin 2 (03SP2902) . . . 64
7.15 Analyse funktioneller und struktureller MRT-Bildgebungsdaten . . . 65
7.16 Biomechanische Simulationen . . . 66
7.17 Applied Deep Learning . . . 67
7.18 Funktionale Sicherheit . . . 68
7.19 Exercise Neuroscience . . . 69
7.20 Fortgeschrittene Leistungsphysiologie . . . 70
7.21 Compliance medizinischer Produkte . . . 72
7.22 Lasermedizin und biomedizinische Optik . . . 74
7.23 Forschungsprojekt (Research Project) MTSMT . . . 75

8 Profilwahlpflichtmodule Scientific Computing **76**
8.1 Parallel Computing . . . 76
8.2 Modellieren, Simulieren und Optimieren (V) (03MA2401) . . . 77
8.3 Wissenschaftliches Rechnen und Simulation . . . 78
8.4 Applied Machine Learning . . . 79

9 Schwerpunktmodule Scientific Computing **81**
9.1 Medizinische Bild- und Signalverarbeitung . . . 81
9.2 Computer Vision . . . 82
9.3 Variationsrechnung und optimale Steuerung . . . 83
9.4 Künstliche Intelligenz . . . 84
9.5 Medizinische Bildverarbeitung (04CV2002) . . . 85
9.6 Computervisualistik . . . 86
9.7 Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung . . . 87
9.8 Applied Differential Equations (03MA2501) . . . 89
9.9 Bildverarbeitung 1 (04CV1001) . . . 90
9.10 Bildverarbeitung 2 (04CV1002) . . . 91
9.11 Mikrocontrollertechnik . . . 92
9.12 Computer Aided Design . . . 93
9.13 Moderne Objektorientierte Programmierung . . . 94
9.14 Biomechanische Simulationen . . . 95
9.15 Softwaretechnik . . . 96
9.16 Quantum Computing and Quantum Information . . . 98
9.17 Applied Deep Learning . . . 99
9.18 Optiksimulation . . . 100
9.19 Computational Methods in Radiation Medical Physics: Radiotherapy and Medical Imaging 101
9.20 Einführung in die Quantentechnologien I: Grundlagen . . . 102
9.21 Einführung in die Quantentechnologien II: Anwendungen . . . 103
9.22 Computermodelle für die Angewandte Physik mit Python . . . 104
9.23 KI auf eingebetteten Systemen . . . 105
9.24 Forschungsprojekt (Research Project) SC . . . 106

9.25 Aktuelle Themen der Kryptografie 107

10 Wahlmodule **108**
10.1 Auslandslehrveranstaltung 108
10.2 Kontinuumsmechanik 109
10.3 Relativitätstheorie 110
10.4 Quantenfeldtheorie 111
10.5 Astronomie und Astrophysik 112
10.6 Statistik für Naturwissenschaftler und Ingenieure 113
10.7 The New Venture Technology Project 114

1 Einleitung

Im Folgenden sind alle Module und deren Veranstaltungen zusammen mit den Leistungspunkten (LP) nach dem ECTS des jeweiligen Moduls für den Masterstudiengang zusammengestellt. Die Leistungspunkte pro Modul umfassen die Zeiten für Workload, Kontaktzeit und Selbststudium nach der Formel 1 LP = 30 h.

Da die Arbeitsbelastung der Studierenden in Bezug auf Vor- und Nachbereitung stark zwischen den einzelnen Veranstaltungsformen variiert, ist kein einheitlicher Zuordnungsfaktor von Leistungspunkten und Lehrzeiten (SWS) vorhanden. Die angegebenen Kontaktzeiten in Zeitstunden resultiert aus der Abschätzung 1 SWS = 15 h.

Vorlesungen und Übungen werden getrennt ausgewiesen. Sollte es sich um Vorlesungen mit integrierten Übungen handeln, so ist dies an dem vorhandenen, identischen Kürzel für die Lernformen zu erkennen. Das Verhältnis zwischen dem Aufwand für die Vorlesung und für die Übung stellt in dem Fall einen Richtwert dar und kann in der Praxis davon abweichen.

Für den Masterstudiengang stehen 24 SWS in Pflichtmodulen und durchschnittlich 31 SWS in Schwerpunktmodulen und Wahlmodulen insgesamt 90 LP gegenüber. Dazu kommen 30 LP für die Masterarbeit und das Kolloquium.

Als Unterrichtssprache wird Deutsch oder Englisch verwendet. Die Sprache oder evtl. Wahlmöglichkeiten in der Sprache sind in jedem Modul angegeben.

Die Lehre findet an der Universität Koblenz und dem Campus Remagen der Hochschule Koblenz statt. In jedem Modul ist der Lehrort angegeben.

Die Masterarbeit muss im Schwerpunkt geschrieben werden, der Schwerpunkt umfasst mindestens Lehrveranstaltungen im Umfang von 30 LP. Mindestens 10 LP müssen außerhalb des gewählten Schwerpunktes und der Pflichtmodule absolviert werden.

Die Gewichtung eines Moduls entspricht der Anzahl der Leistungspunkte des Moduls im Verhältnis zur Gesamtzahl der im Studiengang zu erwerbenden Leistungspunkten.

Alle Module sind auf die Dauer eines Fachsemesters begrenzt.

Die für einige Module erforderliche Laserschutzbelehrung wird jedes Semester zu Beginn der Vorlesungszeit durchgeführt.

Schwerpunktmodule eines Schwerpunktes können auch als Wahlmodule der beiden anderen Schwerpunkte gewählt werden.

Es werden folgende Abkürzungen verwendet:

LP:	Leistungspunkt
ECTS:	European Credit Transfer System
Gr.-größe:	Gruppengröße
Kont.-zeit:	Kontaktzeit
PL:	Prüfungsleistung
SL:	Studienleistung
SWS:	Semesterwochenstunde
h:	Zeitstunde
RAC:	Campus Remagen der Hochschule Koblenz in Remagen
UniKob:	Universität Koblenz

Die Modulnamen sind farbig dargestellt. Anhand der Farbe lässt sich schnell ablesen, wann bzw. wie oft ein Modul angeboten wird:

blau:	im Wintersemester
grün:	im Sommersemester
schwarz:	jedes Semester
magenta:	jedes dritte Semester
grau:	nach Bedarf und Möglichkeit

2 Pflichtmodule

2.1 Höhere Mathematik

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Im Applied Physics Studium werden in den physikalischen Vorlesungen vermehrt sehr komplexe mathematische Werkzeuge eingesetzt (etwa Spektraltheorie in der Quantenmechanik). Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden sicher mit diesen Werkzeugen umgehen. Sie haben ein tieferes Verständnis dieser Werkzeuge gewonnen und können sie in Bezug setzen zu ihren grundlegenden Mathematikkenntnissen aus den Bachelor-Studiengängen. Sie können die einzelnen Verfahren und Methoden aus diesen Kenntnissen ableiten und selbständig analysieren. Die Studierenden sind in der Lage mathematische Probleme im Bereich der behandelten Fragestellungen zu analysieren und können adäquate Methoden zu deren Lösung selbständig identifizieren, durchführen und bewerten.

Inhalt

Spektraltheorie: Eigenwerte und Eigenvektoren, Orthogonalprojektionen, Skalarprodukte.
Numerische Lineare Algebra: QR- und Singulärwertzerlegungen.
Approximation und Interpolation: Lagrange-Interpolation, Splines, lineare und nichtlineare Ausgleichsprobleme.
Stochastik: Deskriptive Statistik, Zufallsvariablen, Verteilungsmodelle, einfache Schätzer.

2.2 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

2.3 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

2.4 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.

2.5 Theoretische Physik 1: Theoretische Mechanik, Elektrodynamik (03PH1109)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1 oder 2	Vorlesung	3511091	36	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur
	Übung	3511092	36	15 (1 SWS)	15	0,5	SL: regelmäßige Teilnahme
	Selbststudium			150	–	5	–
Summe	–	–	–	210	60	7	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen die grundlegenden Konzepte, Methoden und Denkweisen der theoretischen Physik in den Hauptthemen der Mechanik, und Elektrodynamik. Sie verstehen das Wechselspiel von Theoretischer Physik und Experimentalphysik in diesen Bereichen. Sie kennen den Beitrag der Theoretischen Physik zu Begriffsbildung und Begriffsgeschichte entlang der Fachstruktur der Theoretischen Physik. In Modul 03PH1109 entwickeln die Studierenden dies im Bereich der Mechanik und Elektrodynamik. Sie beherrschen die wichtigsten Arbeitsstrategien und Denkformen der Theoretischen Physik in den Mechanik und Elektrodynamik.
Die Studierenden lernen neben der Behandlung bekannter Einzelthemen eine übergeordnete Perspektive einzunehmen und lernen damit das Wesen von Physik zu verstehen. Sie erkennen die spezifische Kultur- und Zivilisationsbeitrag der Theoretischen Physik und können ihr gedankliches Arsenal an Arbeitsstrategien und Denkformen und ihre Kulturverflechtung an Beispielen zu verdeutlichen.

Inhalt

Theoretische Mechanik: Lagrange-Mechanik, Hamilton-Mechanik, Drehungen, Fermatsches Prinzip, optional: Nichtlineare Dynamik und chaotische Systeme, Allgemeine Relativitätstheorie. Elektrodynamik: Maxwellgleichungen, elektromagnetische Wellen, Poynting-Vektor, Strahlung von bewegten Ladungsverteilungen.

2.6 Theoretische Physik 2: Quantentheorie, statistische Physik und Thermodynamik (03PH2110)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	3521101	36	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur
	Übung	3521102	36	15 (1 SWS)	15	0,5	SL: regelmäßige Teilnahme
	Selbststudium			150	–	5	–
Summe	–	–	–	210	60	7	–

Modulbeauftragte(r):	N.N.	Sprache:	Deutsch/Englisch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Zimmerschied		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Theoretische Physik 1 (03PH1109)		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen die grundlegenden Konzepte, Methoden und Denkweisen der theoretischen Physik in den Hauptthemen Quantentheorie, statistische Physik und Thermodynamik. Sie verstehen das Wechselspiel von Theoretischer Physik und Experimentalphysik in diesen Bereichen. Sie kennen den Beitrag der Theoretischen Physik zu Begriffsbildung und Begriffsgeschichte entlang der Fachstruktur der Theoretischen Physik. In Modul 03PH2110 entwickeln die Studierenden dies im Bereich der Quantentheorie, statistische Physik und Thermodynamik. Sie beherrschen die wichtigsten Arbeitsstrategien und Denkformen der Theoretischen Physik in den Quantentheorie, statistische Physik und Thermodynamik.
Die Studierenden lernen neben der Behandlung bekannter Einzelthemen eine übergeordnete Perspektive einzunehmen und lernen damit das Wesen von Physik zu verstehen. Sie erkennen die spezifische Kultur- und Zivilisationsbeitrag der Theoretischen Physik und können ihr gedankliches Arsenal an Arbeitsstrategien und Denkformen und ihre Kulturverflechtung an Beispielen zu verdeutlichen. Modul 03PH2110 entwickelt die bereits in Modul 03PH1109 angelegten Fähigkeiten fort.

Inhalt

Quantentheorie: Postulate und mathematischer Formalismus der Quantentheorie, Schrödingergleichung, Eigenwerte und -zustände, zeitliche Entwicklung, Orts- und Impulsdarstellung, Schrödingerbild, Heisenbergbild, eindimensionale Probleme, unitäre Transformationen und Symmetrien, Drehimpuls, Spin, Addition von Drehimpulsen, Spin-Bahn-Kopplung, Wasserstoffatom, harmonischer Oszillator, Pfadintegral-Formulierung, identische Teilchen, Interpretation und Information in der Quantenphysik, Quantenmechanik geladener Teilchen, Zusammenhang zur klassischen Physik, Störungstheorie, Streuamplitude und Wirkungsquerschnitt.
Statistische Physik und Thermodynamik: Entartungsfunktion und Entropie, Zusammenhang zu Thermodynamischen Variablen, Boltzmann- und Maxwell-Verteilung, Bose-Einstein- und Fermi-Dirac-Verteilung, Nichtgleichgewichtsthermodynamik und dissipative Strukturen.
Querschnittsthemen: Approximationsverfahren der Theoretischen Physik, Variationsrechnung.

2.7 Masterarbeit (MA)

Fachsemester	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):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch oder Englisch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	s. Bemerkung
Lehrende:	alle Prüfende im Sinne der PO		
Zwingende Voraussetzungen:	siehe Prüfungsordnung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden können eigenständig wissenschaftliche Literatur analysieren, interpretieren und wissenschaftliche Schlüsse daraus zu ziehen. Sie haben ein tieferes Verständnis sowohl in der Theorie als auch in der praktischen Anwendung im Bereich der Masterarbeit gewonnen. Sie beherrschen nach Abschluss des Moduls die Grundsätze wissenschaftlichen Arbeitens und Publizierens.

Projekt

Selbstständige Bearbeitung einer wissenschaftlichen Frage unter fachlicher Anleitung und Beratung beim Umfang der schriftlichen Ausfertigung.

Bemerkungen

Die Masterarbeit muss im Schwerpunkt geschrieben werden. Sie kann am Campus Remagen, an der Universität Koblenz, in einem Unternehmen oder einer wissenschaftlichen Institution durchgeführt werden. Weitere Rahmenbedingungen sind der Prüfungsordnung zu entnehmen.

2.8 Kolloquium

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden vermögen eine übersichtsartige Präsentation von komplexeren Zusammenhängen und eigenen Arbeitsergebnissen darzulegen. Sie sind in der Lage, Verbindungen zwischen der eigenen Masterarbeit und weiteren physikalischen Fragestellungen in der Diskussion herzustellen und wissenschaftlich in einer vorgegebenen Zeit zu präsentieren.

Inhalt

Präsentation und Diskussion der Masterarbeit.

Bemerkungen

Weitere Rahmenbedingungen sind der Prüfungsordnung zu entnehmen

3 Wahlpflichtmodule Physics of Matter (03PH2903)

3.1 Solid State Physics (03PH2501)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3525011	40	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	3525012	40	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	Rathgeber	Sprache:	Englisch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Rathgeber		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Natural Sciences, M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien, M. Sc. Mathematical Modeling, Simulation and Optimization, M. Sc. Mathematical Modelling of Complex Systems		

Lernziele und Kompetenzen

The students know basic ideas, fundamental experiments and methods of solid state physics. They understand macroscopic material properties on the basis of microscopic interactions. The students are able to describe different kinds of matter mathematically and can predict material properties, both electronic and thermal, in solids. They become familiar with the language of condensed matter and key theories and concepts. The students broaden their analytical and problem-solving skills. They are able to acquire, adapt and apply current research results.

Inhalt

Crystal structure; binding mechanisms; mechanical, thermal and electronic properties; semiconductors.

3.2 Materialphysik (03PH2901)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3511081, 3529011	40	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	3511082	40	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			105	–	3,5	–
Summe	–	–	–	180	75	6	–

Modulbeauftragte(r):	Rathgeber	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Rathgeber, Joost		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Ceramic Science and Engineering		

Lernziele und Kompetenzen

Festkörperphysik (3511081 + 3511082): Die Studierenden besitzen ein sicheres und strukturiertes Wissen im Bereich Festkörperphysik. Studierende erlangen strukturiertes Wissen zu den genannten Begriffen; sie haben Kenntnis der einschlägigen Kerngedanken und Schlüsselexperimente sowie der Messmethoden und Größenordnungen der zentralen Größen. Die Studierenden verfügen über die Fähigkeit zur quantitativen Behandlung einfacher einschlägiger Probleme und kennen die mathematischen Begriffe und Methoden im Bereich Festkörperphysik und können sicher mit ihnen umgehen. Des Weiteren können sie mathematische Methoden und Formalismen zur Lösung physikalischer Problemstellungen im Bereich Festkörperphysik anwenden.
Finite Elemente Methode (3529011): Die Studierenden gewinnen einen Einblick in den virtuellen Produktentwicklungsprozess und einen Überblick über aktuelle Simulationsverfahren mittels der Finiten Elemente Methode (FEM) im Forschungs- und Entwicklungsbereich für das wissenschaftliche und industrielle Umfeld.

Inhalt

Festkörperphysik (3511081 + 3511082): Kristallstruktur; Bindungen; Defekte; Phasendiagramme und Phasenübergange; Experimentelle Methoden und Analysetechniken; mechanische, thermische und elektrische Eigenschaften; Dispersionsrelationen; Beitrag Phononen und Elektronen; Quantisierung; Zustandsdichten; Modellvorstellungen Leitung und Widerstand; Halbleiter; optische Eigenschaften.
Finite Elemente Methode (3529011): Einführung in die Finiten-Elemente-Methode; Exemplarische Darstellung des Potentials der FEM; Darstellung des Ablaufes einer FEM-Analyse (Pre-Processing, Analyse, Post-Processing); Einführung in die Elastizitätslehr; Herleitung der mathematischen Grundlagen für einfache finite Elemente; Anwendung von Stab und Balken im 2D und 3D Raum; Übungen zu Anwendungen mit Hilfe eines computergestützten FE-Programms.

Bemerkungen

Dieses Modul setzt sich aus der Vorlesung Festkörperphysik (3511081), der Übung Festkörperphysik (3511082) und der Vorlesung Finite Elemente Methode (3529011) zusammen.

4 Schwerpunktmodule Lasertechnik und Optische Technologien

4.1 Computervisualistik

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

Modulbeauftragte(r):	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.

4.2 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.

4.3 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

4.4 Röntgenoptik

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
	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

4.5 Nichtlineare Optik I: Grundlagen

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

Modulbeauftragte(r):	Wilhein	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Wilhein, 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

4.6 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

4.7 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

4.8 Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse

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	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)

4.9 Methoden der Fernerkundung

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
	Projekt	–	k.A.	45	15	1,5	SL: Kurzprojekte
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben einen Überblick über das Gebiet der Fernerkundung und seine typischen Fragestellungen und erhalten einen Einblick in die technische Entwicklung der (Luftbild-)Sensorik. Sie kennen moderne Sensorkonzepte, deren physikalische Funktionsweise und die damit verbundenen Herausforderungen. Sie können typische Auswertemethode implementieren und in Projekten einsetzen. Sie können Konzepte, Sensoren und Methoden auswählen und in Projekten der Fernerkundung und ähnlichen Gebieten einsetzen.

Inhalt

Vorlesung: Die Veranstaltung gibt zunächst eine Einführung in das Verständnis, die Aufgaben und die Schwierigkeiten der Fernerkundung und zeigt anhand von historischen und aktuellen Beispielen die technische Entwicklung vom Fesselballon zum Satelliten als Beobachtungsplattform auf.
Anhand von konkreten Beispielen werden verschiedene Einsatzszenarien und die damit verbundene Sensorentwicklung vorgestellt. Darüber hinaus werden die Auswertung von Fernerkundungsdaten behandelt und typische Methoden praktisch umgesetzt. In Form von Projekten werden die erlernten Methoden für reale Anwendungen und Fragestellungen genutzt und Lösungen implementiert.
Themen: Anwendungen der Fernerkundung (Landwirtschaft, Geologie, Archäologie,…), Probleme und grundlegende Techniken (GNSS, IMU, Trägerplattformen, Lageregelung, Forward-Motion-Compensation), Sensorik und Messprinzipien, optische Sensorik (Kamera-Technik, Abbildungsfehler, VIS-, NIR-, TIR-Sensorik, multi- und hyperspektrale Systeme, Pushbroom-, Wiskbroom-Verfahren, LIDAR), elektromagnetische Sensorik (Geomagnetik, Radar), Auswertemethoden (Vegetationsindizes, Landcover-Classification, …), Trägerplattformen (UAV, bemannte Fluggeräte, Satelliten).

4.10 Laserfertigungstechnik

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
	Praktikum	–	k.A.	30	15	1	SL: Testate
	Selbststudium			75	–	2,5	–
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 Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen die Grundlagen und Grenzen der wichtigsten Anwendungen des Lasers in der Fertigungstechnik. Die wichtigsten verwendeten Laser sind bekannt. Die Studierenden sind in der Lage, eigenständig Informationen zu vorgegebenen Themen zusammentragen und wichtige Aspekte von weniger wichtigen unterscheiden.

Inhalt

Die wichtigsten Laser; Kenngrößen und Limitationen; Strahlparameterprodukt und Fokussierung; Strahlführung: freier Strahl, Führung im Lichtwellenleiter; Wechselwirkungsprozesse zwischen Laserstrahlung und Materie, Absorption; Lasereinsatz beim Fügen, Trennen, Bearbeiten von Oberflächen, Urformen und Umformen.

Praktikumsinhalt

Laserstrahlschneiden, Beschriften mit dem Laser, Laserstrahlschweißen

4.11 Optiksimulation

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):	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.

4.12 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.

4.13 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.

4.14 Forschungsprojekt (Research Project) LOT

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		
Zwingende Voraussetzungen:	je nach Vorgabe des Projektes eventuell Teilnahme an der Laserschutz- oder Strahlenschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

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 dem Forschungsprojekt die Kompetenz, selbstständig eine Fragestellung für ein wissenschaftliches Problem zu entwickeln, diese auf dem Stand der aktuellen Forschungslage zu verfolgen und mithilfe eines geschulten analytischen Denkens und Urteilsvermögens weiterführende Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zu generieren.
Sie können ein Forschungsprojekt gemeinsam im Team durchführen und sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, weiterführende komplexe wissenschaftliche Sachverhalte zu verstehen, zu kommunizieren, argumentativ schlüssig zu verteidigen und zusammen mit den eigenen Projektergebnissen einem Fachpublikum aus Studierenden, Lehrenden, aber auch einer fachfremden Zuhörerschaft sowohl in Deutsch als auch in englischer Sprache 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

5 Profilwahlpflichtmodule Material- und Grenzflächenphysik

5.1 Surface Science (03PH2503)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung mit integr. Übung	3525031, 3525032	30	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	N.N.	Sprache:	Englisch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	N.N.		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	experimental physics (mechanics, thermodynamics, electrodynamics, optics, quantum mechanics, atomic physics, molecular physics)		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien, M. Sc. Mathematical Modelling of Complex Systems		

Lernziele und Kompetenzen

Vacuum Technology (3525031): The students know the physical basis of vacuum technology and can explain the basic concepts and ideas of vacuum. They develop an understanding of the countervailing effects relevant in the realization of vacuum and are able to evaluate technical problems on the basis of the resulting limitations. They can transfer their knowledge to technical solutions and develop own experimental schemes.
Surface Science (3525032): The students know the basics of reaction kinetics and other phenomena on surfaces, and can explain the particular characteristics of surfaces and discuss related problems. They are able to describe and analyze common detection techniques and evaluate their limitations, can evaluate existing experimental setups, and are able to transfer their knowledge to experiments for specific tasks and develop own experimental schemes.

Inhalt

Vacuum Technology (3525031): equations of state, motion in diluted gases, transport, flow, conductance and pumping speed, calculating conductance, design of vacuum systems, pumps, measuring pressure, materials for HV and UHV, flange systems and components.
Surface Science (3525032): surface structure, diffraction on surfaces, microscopy on surfaces, scattering methods, chemical surface analysis, electronic states on surfaces, vibrations on surfaces, gas adsorption on surfaces, surface reactions.

5.2 Polymer Science (03PH2505)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung mit integr. Übung	3525051, 3525052	30	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	Rathgeber	Sprache:	Englisch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Rathgeber		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	experimental physics (mechanics, thermodynamics, electrodynamics, optics, quantum mechanics, atomic physics, molecular physics)		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien, M. Sc. Mathematical Modelling of Complex Systems		

Lernziele und Kompetenzen

Polymer Physics (3525051): The students can independently explain basic models describing the properties of different types of polymers and in different states, are able to understand how the peculiarities of the polymer structure such as connectivity affects their physical properties and of which relevance these are for applications, develop on the basis of the covered basic concepts their own solving schemes, and are able to transfer the discussed basic concepts to actual, scientific topics in polymer science.
Characterization methods in Polymer Science (3525052): The students can independently explain the characterization method covered in this course, can identify for the most important physical properties of polymer materials (Course 1) the correct characterization methods, are aware of the technical realization and of the application potential of the different methods. They can give an overview over representative results for typical polymer systems, develop strategies for data analysis, presentation and interpretation, and are able to transfer the discussed basic concepts to actual, scientific topics in polymer science.

Inhalt

Basic Concepts in Polymer Physics: Synthesis and molecular weight distributions, Chain models, Polymer solutions, polymer blends, block copolymers, Semicrystalline state, Polymer dynamics and viscoelasticity, Networks, Glassy state.
Polymer Characterization: Determination of molecular weights, Thermal characterization, Mechanical testing, Dielectric spectroscopy and electrical characterization, Scattering methods, Microscopy.

5.3 Ceramic Materials (03CH2907)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1 oder 2	Vorlesung	3329071	30	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündl.Prüfung
	Selbststudium			60	–	2	–
2 oder 3	Vorlesung	3329072	30	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur oder mündl.Prüfung
	Selbststudium			60	–	2	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	Quirmbach, Sax	Sprache:	Englisch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Quirmbach, Sax		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	general properties (physical, chemical, mineralogical) and component design; für Ceramic Materials: Properties of Advanced Ceramics		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Natural Sciences, M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Properties of Advanced Ceramics (3329071): The students develop an understanding of design-properties-relations of ceramic materials based on design and composition of chosen raw materials. They see, that out of the group of so many different materials the so called best solutions are used due to the mineralogical constitution. Often ceramic materials are part of highly integrated materials solutions so that they own very specific properties inside of multi material devices.
Ceramic Materials (3329072): The students get an understanding about different classes of ceramic materials and their related properties as well as their industrial application. Based on several industrial processes the advantages of using ceramic materials are demonstrated.

Inhalt

Properties of Advanced Ceramics (3329071): Chemical properties (chemical analysis of composition, examination of reliability against chemical aggressive media, determination of compatibility inside heterogeneous systems), physical properties (thermal, mechanical, electrical, magnetic, optical properties) and mineralogical properties (different crystallographic constitution types, various raw materials categories, x-ray based experimental methods, microscopical techniques) – all with examples.
Ceramic Materials (3329072): Different ceramics like oxides, nitrides, silicate ceramics, bio ceramics, glasses and refractories are explained in case studies. The distinct processing technology to produce various ceramics are demonstrated to exemplify how the mineralogical composition and the production route influences the future field in later industrial use.

Bemerkungen

Das Modul besteht aus zwei Teilen: Properties of Advanced Ceramics (3329071) wird im Sommersemester, Ceramic Materials (3329072) im Wintersemester angeboten.

5.4 Physics of Metals (03PH2403)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 2	Vorlesung	3524031	30	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur (45min)
	Selbststudium			60	–	2	–
1, 2 oder 3	Vorlesung	3524032	30	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur (45min)
	Selbststudium			60	–	2	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	N.N.	Sprache:	Englisch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Gollnick		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	experimental physics (mechanics, thermodynamics, electrodynamics, optics, quantum mechanics, atomic physics, molecular physics)		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Natural Sciences, M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien		

Lernziele und Kompetenzen

Physics of Metals 1 (3524031): The students know one-, two- and three-dimensional defects in metallic lattice structures and are individually able to explain the physical properties of those defects. They understand and develop a model of the physical interaction between metallic defects and structural stresses and can transfer their knowledge to technical behavior of different failure modes under static, cyclic and dynamic loads.
Physics of Metals 2 (3524032): The students know binary systems of metals and can independently explain their thermodynamic derivation. They know ternary systems and are able to develop a model for hardening effects in metallic structures. They can transfer their knowledge to real alloys and impurities.

Inhalt

Physics of Metals 1 (3524031): basics of metallic lattice structures, point defects and crystal dislocations, work hardening, fracture mechanics.
Physics of Metals 2 (3524032): binary systems in metallurgy, ternary systems in metallurgy, solid solution hardening, precipitation hardening, Time-Temperature-Transition Diagram, dilatrometric measurements.

Bemerkungen

Das Modul besteht aus zwei Teilen: Physics of Metals 1 (3524031) wird im Sommersemester, Physics of Metals 2 (3524032) im Wintersemester angeboten.

6 Schwerpunktmodule Material- und Grenzflächenphysik

6.1 Modellieren, Simulieren und Optimieren (V) (03MA2401)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3615051	30	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	Götz	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Götz		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben die Grundprinzipien der mathematischen Modellierung kennen gelernt.

Inhalt

Theoretische und praktische Grundlagen der mathematischen Modellierung und Modellbildung, z. B. Konzepte der diskreten und kontinuierlichen Modellierung, stochastische Modelle, +Monte-Carlo-Simulationen, zelluläre Automaten, Rekursionsgleichungen, neuronale Netze, naturanaloge Optimierungs- und +Modellierungsverfahren, nichtlineare mathematische Programme, Graphen undNetzwerke, Stabilitätsanalyse, Modellordnungsreduktion.
Exemplarische Darstellung des Modellierungszyklus anhand von spezifischen Problemen aus Industrie und Technik.
Lösen von mathematischen MSO-Fragestellungen durch Umsetzung von Algorithmen am Computer.

6.2 Applied Theoretical Physics (03PH2504)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung mit integr. Übung	3525041, 3525042	30	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	N.N.	Sprache:	Englisch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	UniKob
Lehrende:	N.N.		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Fundamental knowledge in theoretical physics.		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien, M. Sc. Mathematical Modelling of Complex Systems		

Lernziele und Kompetenzen

The students can name various fields, where modern concepts of theoretical physics are important for the description of real world problems in nature and technology. They know the fundamental definitions, theorems and methods related to the application of theoretical physics. They can analyze the relation between parameters in given systems, apply mathematical methods to solve problems in these fields, and evaluate suggested solutions and develop own solving schemes.

Inhalt

Modern concepts in theoretical physics, reaction-diffusion-systems, nonlinear physics, nonequilibrium thermodynamics, applications of theoretical physics in nature.

6.3 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

6.4 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

6.5 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)

6.6 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.

6.7 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.

6.8 Aktuelle Fragen der Physik, Current Issues of Physics (03PH2402)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3521163	30	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur (90 min) oder mündl. Prüfung
	Selbststudium			60	–	2	–
1, 2 oder 3	Vorlesung	3521165	30	30 (2 SWS)	30	1	
	Selbststudium			60	–	2	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	N.N.	Sprache:	Deutsch/Englisch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	UniKob
Lehrende:	N.N., Joost, Wolle		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	experimental physics (mechanics, thermodynamics, electrodynamics, optics, quantum mechanics, atomic physics, molecular physics)		
Verwendbarkeit:	B. Sc. Angewandte Naturwissenschaften, M. Sc. Applied Natural Sciences, M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien, M. Sc. Mathematical Model of Complex Systems, M. Sc. Mathematical Modeling, Simulation and Optimization		

Lernziele und Kompetenzen

Wahlpflichtveranstaltung der Physik mit semesterweise wechselnden Themen (3521163): Die Studierenden erhalten Einblick in ein Gebiet aktueller physikalischer Forschung.
Elective lectures with semester-changing topics (3521163): The students have in-depth knowledge of physics.

Inhalt

Wahlpflichtveranstaltung der Physik mit semesterweise wechselnden Themen (3521163): Einblick in ein Gebiet aktueller physikalischer Forschung.
Elective lectures with semester-changing topics (3521163): In-depth specialist knowledge of physics, English specialized terminology of physics.

Bemerkungen

Wahlpflichtveranstaltung der Physik mit semesterweise wechselnden Themen. Diese beinhaltet bespielsweise folgende Veranstaltungen; je nach Angebot und Semester: 3524022 Processes at material interfaces (Prozesse an Materialgrenzen); 3521164 Angewandte Mikrocontroller (Applied Microcontrollers); 3524026 Concepts and methods in mathematical physics (only SoSe); 3524026 Quantum mechanics and socio-economic systems (only WiSe).

6.9 Forschungsprojekt (Research Project) MGP

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):	N.N.	Sprache:	Deutsch oder Englisch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	alle Dozentinnen und Dozenten des Studiengangs M. Sc. Applied Physics		
Zwingende Voraussetzungen:	je nach Vorgabe des Projektes eventuell Teilnahme an der Laserschutz- oder Strahlenschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

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 dem Forschungsprojekt die Kompetenz, selbstständig eine Fragestellung für ein wissenschaftliches Problem zu entwickeln, diese auf dem Stand der aktuellen Forschungslage zu verfolgen und mithilfe eines geschulten analytischen Denkens und Urteilsvermögens weiterführende Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zu generieren.
Sie können ein Forschungsprojekt gemeinsam im Team durchführen und sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, weiterführende komplexe wissenschaftliche Sachverhalte zu verstehen, zu kommunizieren, argumentativ schlüssig zu verteidigen und zusammen mit den eigenen Projektergebnissen einem Fachpublikum aus Studierenden, Lehrenden, aber auch einer fachfremden Zuhörerschaft sowohl in Deutsch als auch in englischer Sprache 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

7 Schwerpunktmodule Medizintechnik und Sportmedizinische Technik

7.1 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.

7.2 Medizinische Bildverarbeitung (04CV2002)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	04120021	15	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Übung	04120022	15	15 (1 SWS)	15	0,5	SL: Regelmäßige Teilnahme
	Selbststudium			105	–	3,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Paulus	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Paulus, von Gladiß		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden kennen die Grundlagen der medizinischen Bildverarbeitung in Theorie und Praxis. Sie beherrschen medizinische Grundbegriffe, Bildmodalitäten, Historie und Gerätetypen, DICOM und PACS. Sie können eine Vorverarbeitung nach Modalitäten geordnet vornehmen: Röntgenbilder, Kamerakalibrierung, Endoskopische Bilder, Kernspin-Bilder, SPECT und PET. Sie haben Fallstudien in der Medizin in den Bereichen Radiologie und Innerer Medizin behandelt. Sie kennen Verfahren zur Segmentierung und Verfahren in der Computergestützten Medizin.

Inhalt

Grundlagen: Bildmodalitäten, Historie, Gerätetypen, DICOM und PACS, Medizinische Grundbegriffe.
Vorverarbeitung geordnet nach Modalitäten: Röntgenbilder, Kamerakalibrierung, Endoskopische Bilder, Kernspin-Bilder, SPECT und PET.
Rekonstruktion: Fourier-Slice Theorem und gefilterte Rückprojektion, Algebraische Rekonstruktion, Probabilistische Rekonstruktionsverfahren.
Fusion und Registrierung: Maximale Transformation, Merkmalsbasierte Registrierung, Interpolationsverfahren.
Fallstudien in der Medizin: Radiologie, Innere Medizin.

7.3 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.

7.4 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.

7.5 Dosimetrie ionisierender Strahlung und Strahlenschutz in Medizin und Technik

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

Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls haben die Studierenden folgende Kenntnisse: Eigenschaften ionisierender Strahlung, physikalische Wechselwirkung von Strahlung mit Materie und Dosimetrie; Strahlenbiologische Grundlagen einschließlich Wirkungen kleiner Strahlendosen. Die Studierenden können dosimetrische Messverfahren und Messtechniken auswählen und anwenden und die Unsicherheiten abschätzen; sie kennen die schädigenden Strahlenwirkungen und Reparaturmechnismen; sie sind vetraut mit der Anwendung von nationalen und internationallen Dosimetrieprotokollen zur klinischen Dosimetrie und kennen die Grundsätze und rechtlichen Rahmenbedingungen des Strahlenschutzes. Die Beschäftigung mit den Themen Radioaktivität, ionisierende Strahlung und Strahlenschutz ermöglicht den Studierenden eine persönliche Kompetenzbildung in Risikoabschätzung für den öffentlichen und privaten Bereich.

Inhalt

Radioaktivität, natürliche und zivilisatorische Strahlenexposition des Menschen; Strahlenphysik, physikalische Grundlagen zur Wechselwirkung von Strahlung mit Materie und Anwendung auf die Dosimetrie; physikalische Grenzbedingungen im Bereich der Dosimetrie; dosimetrische Messtechnik und Messverfahren und Unsicherheiten; klinische Dosimetrie (Photonen, Elektronen, Ionen); dosimetrische Sonderfälle (kleine Photonenfelder, Brachytherapie); Rechtsvorschriften, Normen, Protokolle und Empfehlungen auf dem Gebiet Dosimetrie; Grundlagen der Strahlenbiologie, einschließlich der Wirkung kleiner Strahlendosen: LET und RBW, Zellen, Zellzyklus, Zellüberlebenskurven, Strahlenwirkungen auf DNA (Erbsubstanz), Nachweisverfahren; Strahlenwirkungen auf Gewebe und Organe: Reparaturprozesse, Tumorgewebe; Strahlenschäden; stochastische, deterministische und teratogene Strahlenschäden, Strahlenrisiko, strahleninduzierte Karzinogenese, Abschätzung des Strahlenrisikos; Umsetzung des Strahlenschutzes von Patient und Personal in der Therapie und beim Umgang mit offenen und umschlossenen radioaktiven Substanzen; Grundlagen der Epidemiologie, Dosiswirkungszusammenhänge, LNT; Konzepte, Rechtsvorschriften und Empfehlungen auf dem Gebiet des Strahlenschutzes, erforderliche Fachkunde im Strahlenschutz; baulicher und organisatorischer Strahlenschutz; Strahlenschutzüberwachung und Verhalten bei Stör- und Unfällen.

Praktikumsinhalt

Praktische Aufgaben und Laborversuche zur Dosimetrie und Detektion ionisierender Strahlung und zum Strahlenschutz.

Bemerkungen

Die Inhalte dieses Kurses entsprechen den Inhalten des Grundkurses im Strahlenschutz gemäß Strahlenschutzverordnung (StrSchV) und Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin (2011). Die Anerkennung der Studienleistungen nach StrSchV als „Grundkurs im Strahlenschutz“ ist an den erfolgreichen Abschluss des

Masterstudiums Angewandte Physik: Medizintechnik gebunden. Das bestandene Praktikum ist Voraussetzung für die Teilnahme an der Prüfung.

7.6 Ultraschallbildgebung

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
	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.

7.7 Röntgenphysik

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
	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

7.8 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

7.9 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)

7.10 Magnetresonanztomographie

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):	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.

7.11 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.

7.12 Physik und Technik der Strahlentherapie

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	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, physikalischtechnischen 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.

7.13 Sportmedizin 1 (03SP2901)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3721103	30	30 (2 SWS)	30	1	benotetes Referat sowie als PL: mündliche Prüfung
	Selbststudium			150	–	5	–
Summe	–	–	–	180	30	6	–

Modulbeauftragte(r):	Karamanidis	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Karamanidis		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben sehr gute anatomische und neuro-mechanische Kenntnisse bzgl. des menschlichen Systems insbesondere bzgl. der Skelettmuskulatur und der passiven Strukturen. Sie können die mechano-morphologischen Eigenschaften und die Funktionen der Muskeln, Sehnen und Bänder vertiefend beschreiben und die Interaktion zwischen Muskel und Sehne ableiten. Die Studierenden verfügen über gute Kenntnisse der Physiologie des menschlichen Körpers und können sich kritisch mit evidenzbasierten Erkenntnissen auseinandersetzen und diese erklären. Sie verstehen die Arbeitsweise der Muskulatur und Funktionen des zentralen und peripheren Nervensystems und können Zusammenhänge zwischen dem neuronalen und motorischen System bei funktionalen Bewegungen zuordnen. Sie haben vertiefende Kenntnisse bezüglich der Belastung, Belastungsverträglichkeit und Belastungsgestaltung im Sport und können die Bedeutung der Mechanosensitivität von biologischen Strukturen im Sport und bei Bewegung beurteilen u.a. der Muskel-Sehnen-Einheit. Die Studierenden können den Prozess der Reifung und Entwicklung von biologischen Strukturen im Kindes- und Jugendalter zuordnen, Alterungsprozesse darstellen und Erklärungsansätze erarbeiten. Sie haben vertiefende Kenntnise über allgemeine Trainingsprinzipien und Trainingsmethoden zur Steigerung der sportlichen und physichen Leistungsfähigkeit und der Versagensgrenzen von biologischen Strukturen. Die Studierenden sind in der Lage selbständig aktuelle wissenschaftliche Analyseverfahren zur Bestimmung der Muskel-Sehnen-Einheit in vivo herauszuarbeiten sowie evidenzbasierte mechano-metabolische Trainingsstimuli zu entwickeln, um akute und langfristige Adaptationen des Bewegungsapparats effektiv hervorzurufen. Sie sind in der Lage, aktuelle Publikationen aus der Trainingswissenschaft und Sportmedizin kritisch reflektierend zu verfolgen und für die persönliche Fortbildung zu nutzen. Die Studierenden des Seminars können im Anschluss eigenständig Forschungsfragen im Bereich Trainingswissenschaft und Sportmedizin erarbeiten und erklären. Weiterhin können die Studierenden, selbstständig eine Fragestellung für ein wissenschaftliches Problem entwickeln, sie auf dem Stand der aktuellen Forschungslage verfolgen und mithilfe eines geschulten analytischen Denkens weiterführende Erkenntnisse generieren. Diese können sie sowohl Laien als auch Fachleuten präsentieren und argumentativ schlüssig verteidigen.

Inhalt

Plastizität und Mechanosensitivität von biologischen Strukturen, biomechnische Eigenschaften der Muskel-Sehnen-Einheit, Skelettsystem mit großen Gelenken, Sehnen, Bänder, Nervensystem, Belastung und Belastungsverträglichkeit, Vertiefung der Neuromechanik des Muskuloskelettalen-Systems, sportmedizinische Aspekte von Training und mechanischer Belastung.

Bemerkungen

Das Modul besteht aus dem Seminar Fachwissenschaftliche Vertiefung: Vertiefung Trainingswissenschaft - M 10.3 (3721103, 2 SWS) und wird immer im Wintersemester angeboten. Im Seminar herrscht Anwe-

senheitspflicht.

7.14 Sportmedizin 2 (03SP2902)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Seminar	3721102	30	30 (2 SWS)	30	1	benotetes Referat
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	120	30	4	–

Modulbeauftragte(r):	Karamanidis	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Karamanidis		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Kompetenzen aus dem Modul Sportmedizin 1 (03SP2901)		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben vertieftes Wissen über die physikalischen Größen zur biomechanischen Betrachtung von Bewegungen des menschlichen Körpers. Sie können selbständig die Gesetze der Mechanik auf sportliche Bewegungsabläufe beziehen und sich mit biomechanischen Messmethoden kritisch auseinandersetzen. Sie haben vertiefende Kenntnise über aktuelle Theorien sportbezogener Bewegung und ihrer Veränderung aus bewegungswissenschaftlicher und sportmedizinischer Perspektive. Die Studierenden haben vertiefendes Wissen über die Interaktion von Muskeln und Sehnen bei funktionellen Bewegungen inkl. der Energiespeicherung von passiven Strukturen beim Gehen, Laufen und Springen und können die Relevanz der Energiespeicherung und Rückführen im Sport und der Bewegung begründen. Die Studierenden kennen aktuelle wissenschaftliche Messverfahren zur Bestimmung von Bewegungen und Belastungen in Sport und Alltag und können diese auf ihre Gütekriterien bewerten und diskutieren. Sie sind in der Lage, aktuelle Publikationen aus der Sportmedizin und Bewegungswissenschaft kritisch reflektierend zu verfolgen und für die persönliche Fortbildung zu nutzen. Die Studierenden können im Anschluss eigenständig Forschunsgfragen im Bereich Bewegungswissenschaft und Sportmedizin erabeiten und erklären. Weiterhin sind die Studierenden in der Lage, selbstständig eine Fragestellung für ein wissenschaftliches Problem zu entwickeln, sie auf dem Stand der aktuellen Forschungslage zu verfolgen und mithilfe eines geschulten analytischen Denkens weiterführende Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zu generieren. Diese können sie sowohl Laien als auch Fachleuten präsentieren und argumentativ schlüssig verteidigen.

Inhalt

Muskel- und Sehnenmechanik, kinematische Größen der Translation und Rotation, Kraft, Körperschwerpunkt, Messung der Bodenreaktionskraft mit Kraftmessplatten, Hebelgesetz und Anwendung zur Berechnung von internen Kräften, Impuls, Speicherung und Rückführung von Dehnungsenergie von Sehnen bei funktionellen Bewegungen, mechanische Arbeit und Leistung, Gang- und Laufanalyse, kinematische Bewegungsanalyse via optischen Messverfahren, Analyse der Arbeitsweise der Muskulatur via Ultrasonographie.

Bemerkungen

Das Modul besteht aus dem Seminar Fachwissenschaftliche Vertiefung: Vertiefung Bewegungswissenschaft - M 10.2 (3721102, 2 SWS) und wird immer im Sommersemester angeboten. Im Seminar herrscht Anwesenheitspflicht.

7.15 Analyse funktioneller und struktureller MRT-Bildgebungsdaten

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):	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.

7.16 Biomechanische Simulationen

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
	Praktikum	–	k.A.	15	15	0,5	SL: Protokolle
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	75	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden können Bewegungsdaten mit Hilfe von professionellen Motion-Capturing-Systemen aufnehmen. Sie können Fragestellungen in der Biomechanik identifizieren und analysieren, sowie ein zur Fragestellung passendes biomechanisches Modell auswählen oder selbst erstellen. Studierende können geeignete Datenverarbeitung anwenden, um die Fragestellung zu beantworten; sie können die Limitationen der Aussagekraft von Modellen bewerten.

Inhalt

Einordnung der Simulation in die Biomechanik, digitale Menschmodelle, Methoden der Bewegungsanalyse, Grundlagen der Starrkörpermechanik, anthropometrische Modelle, einfache biomechanische Modelle, Muskel-Modelle, Vorwärtsmodellierung, inverse Kinematik, inverse Dynamik, statische Optimierung, Muscle Control Theory, Data-Processing, Phasenraum, Principle Component Analysis.

Praktikumsinhalt

Verwendung eines Motion-Capturing-Systems, Datenanalyse für hochdimensionale Systeme.

Literatur

D. Gordon E. Robertson, Research Methods in Biomechanics, 2013.
Benno M. Nigg, Biomechanics of the Musculo-skeletal System, 2007.
Hans Albert Richard, Biomechanik: Grundlagen und Anwendungen auf den menschlichen Bewegungsapparat, 2013.

7.17 Applied Deep Learning

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen die Grundlagen und Methoden des Deep Learning und können diese zur Lösung verschiedener Probleme anwenden. Hierzu kennen sie sowohl die Grundlagen des Designs aber auch des Trainings tiefer neuronaler Netze sowie die Anwendungsgebiete und Besonderheiten verschiedener Netzarchitekturen. Diese können die Studierenden zielgerichtet anwenden, um Modelle zur Lösung von Aufgaben aus verschiedenen Anwendungsgebieten wie der Bilderkennung, Sequenzanalyse oder Verarbeitung natürlicher Sprache zu erstellen. Hierzu beherrschen die Studierenden die Grundlagen von Deep Learning Frameworks wie beispielsweise PyTorch oder TensorFlow. Weiterhin kennen sie die Risiken der Methoden und können diesen durch geeignete Gegenmaßnahmen angemessen entgegenwirken.

Inhalt

Aufbau und Grundlagen des Deep Learning vom Perzeptron zum tiefen neuronalen Netz. Modellerstellung durch das trainieren tiefer neuronaler Netze. Modellvalidierung, Modelloptimierung und Regularisierungsverfahren. Netzwerkarchitekturen wie Convolutional Neural Netwoks, Recurrent Neuronal Networks und Generative Neural Networks. Reinforcement Learning, Recomender Systeme und unüberwachte Lernansätzen. Hauptaspekte vertrauenswürdiger Künstlicher Intelligenz.

Literatur

Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, Deep Learning: Das umfassende Handbuch, mitp, 1. Aufl., 2018

7.18 Funktionale Sicherheit

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):	Steimers	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Junglas, Steimers		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Grundlagenwissen der Elektrotechnik und Informatik		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über die Fähigkeit sicherheitsbezogene Systeme zu konzipieren und umzusetzen. Hierzu verfügen sie über Fachkenntnisse zur Terminologie der funktionalen Sicherheit und können die einzelnen Schritte des Sicherheitslebenszyklus für die Entwicklung von sicherheitstechnischen Komponenten nach IEC 61508 umsetzen. Hierzu sind sie dazu in der Lage alle notwendigen Entwicklungstätigkeiten während des Sicherheitslebenszyklus zu identifizieren, spezifizieren und innerhalb der passenden Lebenszyklus-Phasen umzusetzen. Sie können durch sicherheitsbezogene Systeme hervorgerufene Risiken erkennen, analysieren und bewerten und auf dieser Grundlage Sicherheitsfunktionen zur Risikokontrolle konzipieren und bewerten. Durch die Auseinandersetzung mit verschiedenen technischen Risiken anhand der Analyse realer Unfälle, wird zudem das Bewusstsein der Studierenden für ihre Verantwortung bei der Entwicklung sicherheitsbezogener Systeme gestärkt. Die Studierenden können verschiedene Sicherheitsarchitekturen und Diagnosemaßnahmen entwerfen und damit geeignete Sicherheitskonzepte zum Design funktional sicherer Hardware und Software umsetzen. Weiterhin können sie Ausfallwahrscheinlichkeiten für Komponenten bestimmen, sicherheitsbezogene Kenngrößen berechnen und daraus die Sicherheitsintegrität des Systems bestimmen.

Inhalt

Die Vorlesung umfasst die grundlegenden Konzepte der Funktionalen Sicherheit zur Auslegung von Sicherheitsfunktionen für die Risikominderung sicherheitsgerichteter Systeme gemäß der Grundnormen IEC 61508, ISO 13849 und IEC 61511: Management der funktionalen Sicherheit und Betrachtung des gesamten Sicherheitslebenszyklus nach IEC 61508; Anforderungen an die Sicherheitsarchitektur und Sicherheitsintegrität nach IEC 61508, ISO 13849 und IEC 61511; Maßnahmen zur Vermeidung von probabilistischen und systematischen Fehlern der Hardware; Maßnahmen zur Vermeidung von systematischen Fehlern der Software; Maßnahmen zur Diagnose und Beherrschung von systematischen und probabilistischen Fehler; Berechnung sicherheitskritischer Kenngrößen und Bewertung sicherheitsgerichteter Systeme.

Literatur

IEC 61508 Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems.
IEC 13849 Safety of machinery — Safety-related parts of control systems.
IEC 61511 Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector.
ISO 26262 Road vehicles - Functional Safety.

7.19 Exercise Neuroscience

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.	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, Steimers		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls haben die Studierenden ein tiefergehendes Verständnis über die Anatomie und Funktionsweise des menschlichen Gehirns. Sie kennen dessen elementare Bestandteile wie Neuronen und Glialzellen und verstehen den Prozess der synaptischen Übertragung sowie die Struktur des Nervensystems inklusive Neurotransmittersysteme. Sie können die Funktionsweise sensorischer und motorischer Systeme aber auch des vegetative und hormoneller Regulationssysteme sowie die Adaptionsfähigkeit des Gehirns nachvollziehen und beschreiben. Sie verstehen die physiologischen Prozesse, die durch Ausdauer- und Kraftsport auf das zentrale Nervensystem wirken und sind in der Lage sich mit der aktuellen Fachliteratur über den Einfluss von Sport auf das Gehirn kritisch auseinander zu setzen. Sie kennen die aktuellen Hypothesen und mögliche klinischen Anwendungsmöglichkeit von Sport in der Prävention, Therapie und Rehabilitation. Im Rahmen des Praktikums erlernen die Studierenden den Umgang mit dem klassischen neuropsychologischen Instrumentarium: Verhaltensexperimente, EEG, GSR, EOG. Sie sind in der Lage neuropsychologische Experimente aufzubauen, durchzuführen und auszuwerten. Die Studierende lernen NIRS-Daten auszuwerten.

Inhalt

Anatomie und Physiologie elementarer Bestandteile des Gehirns (Nervenzellen, Gliazellen), Bahnsysteme, peripheren und vegetativen Nervensystems. Ablauf des Aktionspotentials, synaptische Übertragungen, Reflexbögen, Spinale Kontrolle der Motorik, Neurotransmittersysteme, Adaptionsfähigkeit des Gehirns (Neubildung von Zellen und Gewebe, Angiogenese, Neurogenese, Synaptogenese, Wachstumsfaktoren), Auswirkungen adaptiver Prozesse auf das Lernen sowie das Gedächtnis. „Taxi-Fahrer“-Studie, Jonglier-Studie, „Nonnen“-Studie. Mechanismen plastischer Veränderungen des Gehirns. Kurzzeit- und Langzeit-Verstärkung, NMDA-Rezeptoren-Aktivierung, BDNF und Neuroplastizität, experimentell induzierte Neuroplastizität, invasive und nicht-invasive Neurostimulation, Einfluss von verschiedenen Trainingsformen auf neuromuskuläre die Funktion und Ausdauer. Messmethoden: EEG, EOG, GSR, NIRS, MEG, TMS.

Praktikumsinhalt

Es werden Experimente zum räumlichen und sprachlichen Gedächtnis aufgebaut, durchgeführt und ausgewertet. Ableitung von EVP's, EOG's, GSR. Aufnahme und Auswertung von NIRS-Daten. Die einzelnen Versuche ändern sich von Semester zu Semester um die Verwendung von „Altprotokollen“ zu unterbinden.

Literatur

M. F. Bear, B. W. Connors, M. A. Paradiso, Neurowissenschaften, Spektrum Akademischer Verlag.
D.J. Kidgell and A.J. Pearce, Principles of Exercise Neuroscience, Cambridge Scholars Publishing.

7.20 Fortgeschrittene Leistungsphysiologie

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
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	SL: Testate
	Praktikum	–	k.A.	30	30	1	SL: Testate
	Selbststudium			60	–	2	–
Summe	–	–	–	150	90	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 Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls kennen die Studierenden die Vorteile regelmäßiger körperlicher Aktivität im Zusammenhang mit Krankheitsprävention und gesundem Altern. Sie sind in der Lage die körperliche Fitness zu beurteilen und angepasste Trainingsprogramme zur erstellen. Die Studierenden können eingeständig abgestufte Belastungstest anhand von Hintergrundinformationen und Screeningdaten erstellen und die kardiorespiratorische Fitness anhand der Ergebnisse beurteilen. Sie können zielabhängige Trainingspläne aufstellen. Sie wissen, welches Testprotokolle zur Beurteilung der muskulären Fitness existieren und können eigenständig das geeignete Protokoll heraussuchen und die Tests durchführen. Sie können Widerstandstrainingsprogramme aufstellen, um die Entwicklung von Kraft, Muskelausdauer, Muskelkraft oder Muskelgröße zu optimieren. Sie kennen die Unterschiede zwischen den Methoden der Körperzusammensetzungsanalyse und können die Richtlinien und Einschränkungen für jede Methode angeben. Die Studierenden kennen die Faktoren, die die Flexibilität beeinflussen und können das Wissen auf die Gestaltung eines Programms zur Dehnung und Pflege des unteren Rückens anwenden.

Inhalt

Gesundheitsscreening, Risikoklassifizierung und Gesundheitsbewertung, Testverfahren für Blutdruck, Herzfrequenz und Elektrokardiogramm. Testen der körperlichen Fitness, Grundprinzipien für die Gestaltung von Trainingsprogrammen, Einhaltung des Trainingsprogramms, Einsatz von Technologie zur Förderung körperlicher Aktivität, Graded Exercise Testing: Richtlinien und Verfahren, Maximale Belastungstestprotokolle, Submaximale Belastungstestprotokolle, Feldtests zur Beurteilung der aeroben Fitness, Belastungstests für Kinder und ältere Erwachsene, Aerobe Trainingsmethoden und -modi, Personalisierte Übungsprogramme, Kraft- und Muskelausdauerbewertung, Beurteilung der Muskelkraft, Quellen von Messfehlern bei muskulären Fitnesstests, Arten von Widerstandstraining, Entwicklung von Krafttrainingsprogrammen, Auswirkungen von Krafttrainingsprogrammen, Muskelkater, Muskel-Fitness-Tests bei älteren Erwachsenen, Muskel-Fitness-Test von Kindern, Bewertung der Flexibilität, Grundlagen der Flexibilität, Bewertung der Flexibilität, Flexibilitätstests bei älteren Erwachsenen, Trainingsprinzipien, Dehnungsmethoden, Entwerfen von Flexibilitätsprogrammen, Entwerfen von Übungsprogrammen zur Pflege des unteren Rückens, Definitionen und Natur des Gleichgewichts, Faktoren, die das Gleichgewicht und das Sturzrisiko beeinflussen, Bewertung des Gleichgewichts, Entwerfen von Gleichgewichtstrainingsprogrammen. Im Rahmen der Übung wird das praktische Aufstellen von Trainingsplänen geübt.

Praktikumsinhalt

Durchführung von Belastungstest zu Erfassung kardiovaskulärer Fitness, Aufstellen von Trainingsplänen unter verschiedenen Rahmenbedingungen, Durchführung von Muskel-Fitnesstests, Erstellen von Krafttrainingsprogrammen, Bewertung der Flexibilität, Flexibilitätstests und Entwerfen von Flexibilitätsprogrammen, Untersuchungen zur Bewertung des Gleichgewichts und Entwurf von Trainingsprogrammen.

Literatur

A. L. Gibson, D. R. Wagner, V. H. Heyward, Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription 8th, Human Kinetics.
W. Hollmann, H. K. Strüder, Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin, Schattauer-Verlag

7.21 Compliance medizinischer Produkte

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	SL: Projektarbeit
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls können die Studierenden Zulassungsverfahren für medizinische Produkte gemäß der regulatorischen Anforderungen, welche Hersteller, Händler und Zulieferer von Medizinprodukten erfüllen müssen, planen und selbstständig durchführen oder leiten.
Sie können die relevanten EU-Verordnungen, länderspezifischen Gesetze sowie Normen analysieren und Vorgaben für andere Länder differenzieren, um daraus ein geeignetes Verfahren für die Zulassungsstrategie des eigenen Unternehmens entwickeln zu können.
Der Umgang mit gängigen Qualitätsmanagementsystemen für den Medizinprodukte-Sektor ist den Studierenden vertraut und sie können konforme Qualitätsmanagementsysteme selbstständig zu erstellen.
Die Studierenden können zudem die grundlegenden sicherheitstechnischen Anforderungen an Medizinprodukte beurteilen und diese umsetzen. Sie können im Zuge des Risikomanagements spezifische Gefährdungen von Medizinprodukten erkennen und analysieren, um daraus Risiken abzuleiten, welche Sie ebenfalls bewerten können. Auf dieser Basis können Sie dann geeignete risikomindernde Maßnahmen ableiten und implementieren. Durch die Auseinandersetzung mit verschiedenen Risiken anhand der Analyse realer Unfälle und fiktiver Fallbeispiele, wird zudem das Bewusstsein der Studierenden für ihre Verantwortung bei der Entwicklung von Medizinprodukten sowie für die Bedeutung des Qualitätsmanagements sowie der Qualitätssicherung gestärkt.
Darüber hinaus können sie notwendige Prüf- und Validierungsanforderungen an Produkte und deren Herstellungsprozesse identifizieren und entsprechende Prüfungen, Validierungen und Audits planen und durchführen. Die Studierenden kennen die Struktur der Technischen Dokumentation sowie die notwendigen Schritte, um ein Medizinprodukt auf den Markt zu bringen und können eigene Prozesse konzipieren und umsetzen.

Inhalt

Regulatorische Rahmenwerk und Zulassungsvoraussetzungen von Medizinprodukten innerhalb der Europäischen Union und auf internationalen Märkten wie der USA. Qualitätsmanagement nach DIN EN ISO 13485 und Risikomanagement nach EN ISO 14971. Der Entwicklungsprozess von Medizinprodukten inklusive Besonderheiten von Software als Medizinprodukt. Sicherheitstechnische Anforderungen. Prozess- und Methodenvalidierung sowie Qualitätssicherung des Herstellungsprozesses.

Bemerkungen

Das Modul richtet sich insbesondere an Studierende des Schwerpunkts Medizintechnik und Sportmedizinische Technik, die noch keine Erfahrungen oder tiefergehenden Kenntnisse zum Gebiet Regulatory Affairs besitzen.

Literatur

EU Verordnung 2017/745 über Medizinprodukte (MPV), Europäisches Parlament und Europäischer Rat.
EU Verordnung 2017/746 über In-Vitro Diagnostika (IVDV), Europäisches Parlament und Europäischer Rat.
DIN EN ISO 13485 Medizinprodukte – Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen für regulatorische Zwecke, Beuth Verlag.
DIN EN ISO 14971 Medizinprodukte – Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte, Beuth Verlag.
J. Harer, C. Baumgartner, Anforderungen an Medizinprodukte, 4te Auflage, Hanser Verlag.

7.22 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.

7.23 Forschungsprojekt (Research Project) MTSMT

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		
Zwingende Voraussetzungen:	je nach Vorgabe des Projektes eventuell Teilnahme an der Laserschutz- oder Strahlenschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

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 dem Forschungsprojekt die Kompetenz, selbstständig eine Fragestellung für ein wissenschaftliches Problem zu entwickeln, diese auf dem Stand der aktuellen Forschungslage zu verfolgen und mithilfe eines geschulten analytischen Denkens und Urteilsvermögens weiterführende Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zu generieren.
Sie können ein Forschungsprojekt gemeinsam im Team durchführen und sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, weiterführende komplexe wissenschaftliche Sachverhalte zu verstehen, zu kommunizieren, argumentativ schlüssig zu verteidigen und zusammen mit den eigenen Projektergebnissen einem Fachpublikum aus Studierenden, Lehrenden, aber auch einer fachfremden Zuhörerschaft sowohl in Deutsch als auch in englischer Sprache 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 Profilwahlpflichtmodule Scientific Computing

8.1 Parallel Computing

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: 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

8.2 Modellieren, Simulieren und Optimieren (V) (03MA2401)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3615051	30	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	Götz	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Götz		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben die Grundprinzipien der mathematischen Modellierung kennen gelernt.

Inhalt

Theoretische und praktische Grundlagen der mathematischen Modellierung und Modellbildung, z. B. Konzepte der diskreten und kontinuierlichen Modellierung, stochastische Modelle, +Monte-Carlo-Simulationen, zelluläre Automaten, Rekursionsgleichungen, neuronale Netze, naturanaloge Optimierungs- und +Modellierungsverfahren, nichtlineare mathematische Programme, Graphen undNetzwerke, Stabilitätsanalyse, Modellordnungsreduktion.
Exemplarische Darstellung des Modellierungszyklus anhand von spezifischen Problemen aus Industrie und Technik.
Lösen von mathematischen MSO-Fragestellungen durch Umsetzung von Algorithmen am Computer.

8.3 Wissenschaftliches Rechnen und Simulation

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
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Vortrag	–	k.A.	30	15	1	SL: Vortrag
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, Verantwortung für den Teilbereich eines Simulationsprojekts zu übernehmen. Sie haben praktische Erfahrung im Umgang mit einem komplexen technischen System, nämlich einem numerischen Simulationswerkzeug erworben. Die Studierenden haben vertiefte Kenntnisse über die mathematischen Hintergründe moderner Simulationswerkzeuge gewonnen und können diese selbständig auf neue Modellierungs- und Simulationsprobleme anwenden. Sie sind in der Lage, sich neues Wissen aus der Fachliteratur eigenständig anzueignen, es selbständig didaktisch aufzubereiten und in einem Vortrag zu präsentieren.

Inhalt

PDE – Klassifizierung von PDEs als Modellierwerkzeug der numerischen Simulation. FD und FEM – Verfahren zur numerischen Lösung physikalischer Modelle. Modell- und Diskretisierungsfehler – Fehlerverhalten von numerischen Simulationen. Lineare Löser – das „Working Horse“ des Scientific Computing. Implementierung eines FD/FE Lösers in Matlab. Benutzung eines kommerziellen Simulationswerkzeugs auf modernen Rechnern.

8.4 Applied Machine Learning

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Nach Abschluss des Moduls verstehen die Studierenden die konzeptionellen Grundlagen des Maschinellen Lernens und können diese zur Lösung für eine konkrete Fragestellung anwenden. Sie sind dazu in der Lage passende Verfahren und Algorithmen des maschinellen Lernens auszuwählen und selbst anzuwenden sowie Daten so auszuwählen und aufzubereiten, dass diese zur Fragestellung und dem gewählten Verfahren passen. Weiterhin können sie Modelle mit Hilfe von Qualitätskriterien strukturiert evaluieren und Ergebnisse im praktischen Anwendungsfall richtig einordnen. Die Studierenden können dazu geeignete Programmierumgebungen für die Implementierung einsetzen.

Inhalt

Die Vorlesung umfasst die grundlegenden Konzepte des maschinellen Lernens aus den Bereichen des überwachten und unüberwachten Lernens, wie die Aufbereitung von Trainings- und Testdaten, Auswahl, Implementierung und Anwendung verschiedener Lernverfahren sowie deren dazugehörige Evaluierungstechniken, wie beispielsweise:
Datenauswahl und Datenaufbereitung für Data Science Projekte, Überwachtes und Unüberwachtes Lernen, Fluch der Dimension, Merkmalsextraktion, Clustering (k-means, Hierarchisches Clustering, etc.), Hauptkomponentenanalyse, Klassifikation (Logistische klassifikation., Support Vector Machines, k-NN, Naive Bayes, Entscheidungsbäume, Ensemble Lernalgorithmen), Neuronale Netze, Data Science Prozesse wie CRISP-DM, Evaluationstechniken und Metriken (Kreuzvalidierung, Confusion Matrix, Precision, Accuracy, recall, F1-Score, ROC, etc.).

Bemerkungen

Die Studentinnen und Studenten nutzen synthetische und echte Daten und testen die Verfahren in eigenen Programmierprojekten. Als Programmierumgebung können entweder Pakete aus Python oder MATLAB genutzt werden, wobei aktuelle Entwicklungen berücksichtigt werden. Es kann optional auch ein Inverted-Classroom Modell gewählt werden.

Literatur

Raschka, Mirjalli: Python Machine Learning, Packt Publishing, 2019
VanderPlas, Jake: Data Science mit Python, mitp Verlag, 2018
Sergios Theodoridis and Konstantinos Koutroumbas. Pattern Recognition. Academic Press, Boston, 2009.
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

9 Schwerpunktmodule Scientific Computing

9.1 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.

9.2 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.

9.3 Variationsrechnung und optimale Steuerung

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: 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

9.4 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

9.5 Medizinische Bildverarbeitung (04CV2002)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	04120021	15	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Übung	04120022	15	15 (1 SWS)	15	0,5	SL: Regelmäßige Teilnahme
	Selbststudium			105	–	3,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Paulus	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Paulus, von Gladiß		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden kennen die Grundlagen der medizinischen Bildverarbeitung in Theorie und Praxis. Sie beherrschen medizinische Grundbegriffe, Bildmodalitäten, Historie und Gerätetypen, DICOM und PACS. Sie können eine Vorverarbeitung nach Modalitäten geordnet vornehmen: Röntgenbilder, Kamerakalibrierung, Endoskopische Bilder, Kernspin-Bilder, SPECT und PET. Sie haben Fallstudien in der Medizin in den Bereichen Radiologie und Innerer Medizin behandelt. Sie kennen Verfahren zur Segmentierung und Verfahren in der Computergestützten Medizin.

Inhalt

Grundlagen: Bildmodalitäten, Historie, Gerätetypen, DICOM und PACS, Medizinische Grundbegriffe.
Vorverarbeitung geordnet nach Modalitäten: Röntgenbilder, Kamerakalibrierung, Endoskopische Bilder, Kernspin-Bilder, SPECT und PET.
Rekonstruktion: Fourier-Slice Theorem und gefilterte Rückprojektion, Algebraische Rekonstruktion, Probabilistische Rekonstruktionsverfahren.
Fusion und Registrierung: Maximale Transformation, Merkmalsbasierte Registrierung, Interpolationsverfahren.
Fallstudien in der Medizin: Radiologie, Innere Medizin.

9.6 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.

9.7 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

9.8 Applied Differential Equations (03MA2501)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3625011	30	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Übung	3625012	20	15 (1 SWS)	15	0,5	SL: Regelmäßige Teilnahme
	Selbststudium			195	–	6,5	–
Summe	–	–	–	270	75	9	–

Modulbeauftragte(r):	Götz	Sprache:	Englisch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Götz		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Extended Knowledge in linear algebra, analysis and numerics.		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics, Lehramt Mathematik, M. Sc. Mathematical Modelling of Complex Systems		

Lernziele und Kompetenzen

The students know the fundamental definitions, theorems and methods related to the theory and numerical methods for differential equations. Applying known results from calculus, linear algebra and numerics, the can tackle advanced problems, analyze them mathematically and solve them numerically.
The students broaden their analytical and problem-solving skills. They are able to acquire, adapt and apply current research results.

Inhalt

E.g.: Elementary methods for initial value problems of ordinary differential equations, existence and uniqueness results for initial value problems, qualitative behaviour and stability, linear first and higher order systems of differential, one-step methods for inital value problems, consistency and convergence, Runge-Kutta methods and adaptive stepsize selection, classification of partial differential equations and elementary cases.

Bemerkungen

Die Übung kann durch ein Seminar ersetzt werden und hat dann ein Gruppengröße von 15 Teilnehmern.

9.9 Bildverarbeitung 1 (04CV1001)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	04110011	6-90	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur
	Übung	04110012	6-24	15 (1 SWS)	15	0,5	SL: Regelmäßige Teilnahme
	Selbststudium			135	–	4,5	–
Summe	–	–	–	210	75	7	–

Modulbeauftragte(r):	Paulus	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Paulus		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	B. Sc. Computervisualistik, M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden sind nach erfolgreichem Abschluss in der Lage, Filter- und Segmentierungsverfahren zu beschreiben, verschiedene Operatoren in ihrer Wirkung auf Bildern zu vergleichen, mathematische Beschreibungen von Operatoren zu verstehen, Operatoren zu implementieren und anzuwenden. Sie können Folgen von Operatoren zusammenstellen für Lösungen von Bildverarbeitungsproblemen, wozu zwei realistische Probleme zur Bilderkennung in Grauwertbildern gewählt werden.

Inhalt

Grundlagen: Kameramodelle, Abtasttheorem, Quantisierung, Bildformate, Farbe. Vorverarbeitung: Lineare Filter, Rangordnungsoperatoren und nichtlineare Filter. Histogramme: Bildverbesserung, Binarisierung, Objektsuche. Kantendetektion: Gradientenverfahren, Kantenmodelle. Liniensuche: Hysteresverfahren, Hough-Transformation für Linien. Regionensegmentierung: Split and Merge, CSC, RAG und RSE-Graph, Konturen.

9.10 Bildverarbeitung 2 (04CV1002)

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	04110021	6-90	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Übung	04110022	6-24	15 (1 SWS)	15	0,5	SL: Regelmäßige Teilnahme
	Selbststudium			105	–	3,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Paulus	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Paulus		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	B. Sc. Computervisualistik, M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden kennen und verstehen weiterführende Konzepte im Bereich der Bildverarbeitung für Grauwert- und Farbbilder und haben sie in den Veranstaltungen geübt. Sie kennen die DCT, Fourier Transformation, Wavelets und weitere Bildtransformationen und wissen um die Anwendungsgebiete. Sie haben Beispiele aus der industriellen Bildverarbeitung und Sichtprüfungssysteme geübt und angewendet.

Inhalt

Spektrum: DCT, Fourier Transformation, Wavelets, Bi-Spektrum. Vorverarbeitung: Gaborfilter, Anisotrope Diffusion, Auflösungshierarchien und Scalespace. Bilddatenbanken: Histogrammvergleich und Objektsuche, Ontologien. Segmentierung: Punktdetektoren (Harris, SIFT, ...), Parametrische Liniensuche, Verallgemeinerte Hough-Transformation. Bewegungserkennung: Differenzielle Verfahren, Optischer Fluss, Hierarchisches Blockmatching. Anwendungsbeispiele: Industrielle Bildverarbeitung, Sichtprüfsysteme.

9.11 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

9.12 Computer Aided Design

Fach-semester	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	
	Projekt	–	k.A.	90	·	3	PL: Projekt
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erwerben Kenntnisse: bzgl. des Umgang mit Software zur computergestützten Konstruktion, über das Vorgehen und den Ablauf von Festigkeitsberechnungen, technische Darstellungsmethoden, das methodische Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren einfacher und komplexer Bauteile.
Die Studierenden erwerben folgende Fertigkeiten: Anwendung ingenieurwissenschaftlicher Vorgehensweisen und Grundlagenwissen zu Arbeitstechniken und zur Entwicklung einfacher Konstruktionen, Umsetzung verschiedener Grundprinzipien der Festigkeitslehre, der Statik und Dynamik, eigenständiges Erstellen einer Konstruktionszeichnung bei gegebenen Randbedingungen.
Die Studierenden erwerben folgende Kompetenzen: Umgang mir einem komplexen CAD Programmpaket (SolidWorks), Befähigung zur Analyse und Lösung von konstruktiven Aufgabenstellungen, Fähigkeit zur Beurteilung von mechanischen Belastungsgrenzen.

Inhalt

Themenbeispiele: Konstruktion von Bauteilen aus 2D-Skizzen, komplexe Modellierwerkzeuge (Kurvenaustragung, Wandung, Spline, Helix, etc.), Konstruktionszeichnungen für die Fertigung, Integrieren von vorgefertigten Komponenten aus einer Toolbox, Visualisierung von beweglichen Komponenten, mechanische und thermische Simulation, Belastungsstudien.

Bemerkungen

Das Modul wird mit einem benoteten Projekt abgeschlossen.

9.13 Moderne Objektorientierte Programmierung

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

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

9.14 Biomechanische Simulationen

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
	Praktikum	–	k.A.	15	15	0,5	SL: Protokolle
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	75	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden können Bewegungsdaten mit Hilfe von professionellen Motion-Capturing-Systemen aufnehmen. Sie können Fragestellungen in der Biomechanik identifizieren und analysieren, sowie ein zur Fragestellung passendes biomechanisches Modell auswählen oder selbst erstellen. Studierende können geeignete Datenverarbeitung anwenden, um die Fragestellung zu beantworten; sie können die Limitationen der Aussagekraft von Modellen bewerten.

Inhalt

Einordnung der Simulation in die Biomechanik, digitale Menschmodelle, Methoden der Bewegungsanalyse, Grundlagen der Starrkörpermechanik, anthropometrische Modelle, einfache biomechanische Modelle, Muskel-Modelle, Vorwärtsmodellierung, inverse Kinematik, inverse Dynamik, statische Optimierung, Muscle Control Theory, Data-Processing, Phasenraum, Principle Component Analysis.

Praktikumsinhalt

Verwendung eines Motion-Capturing-Systems, Datenanalyse für hochdimensionale Systeme.

Literatur

D. Gordon E. Robertson, Research Methods in Biomechanics, 2013.
Benno M. Nigg, Biomechanics of the Musculo-skeletal System, 2007.
Hans Albert Richard, Biomechanik: Grundlagen und Anwendungen auf den menschlichen Bewegungsapparat, 2013.

9.15 Softwaretechnik

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

Lernziele und Kompetenzen

Lernziele:
Die Studierenden sollen grundlegende Konzepte der Softwaretechnik verstehen und in der Lage sein, diese auf praktische Problemstellungen anzuwenden. Die Studierenden sollen die Vorgehensmodelle der Softwareentwicklung verstehen und in der Lage sein, diese in Softwareprojekten umzusetzen. Die Studierenden sollen in der Lage sein, geeignete Tools und Techniken wie JIRA, DevOps, Docker, Client-Server-Architekturen, Restful APIs, Automated Testing und Continuous Integration zur Unterstützung der Softwareentwicklung einzusetzen. Die Studierenden sollen in der Lage sein, die Qualität von Softwareprodukten zu bewerten und geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Qualität zu ergreifen. Die Studierenden sollen in der Lage sein, ihre Softwareprojekte effektiv zu planen und zu organisieren, um ihre Ziele zu erreichen und Fristen einzuhalten.
Lernkompetenzen:
Teamfähigkeit: Die Studierenden sollen in der Lage sein, in Gruppen zu arbeiten und gemeinsam ein Softwareprojekt zu entwickeln. Sie sollen in der Lage sein, effektiv zu kommunizieren, Konflikte zu lösen und ihre Aufgaben innerhalb des Teams zu koordinieren. Problemlösungskompetenz: Die Studierenden sollen in der Lage sein, praktische Probleme im Zusammenhang mit der Softwareentwicklung zu analysieren, zu verstehen und zu lösen. Sie sollen in der Lage sein, verschiedene Lösungsansätze zu bewerten und die beste Lösung auszuwählen. Technisches Verständnis: Die Studierenden sollen in der Lage sein, technische Konzepte und Technologien im Zusammenhang mit der Softwareentwicklung zu verstehen und anzuwenden. Selbständiges Lernen: Die Studierenden sollen in der Lage sein, eigenständig Wissen im Bereich der Softwaretechnik zu erwerben und anzuwenden. Sie sollen in der Lage sein, geeignete Quellen für ihr Lernen zu identifizieren und zu nutzen. Zeitmanagement: Die Studierenden sollen in der Lage sein, ihre Zeit effektiv zu planen und zu nutzen, um ihre Aufgaben und Projekte innerhalb der vorgegebenen Fristen zu erledigen. Sie sollen in der Lage sein, Prioritäten zu setzen und ihre Arbeitsbelastung zu managen.

Inhalt

Das Modul „Softwaretechnik“ vermittelt grundlegende Konzepte, Technologien und Vorgehensmodelle der Softwareentwicklung. Die Studierenden lernen, wie sie Softwareprojekte planen, organisieren und umsetzen können, indem sie typische Tools und Technologien wie z. B. JIRA, DevOps, Docker und Continuous Integration anwenden. In Gruppen arbeiten sie an praktischen Projekten und verbessern ihre Teamfähigkeit und Kommunikation. Das Ziel des Moduls ist es, die Studierenden zu befähigen, Softwareprojekte effektiv umzusetzen und praktische Probleme in der Softwareentwicklung zu lösen.

Praktikumsinhalt

Verwendung eines Motion-Capturing-Systems, Datenanalyse für hochdimensionale Systeme.

Literatur

Skript
OLAT-Kurse

9.16 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.

9.17 Applied Deep Learning

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden beherrschen die Grundlagen und Methoden des Deep Learning und können diese zur Lösung verschiedener Probleme anwenden. Hierzu kennen sie sowohl die Grundlagen des Designs aber auch des Trainings tiefer neuronaler Netze sowie die Anwendungsgebiete und Besonderheiten verschiedener Netzarchitekturen. Diese können die Studierenden zielgerichtet anwenden, um Modelle zur Lösung von Aufgaben aus verschiedenen Anwendungsgebieten wie der Bilderkennung, Sequenzanalyse oder Verarbeitung natürlicher Sprache zu erstellen. Hierzu beherrschen die Studierenden die Grundlagen von Deep Learning Frameworks wie beispielsweise PyTorch oder TensorFlow. Weiterhin kennen sie die Risiken der Methoden und können diesen durch geeignete Gegenmaßnahmen angemessen entgegenwirken.

Inhalt

Aufbau und Grundlagen des Deep Learning vom Perzeptron zum tiefen neuronalen Netz. Modellerstellung durch das trainieren tiefer neuronaler Netze. Modellvalidierung, Modelloptimierung und Regularisierungsverfahren. Netzwerkarchitekturen wie Convolutional Neural Netwoks, Recurrent Neuronal Networks und Generative Neural Networks. Reinforcement Learning, Recomender Systeme und unüberwachte Lernansätzen. Hauptaspekte vertrauenswürdiger Künstlicher Intelligenz.

Literatur

Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, Deep Learning: Das umfassende Handbuch, mitp, 1. Aufl., 2018

9.18 Optiksimulation

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):	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.

9.19 Computational Methods in Radiation Medical Physics: Radiotherapy and Medical Imaging

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	SL: Vortrag
	Projekt	–	1-5	60	10	2	PL: mündliche Prüfung
	Selbststudium			60	–	2	–
Summe	–	–	–	150	40	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden lernen, wie aktuelle Probleme in medizinischer Strahlenphysik und Technik, Strahlentherapie und in medizinischer Bildgebung mittels computergestützten Methoden ausgearbeitet werden können.

Inhalt

Das Modul ist als praktische Projektarbeit (einzeln oder in Gruppen) mit Seminaren konzipiert. Es werden Simulationen und andere computergestützte Methoden für aktuelle Fragestellungen in medizinischer Strahlenphysik und Technik sowie in medizinischer Bildgebung (röntgenbasierte Bildgebung: CT, Röntgendiagnostik, Nuklearmedizinische Bildgebung) angewendet: Strahlentransport und Dosis-Berechnung für Therapie und Strahlenschutz; Tumorerkennung und Zielvolumendefinition für die Strahlentherapie, 4D-Bildgebung und Atem-Kompensation, etc.

9.20 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.

9.21 Einführung in die Quantentechnologien II: Anwendungen

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.	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.

9.22 Computermodelle für die Angewandte Physik mit Python

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 Projektarbeit
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	
	Projekt	–	k.A.	30	15	1	
	Selbststudium			60	–	2	–
Summe	–	–	–	150	75	5	–

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

Lernziele und Kompetenzen

In diesem Modul sollen die Studierenden lernen, mit der Programmiersprache Python und ergänzenden Softwarebibliotheken Probleme aus der (Angewandten) Physik in Computermodelle zu überführen. Zur Modellierung gehört neben der korrekten Umsetzung der physikalischen Prinzipien auch die computerbasierte Visualisierung mit der Möglichkeit, mit dem Modell zu interagieren. Die im Rahmen des Moduls zu erstellenden Computerprogramme enthalten daher auch interaktive Elemente, die es zum Beispiel erlauben, physikalische Parameter zu verändern und die Auswirkungen auf das Modell in Echtzeit zu studieren. Oft geht mit der programmiertechnischen Umsetzung eines physikalischen Problems ein tieferes Verständnis desselben einher. Gleichzeitig soll durch intensives Üben eine große Sicherheit im Umgang mit den Werkzeugen der Programmiersprache Python erreicht werden.
Am Ende des Moduls können Studierende eigenständig Probleme aus der Angewandten Physik in interaktive Computermodelle überführen. Die dafür nötigen Kenntnisse in der Programmiersprache Python werden vermittelt. Darüber hinaus kennen die Studierenden nach Abschluss des Moduls eine Vielzahl von ergänzenden Softwarebibliotheken und können diese für ihre Zwecke effizient einsetzen. Durch die Bearbeitung eines Softwareprojekts werden Selbständigkeit und Problemlösungskompetenz gestärkt. Optional haben die Studierenden auch gelernt, selbst erhobene Daten in die Modelle einfließen zu lassen.

Inhalt

Physikalische Phänomene oder Experimente als Computermodell; Vertiefung der Programmierkenntnisse in Python; Grundlagen der objektorientierten Programmierung ; Interaktive Computerprogramme mit 3D Grafik (VPython); Numerische Berechnungen (NumPy); Projektbasierte Softwareentwicklung; Optional: Einbindung von Physical Computing Plattformen (Arduino).

9.23 KI auf eingebetteten Systemen

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden verstehen grundlegende Verfahren des maschinellen Lernens und können deren Einsatz auf ressourcenbeschränkten eingebetteten Systemen beurteilen. Sie können für eine gegebene Problemstellung entscheiden, ob eine lokale Verarbeitung auf einem eingebetteten System (Edge AI/TinyML) zweckmäßig ist, und dabei insbesondere Latenz, Energieverbrauch, Speicher- und Rechenbedarf, Kosten sowie Datenschutz berücksichtigen. Die Studierenden können einen vollständigen Entwicklungsprozess für eine einfache Edge-AI-Anwendung durchführen: von der Erfassung und Aufbereitung geeigneter Sensordaten über Auswahl, Training und Bewertung eines Modells bis zu dessen Quantisierung, Implementierung und Untersuchung auf der Zielhardware. Sie können Modellgüte, Speicherbedarf, Inferenzzeit und Energiebedarf bestimmen, Implementierungsvarianten vergleichen und typische Grenzen eingebetteter KI-Systeme hinsichtlich Datenqualität, Generalisierung, Robustheit und Ressourcenbedarf beurteilen. Sie können geeignete Softwarebibliotheken und vortrainierte Modelle auswählen, an eine konkrete Aufgabenstellung anpassen sowie Vorgehensweise und Ergebnisse nachvollziehbar dokumentieren.

Inhalt

Das Modul behandelt die Entwicklung von Anwendungen des maschinellen Lernens auf ressourcenbeschränkten eingebetteten Systemen (TinyML/Edge AI). Ausgangspunkt sind typische Sensoranwendungen aus Naturwissenschaft und Technik. Behandelt werden Gewinnung und Aufbereitung von Sensordaten, grundlegende Verfahren des maschinellen Lernens und neuronaler Netze sowie Training, Validierung und Bewertung geeigneter Modelle. Weitere Themen sind Signalvorverarbeitung, Quantisierung, Verringerung des Ressourcenbedarfs und die Übertragung trainierter Modelle auf Mikrocontroller. An praktischen Anwendungen werden Speicherbedarf, Inferenzzeit, Energieverbrauch und Modellgüte untersucht und Implementierungsvarianten verglichen. Dabei werden auch Robustheit, Fehlklassifikationen, Datenschutz und Grenzen eingebetteter KI-Systeme betrachtet. Zum Einsatz kommen offene und lokal nutzbare Entwicklungswerkzeuge und Inferenzbibliotheken. Als typische Zielhardware dienen Mikrocontroller mit ML-Unterstützung, beispielsweise der ESP32-S3. Mögliche Anwendungen sind Audio- und Bildklassifikation, Keyword Spotting, Objekterkennung sowie weitere sensorbasierte Klassifikations- oder Regressionsaufgaben.

Literatur

aktuelle Literatur und Dokumentation im Internet

9.24 Forschungsprojekt (Research Project) SC

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:	UniKob
Lehrende:	alle Dozentinnen und Dozenten des Studiengangs M. Sc. Applied Physics		
Zwingende Voraussetzungen:	je nach Vorgabe des Projektes eventuell Teilnahme an der Laserschutz- oder Strahlenschutzbelehrung		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

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 dem Forschungsprojekt die Kompetenz, selbstständig eine Fragestellung für ein wissenschaftliches Problem zu entwickeln, diese auf dem Stand der aktuellen Forschungslage zu verfolgen und mithilfe eines geschulten analytischen Denkens und Urteilsvermögens weiterführende Erkenntnisse und Schlussfolgerungen zu generieren.
Sie können ein Forschungsprojekt gemeinsam im Team durchführen und sind nach Abschluss des Moduls in der Lage, weiterführende komplexe wissenschaftliche Sachverhalte zu verstehen, zu kommunizieren, argumentativ schlüssig zu verteidigen und zusammen mit den eigenen Projektergebnissen einem Fachpublikum aus Studierenden, Lehrenden, aber auch einer fachfremden Zuhörerschaft sowohl in Deutsch als auch in englischer Sprache 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

9.25 Aktuelle Themen der Kryptografie

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):	Jaekel	Sprache:	Deutsch/Englisch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Hemmert		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	elementare lineare Algebra		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Die Vorlesung bietet eine Einführung in die Kryptografie und behandelt auch moderne Post-Quanten-Verfahren, die sich aktuell in der Standardisierung befinden. Die Studierenden kennen den Kontext, in dem Kryptografie eingesetzt wird, sowie die grundlegenden kryptografischen Primitive und wie sie eingesetzt werden. Sie können sicher mit den mathematischen Grundlagen umgehen, die ausgewählten asymmetrischen kryptografischen Verfahren zugrunde liegen. Sie kennen moderne Sicherheitsdefinitionen für asymmetrische Verschlüsselungsverfahren und können sie auf kryptografische Verfahren anwenden. Sie kennen die Sicherheitsannahmen, die weit verbreiteten asymmetrischen Verfahren zugrunde liegen, insbesondere die RSA-Annahme und LWE. Sie verstehen die Funktionsweise des RSA-Verschlüsselungsverfahrens sowie ausgewählter LWE-basierten Verschlüsselungsverfahren. Sie verstehen die Auswirkungen fehlertoleranter Quantencomputer für kryptografische Verfahren.

Inhalt

Beispiele für kryptografische Anwendungen, Sicherheitsziele, kryptografische Primitive (Blockchiffren, Hashfunktionen, Message Authentication Codes, asymmetrische Verschlüsselung, digitale Signaturen), Sicherheitsbegriffe für asymmetrische kryptografische Verfahren (indistinguishability under chosen plaintext/ciphertext attacks), modulare Arithmetik und Satz von Euler, RSA-Verschlüsselung, RSA-Padding-Algorithmen, RSA-Annahme und Faktorisierungsproblem, Bedrohung asymmetrischer Kryptografie durch Quantencomputer, Learning with Errors (LWE), gitterbasierte Verschlüsselung.

Bemerkungen

Die Vorlesung setzt Grundkenntnisse in Linearer Algebra voraus. Vorkenntnisse in Kryptografie werden nicht erwartet.

Literatur

Johannes Buchmann: Einführung in die Kryptographie, 6. Auflage. Springer 2016, ISBN 978-3-642-39774-5, pp. I-XXVI, 1-330.
Vadim Lyubashevsky: Basic Lattice Cryptography: The concepts behind Kyber (ML-KEM) and Dilithium (ML-DSA). IACR Cryptol. ePrint Arch. 2024: 1287 (2024).
Dan Boneh, Victor Shoup: A Graduate Course in Applied Cryptography. https://toc.cryptobook.us/.
Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik: Kryptografie quantensicher gestalten. 15.12.2021, https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/Publikationen/Broschueren/Kryptografie-quantensicher-gestalten.html.

10 Wahlmodule

10.1 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):	Ankerhold	Sprache:	je nach Ausland
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	ausländische Hochschule
Lehrende:	Lehrende der ausländischen Hochschule		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

Lernziele und Kompetenzen

Mit einem zeitlich begrenzten Aufenthalt an einer ausländischen Hochschule festigen die Studierenden ihre interkulturelle Kompetenz. Nach Abschluss des Moduls haben sie im jeweiligen Bereich ihre fachliche Kompetenz erhöhen aber auch soziale Kompetenzen wie Teamfähigkeit, Ambiguitätstoleranz, Anpassungsfähigkeit in einer fremden Umgebung und der Fähigkeit zur Metakommunikation sowie strategische Kompetenzen wie die Fähigkeit zur Problemlösung, Selbstreflexion, Organisationsfähigkeit und Fremdsprachenkenntnisse erweitern können.

Inhalt

Je nach gewählter Lehrveranstaltung.

Bemerkungen

Dieses Modul soll einen Auslandsaufenthalt im Rahmen des Masterstudiums erleichtern. Die gewählte Lehrveranstaltung muss an einer ausländischen Hochschule absolviert werden. Die Inhalte müssen dem Masterniveau entsprechen und im Zusammenhang mit dem Studium M.Sc. Applied Physics sinnvoll sein. Die in Frage kommenden Lehrveranstaltungen werden vorab mit dem Studiengangsleiter und einem/r betreuenden Fachkollegen/in abgesprochen.

Literatur

je nach Thema

10.2 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

10.3 Relativitätstheorie

Fach-semester	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.

10.4 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.

10.5 Astronomie und Astrophysik

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 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

10.6 Statistik für Naturwissenschaftler und Ingenieure

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

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

Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden kennen Maßzahlen und graphische Darstellungen zur uni- und bivariaten Beschreibung von Daten. Sie können stochastische Phänomene mit Zufallsvariablen modellieren und kennen die wichtigen parametrischen Verteilungen sowie deren Erwartungswerte und Varianzen. Sie können Hypothesen über experimentell gewonnene Daten statistisch testen und die gebräuchlichsten Konfidenzintervalle bestimmen.

Inhalt

Ggf: Kurze Einführung in die Software R oder zu Statistikfunktionen in Matlab.
Maßzahlen zur Beschreibung von Stichproben und deren Berechnung in R. Graphische Darstellungen von univariaten und bivariaten Verteilungen. Grundbegriffe der Wahrscheinlichkeitstheorie: Ereignisse, Wahrscheinlichkeit, Wahrscheinlichkeitsdichte und Verteilungsfunktion, Unabhängigkeit und bedingte Wahrscheinlichkeit, Erwartungswert, Varianz und Kovarianz, Quantile. Schätzung von Parametern und Konfidenzintervalle. Statistische Tests für normalverteilte Daten (t-Tests, Varianzanalyse) und analoge Rangtests.

Literatur

Christine Müller, Stochastik in den Ingenieurwissenschaften, Springer E-Book, 2013
Hans Benker, Statistik mit MATHCAD und MATLAB Springer, Berlin 2013

10.7 The New Venture Technology Project

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Seminar	–	20	75 (5 SWS)	75	2,5	PL: s. Bemerkungen
	Selbststudium			105	–	3,5	–
Summe	–	–	–	180	75	6	–

Modulbeauftragte(r):	Heinzen	Sprache:	Englisch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Heinzen, Farnung, Reifferscheid, Scheef		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics, M. A. Management, Leadership, Innovation		

Lernziele und Kompetenzen

In this module, MLI students focus on achieving specific learning outcomes and developing key competencies. The module centers around the complete product development process, starting with customer-centered scouting and ideation. Participants will acquire the skills needed to proficiently design, iterate, and manage new technologies while also gaining the ability to innovate (digital and technological) business models and finalize comprehensive business plans. This practical experience is provided through the New Venture Technology Project, which is open to students from both the management and mathematics faculties and replicates real-world business practices.
This interdisciplinary approach fosters the development of competencies in knowledge exchange and collaboration within diverse groups. Students are actively encouraged to collaborate with peers from different disciplines, enabling them to enhance their abilities to share ideas and approaches effectively. Throughout the product development journey, interdisciplinary teams receive training through targeted impulse workshops and benefit from individual coaching by subject matter experts, also from outside the university.
To successfully complete this module, students are required to translate their technical ideas into pitches and present them to the lecturers, investors, engineers, and other experts from outside the university. This process aligns with the module's focus on learning outcome that students have experienced to simulate a startup-foundation and the cultivation of competencies, such as interdisciplinary communication skills, that are required within that journey.

Inhalt

Seminar 1 (RAC-StartupLab, D226): 4.10-6.10.2024: 9-18h: Technology and Innovation Management: Teaming, Scouting and Ideation.
Venture-Talk (Team-Zoom & first Pitch betw. 14.10.-1.11.2024: Pitch in front of reknown CEO or Investor.
Seminar 2 (individual Team-Zoom betw. 4.11.-2.12.2024.: App Programming with Werner Farnung.
Seminar 3 (individual Team-Zoom betw. 1.12.2024-10.1.2025): Business Planning with Georg Reifferscheid.
Final Pitch with several experts, entrepreneurs and investors (RAC-StartupLab or one of the Technology Centers or Digital Hubs in Bonn or Koblenz): 11.1.2025, 9-12h.

Bemerkungen

Prüfungsleistung: Pitch und Business Plan

Literatur

Boutellier, Roman, and Mareike Heinzen. Growth through innovation: Managing the technology-driven enterprise. Springer Science & Business Media, 2014.
Edgar, Jonathan, and Saxon Tint. Additive manufacturing technologies: 3D printing, rapid prototyping, and direct digital manufacturing. Johnson Matthey Technology Review 59, no. 3 (2015): 193-198.

Goller, Ina, and John Bessant. Creativity for innovation management. Routledge, 2017.
Lewrick, Michael, Patrick Link, and Larry Leifer. The Design Thinking Playbook: Mindful Digital Transformation of Teams, Products, Services, Businesses and Ecosystems. John Wiley & Sons, 2018.
Osterwalder, Alexander, and Yves Pigneur. Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers. John Wiley & Sons, 2010.
Ries, Eric. The lean startup: How today's entrepreneurs use continuous innovation to create radically successful businesses. Crown Books, 2011.
Van Aerssen, Benno, and Christian Buchholz, eds. Das große Handbuch der Innovation: 555 Methoden und Instrumente für mehr Kreativität und Innovation im Unternehmen. Verlag Franz Vahlen, 2018.