

**Modulhandbuch**  
**für den kooperativen Masterstudiengang**  
**M. Sc. Applied Physics**

2023-11-07

Hochschule Koblenz  
RheinAhrCampus  
Fachbereich Mathematik und Technik  
und  
Universität Koblenz  
Fachbereich 3: Mathematik/Naturwissenschaften

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Pflichtmodule</b>	<b>6</b>
2.1	Höhere Mathematik	6
2.2	Atomphysik	7
2.3	Molekülphysik	8
2.4	Kern- und Teilchenphysik	9
2.5	Solid State Physics (03PH2501)	10
2.6	Theoretische Physik 1: Theoretische Mechanik, Elektrodynamik (03PH1109)	11
2.7	Theoretische Physik 2: Quantentheorie, statistische Physik und Thermodynamik (03PH2110)	12
2.8	Masterarbeit (MA)	13
2.9	Kolloquium	14
<b>3</b>	<b>Schwerpunktmodule: Lasertechnik und Optische Technologien</b>	<b>15</b>
3.1	Astronomie und Astrophysik	15
3.2	Computervisualistik	16
3.3	Physikalische Grundlagen von Sensoren	17
3.4	Röntgenphysik	18
3.5	Röntgenoptik	19
3.6	Nichtlineare Optik I: Grundlagen	20
3.7	Nichtlineare Optik II: Ultrakurze Laserpulse	21
3.8	Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung	22
3.9	Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse	24
3.10	Moderne Optikentwicklung	25
3.11	Lasermedizin und biomedizinische Optik	26
3.12	Methoden der Fernerkundung	27
<b>4</b>	<b>Schwerpunktmodule: Material- und Grenzflächenphysik</b>	<b>28</b>
4.1	Modellieren, Simulieren und Optimieren (V) (03MA2401)	28
4.2	Surface Science (03PH2503)	29
4.3	Applied Theoretical Physics (03PH2504)	30
4.4	Polymer Science (03PH2505)	31
4.5	Aktuelle Fragen der Materialanalyse	32
4.6	Röntgenphysik	33
4.7	Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung	34
4.8	Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse	36
4.9	Kernspintomographie	37
4.10	Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik	38
<b>5</b>	<b>Schwerpunktmodule: Medizintechnik</b>	<b>39</b>
5.1	Medizinische Bildverarbeitung 1 (04CV2002)	39
5.2	Computervisualistik	40
5.3	Physikalische Grundlagen von Sensoren	41
5.4	Dosimetrie ionisierender Strahlung und Strahlenschutz in Medizin und Technik	42
5.5	Ultraschallbildgebung	44
5.6	Röntgenphysik	45
5.7	Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung	46
5.8	Lasermedizin und biomedizinische Optik	48
5.9	Kernspintomographie	49

5.10	Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik	50
5.11	Physik und Technik der Strahlentherapie	51
5.12	Einführung in die Sportmedizin 1 (03SP2901)	53
5.13	Einführung in die Sportmedizin 2 (03SP2902)	54
5.14	Analyse funktioneller und struktureller MRT-Bildgebungsdaten	55
5.15	Regulatory Affairs	56
<b>6</b>	<b>Wahlmodule</b>	<b>57</b>
6.1	Medizinische Bild- und Signalverarbeitung	57
6.2	Mustererkennung	58
6.3	Auslandslehrveranstaltung	59
6.4	Parallel Computing	60
6.5	Kontinuumsmechanik	61
6.6	Relativitätstheorie	62
6.7	Ausgewählte Themen des Maschinellen Lernens	63
6.8	Künstliche Intelligenz	64
6.9	Fortgeschrittene Quantenmechanik	65
6.10	Quantenfeldtheorie	66
6.11	Applied Differential Equations (03MA2501)	67
6.12	Bildverarbeitung 1 (04CV1001)	68
6.13	Bildverarbeitung 2 (04CV1002)	69
6.14	Entrepreneurship (04IM1016)	70
6.15	Entrepreneurial Design Thinking (04IM2009)	72
6.16	Entrepreneurial Strategies (04IM2009)	73
6.17	Numerische Methoden der Angewandten Physik	75
6.18	Wissenschaftliches Rechnen und Simulation	76
6.19	Wissenschaftliche Datenanalyse	77
6.20	Statistik für Naturwissenschaftler und Ingenieure	78
6.21	Mikrocontrollertechnik	79
6.22	Computer Aided Design	80
6.23	Mesh Processing (04CV2025)	81
6.24	Forschungsprojekt (Research Project)	82
6.25	Moderne Objektorientierte Programmierung	83
6.26	Founding and Managing Startups: The New Venture Technology Project - SoSe 2024	84
6.27	Biomechanische Simulation	86
6.28	Softwaretechnik	87
6.29	Quantum Computing and Quantum Information	89
6.30	Deep Learning	90
6.31	Computational Methods in Radiation Medical Physics: Radiotherapy and Medical Imaging	91
6.32	Machine Learning	92
6.33	Funktionale Sicherheit	93

# 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  $1 \text{ LP} = 30 \text{ h}$ .

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  $1 \text{ SWS} = 15 \text{ h}$ .

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 RheinAhrCampus 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:	RheinAhrCampus 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
Turnus:	Wintersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Schmidt		
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	15	1,5	
	Selbststudium	–	–	75	–	2,5	SL: Testate
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Praktikumsinhalt

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

### Literatur

Script zur Vorlesung

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

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

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

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Literatur

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



## 2.4 Kern- und Teilchenphysik

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

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

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

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

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

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

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

## 2.5 Solid State Physics (03PH2501)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Vorlesung	3525011	30	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur oder mündliche Prüfung SL: Regelmäßige Teilnahme
	Übung	3525012	20	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium				120	–	4
Summe	–	–	–	180	60	6	–
Modulbeauftragte(r):		Fischer			Sprache:		Englisch
Turnus:		Sommersemester			Standort:		UniKob
Lehrende:		Fischer					
Zwingende Voraussetzungen:		keine					
Inhaltliche Voraussetzungen:		keine					
Verwendbarkeit:		M. Sc. Applied Physics, M. Sc. Chemie und Physik funktionaler Materialien, 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.

## 2.6 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):	Fischer	Sprache:	Deutsch
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.

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

Fachsemester	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):	Fischer	Sprache:	Deutsch
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.

## 2.8 Masterarbeit (MA)

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

Modulbeauftragte(r):	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.

### Bemerkungen

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

## 2.9 Kolloquium

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

### 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 Schwerpunktmodule: Lasertechnik und Optische Technologien

## 3.1 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					
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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

Bei diesem Modul stehen zunächst Methoden und Werkzeuge der Computergrafik im Vordergrund. Neben der Grafikpipeline werden Farb- und Beleuchtungsmodelle präsentiert. Sodann werden programmieretechnische 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.



### 3.3 Physikalische Grundlagen von Sensoren

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 SL: Testate
	Praktikum	–	k.A.	45	15	1,5	
	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.

### 3.4 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		
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

### 3.5 Röntgenoptik

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

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

#### Lernziele und Kompetenzen

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

#### Inhalt

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

#### Literatur

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

### 3.6 Nichtlineare Optik I: Grundlagen

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Seminar	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	SL: Vortrag oder Hausarbeit
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–
Modulbeauftragte(r):		Wilhein			Sprache:		Deutsch
Turnus:		Wintersemester			Standort:		RAC
Lehrende:		Wilhein					
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

### 3.7 Nichtlineare Optik II: Ultrakurze Laserpulse

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

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

#### Lernziele und Kompetenzen

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

#### Inhalt

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

#### Literatur

Rulliere: Femtosecond Laser Pulses, Springer Verlag

## 3.8 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	15	1,5	SL: s. Bemerkungen
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Ankerhold, Irsen, 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

Kohärente und inkohärente Strahlungsquellen, Detektoren für den IR-, VIS- und UV-Bereich, Laser-Doppler-Anemometrie, Interferometrie, Beugung und Beugungsbegrenzung, Lichtmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie (REM), Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), Scanning Tunneling Microscopy (STM), Atomic Force Microscopy (AFM), Optische Kohärenztomographie (OCT), Speckle-Varianz-Methode, konfokale Laser-Scanning-Verfahren, bildgebende Analyseverfahren, Bildgebung jenseits der Abbeschen Auflösungsgrenze, STED-Mikroskopie.

### Praktikumsinhalt

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

### Bemerkungen

Das Projekt schließt mit einer Präsentation 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

### 3.9 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 Selbststudium	–	k.A.	45 75	15 –	1,5 2,5	SL: Testate –
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

#### Lernziele und Kompetenzen

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

#### Inhalt

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

#### Praktikumsinhalt

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

#### Literatur

Script zur Vorlesung

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

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

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

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



### 3.10 Moderne Optikentwicklung

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

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

#### Lernziele und Kompetenzen

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

#### Inhalt

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

### 3.11 Lasermedizin und biomedizinische Optik

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

## 3.12 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 Schwerpunktmodule: Material- und Grenzflächenphysik

## 4.1 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 und Netzwerke, 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.

## 4.2 Surface Science (03PH2503)

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

### 4.3 Applied Theoretical Physics (03PH2504)

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

Modulbeauftragte(r):	Fischer	Sprache:	Englisch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	UniKob
Lehrende:	Fischer		
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.

## 4.4 Polymer Science (03PH2505)

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

## 4.5 Aktuelle Fragen der Materialanalyse

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 Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 105	15 –	0,5 3,5	SL: Vortrag –
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden lernen wichtige Messverfahren für materialwissenschaftliche Fragestellungen kennen. Sie beherrschen deren physikalischen Grundlagen. Sie sind in der Lage, diese selbstständig auszuwählen und einzusetzen.

### Inhalt

Messverfahren der Materialanalyse; physikalische Grundlagen des Messprozesses; apparative Beschränkungen und Fehlerquellen; typische Anwendungsbeispiele und Einsatzgebiete.



## 4.6 Röntgenphysik

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: Klausur
	Seminar	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	SL: Vortrag
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–
Modulbeauftragte(r):		Wilhein			Sprache:		Deutsch
Turnus:		Sommersemester			Standort:		RAC
Lehrende:		Wilhein					
Zwingende Voraussetzungen:		keine					
Inhaltliche Voraussetzungen:		keine					
Verwendbarkeit:		M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics					

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Literatur

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

## 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 Selbststudium	–	k.A.	45 75	15 –	1,5 2,5	SL: s. Bemerkungen
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Ankerhold, Irsen, 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

Kohärente und inkohärente Strahlungsquellen, Detektoren für den IR-, VIS- und UV-Bereich, Laser-Doppler-Anemometrie, Interferometrie, Beugung und Beugungsbegrenzung, Lichtmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie (REM), Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), Scanning Tunneling Microscopy (STM), Atomic Force Microscopy (AFM), Optische Kohärenztomographie (OCT), Speckle-Varianz-Methode, konfokale Laser-Scanning-Verfahren, bildgebende Analyseverfahren, Bildgebung jenseits der Abbeschen Auflösungsgrenze, STED-Mikroskopie.

### Praktikumsinhalt

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

### Bemerkungen

Das Projekt schließt mit einer Präsentation 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 Selbststudium	–	k.A.	45 75	15 –	1,5 2,5	SL: Testate –
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

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 Kernspintomographie

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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: Bloch-Gleichungen bei Multikompartementaustausch, n-Pool-Modelle, Off-Resonanz Sättigung und Messprinzipien des MT, Anwendungen in Neurologie und Onkologie; R1 Mapping: Grundlagen, Einfluss von Multikompartementaustausch auf R1, Messsequenzen; R2 und R2\* Mapping: Prinzipien, Fast vs. Slow Exchange, Anwendungen in der quantitativen Myelin-H<sub>2</sub>O-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.

## 4.10 Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik

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 Selbststudium	–	k.A.	60 60	15 –	2 2	SL: Testate –
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die 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 Kenntnisse 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 orts aufgelösten Photonendetektion für die nuklearmedizinische Bildgebung und für die Röntgenbildgebung; Physik und Technik der Gamma-Kamera, Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT), Positronen-Emissions Tomografie (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.

# 5 Schwerpunktmodule: Medizintechnik

## 5.1 Medizinische Bildverarbeitung 1 (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 Gladif		
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.

## 5.2 Computervisualistik

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

Bei diesem Modul stehen zunächst Methoden und Werkzeuge der Computergrafik im Vordergrund. Neben der Grafikpipeline werden Farb- und Beleuchtungsmodelle präsentiert. Sodann werden programmieretechnische 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.



## 5.3 Physikalische Grundlagen von Sensoren

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 SL: Testate
	Praktikum	–	k.A.	45	15	1,5	
	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.

## 5.4 Dosimetrie ionisierender Strahlung und Strahlenschutz in Medizin und Technik

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 Selbststudium	–	k.A.	45 75	15 –	1,5 2,5	SL: Testate –
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 Reparaturmechanismen; sie sind vertraut mit der Anwendung von nationalen und internationalen Dosimetrieprotokollen zur klinischen Dosimetrie und kennen die Grundsätze und rechtlichen Rahmenbedingungen des Strahlenschutzes.

### 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.

## 5.5 Ultraschallbildung

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 Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 105	15 –	0,5 3,5	SL: Vortrag
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

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

### 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.

## 5.6 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					
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

## 5.7 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 Selbststudium	–	k.A.	45 75	15 –	1,5 2,5	SL: s. Bemerkungen
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Ankerhold	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Ankerhold, Irsen, 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

Kohärente und inkohärente Strahlungsquellen, Detektoren für den IR-, VIS- und UV-Bereich, Laser-Doppler-Anemometrie, Interferometrie, Beugung und Beugungsbegrenzung, Lichtmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie (REM), Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), Scanning Tunneling Microscopy (STM), Atomic Force Microscopy (AFM), Optische Kohärenztomographie (OCT), Speckle-Varianz-Methode, konfokale Laser-Scanning-Verfahren, bildgebende Analyseverfahren, Bildgebung jenseits der Abbeschen Auflösungsgrenze, STED-Mikroskopie.

### Praktikumsinhalt

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

### Bemerkungen

Das Projekt schließt mit einer Präsentation 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

## 5.8 Lasermedizin und biomedizinische Optik

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



## 5.9 Kernspintomographie

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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: Bloch-Gleichungen bei Multikompartementaustausch, n-Pool-Modelle, Off-Resonanz Sättigung und Messprinzipien des MT, Anwendungen in Neurologie und Onkologie; R1 Mapping: Grundlagen, Einfluss von Multikompartementaustausch auf R1, Messsequenzen; R2 und R2\* Mapping: Prinzipien, Fast vs. Slow Exchange, Anwendungen in der quantitativen Myelin-H<sub>2</sub>O-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.

## 5.10 Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik

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

Modulbeauftragte(r):	Prokic	Sprache:	Deutsch
Turnus:	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 Kenntnisse 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 orts aufgelösten Photonendetektion für die nuklearmedizinische Bildgebung und für die Röntgenbildgebung ; Physik und Technik der Gamma-Kamera, Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT), Positronen-Emissions Tomografie (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.

## 5.11 Physik und Technik der Strahlentherapie

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

Geplant sind auch Gast-Vorträge von Fachärzten.

### Praktikumsinhalt

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

### **Bemerkungen**

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

## 5.12 Einführung in die Sportmedizin 1 (03SP2901)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3711021, 3711022, 3711023	50	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben gute anatomische und biomechanische Kenntnisse bzgl. des menschlichen neuromuskuloskeletalen Systems. Sie kennen die lateinische Bezeichnung der Skelettmuskulatur und können die mechano-morphologischen Eigenschaften und die Funktionen der Muskeln, Sehnen und Bänder des Körpers beschreiben. Sie kennen Lage, Form und Funktion der großen Gelenke und der Wirbelsäule mit ihren angrenzenden Strukturen, wie Bandscheiben und Bändern. Die Studierenden verfügen über grundlegende Kenntnisse der Physiologie des menschlichen Körpers. Sie verstehen die Arbeitsweise der Muskulatur und Funktionen des zentralen und peripheren Nervensystems. Sie haben Kenntnisse bezüglich der Belastung und Belastungsverträglichkeit sowie der mechanosensitivität von biologischen Strukturen. Die Studierenden können den Prozess der Reifung und Entwicklung von biologischer Strukturen im Kindes- und Jugendalter beschreiben und nachvollziehen. Sie haben Kenntnis über allgemeine Trainingsprinzipien und Trainingsmethoden zur Steigerung der sportlichen Leistung. Die Studierenden kennen die physikalischen Grundlagen zur biomechanischen Analyse von sportlichen Bewegungsabläufen des menschlichen Körpers.

### Inhalt

Skelettsystem mit großen Gelenken, Muskulatur, Sehnen, Bänder, Nervensystem, Plastizität von biologischen Strukturen, Belastung und Belastungsverträglichkeit, physikalische Grundlagen der Biomechanik, Neuromechanik des Muskuloskeletalen-Systems.

### Bemerkungen

Das Modul wird semesterübergreifend unterrichtet und setzt sich aus den Vorlesungen Einführung in die Sportmedizin (3711021, 2 SWS), Bewegungswissenschaft (3711022, 1 SWS) und Trainingswissenschaft (3711023, 1 SWS) zusammen.

## 5.13 Einführung in die Sportmedizin 2 (03SP2902)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Seminar Selbststudium	3721102	20	30 (2 SWS) 90	30 –	1 3	benotetes Referat –
Summe	–	–	–	120	30	4	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studenten haben vertieftes Wissen über die physikalischen Größen zur biomechanischen Betrachtung von Bewegungen des menschlichen Körpers. Sie kennen die Grundgesetze der Mechanik und können diese zur Analyse sportlicher Bewegungsabläufe anwenden. Sie haben Kenntnis über aktuelle Theorien sportbezogener Bewegung und ihrer Veränderung aus bewegungswissenschaftlicher Perspektive. Die Studierenden haben grundlegendes Wissen über die Interaktion von Muskeln und Sehnen bei funktionellen Bewegungen. Sie erlangen die Fähigkeit, aktuelle Publikationen aus der Bewegungswissenschaft / Biomechanik kritisch reflektierend zu verfolgen und für die persönliche Fortbildung zu nutzen.

### Inhalt

Muskelmechanik, kinematische Größen der Translation und Rotation, Kraft, Masse, Körperschwerpunkt, Messung der Bodenreaktionskraft mit Kraftmessplatte, 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 optische Messverfahren.

### Bemerkungen

Das Modul besteht aus dem Seminar Vertiefung Bewegungswissenschaft (3721102, 2 SWS).

## 5.14 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 SL: Testate
	Praktikum	–	k.A.	45	15	1,5	
	Selbststudium	–	–	75	–	2,5	
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Scheef	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	Scheef		
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 Preprocessing 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), Handmorphometrie, Voxel-basierte Morphometrie (VBM), Oberflächenbasierte Morphometrie.

### Praktikumsinhalt

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

## 5.15 Regulatory Affairs

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 Selbststudium	–	k.A.	30 (2 SWS) 90	30 –	1 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 den regulatorischen Rahmen aus Vorgaben und Qualitätsanforderungen, welche Hersteller, Händler und Zulieferer von Medizinprodukten erfüllen müssen, beschreiben und sind in der Lage Projekte nach den entsprechenden Konformitätskriterien durchzuführen. Sie können die Grundsätze relevanter EU-Verordnungen, länderspezifischer Gesetze sowie Normen benennen und können die Vorgaben für weitere Länder identifizieren und in Kontext setzen.

Weiterhin sind sie vertraut im Umgang mit gängigen Qualitätsmanagementsystemen für den Medizinprodukte-Sektor.

Die Studierenden kennen die grundlegenden sicherheitstechnischen Anforderungen an Medizinprodukte, können Risikoanalysen durchführen und daraus Maßnahmen ableiten. Sie können notwendige Prüf- und Validierungsanforderungen an Produkte und deren Herstellungsprozesse identifizieren und durchführen.

Die Studierenden kennen die Struktur der Technischen Dokumentation sowie die notwendigen Schritte, um ein Medizinprodukt auf den Markt zu bringen.

### Inhalt

Regulatorische Rahmenwerk und Zulassungsvoraussetzungen von Medizinprodukten. 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 Methodvalidierung sowie Qualitätssicherung des Herstellungsprozesses.

### 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 13849 Medizinprodukte – Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen für regulatorische Zwecke, Beuth Verlag.

DIN EN ISO 14971 Medizinprodukte – Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte, Beuth Verlag.

Anforderungen an Medizinprodukte, J. Harer, C. Baumgartner, 4te Auflage, Hanser Verlag.



# 6 Wahlmodule

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

Modulbeauftragte(r):	Dellen	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Dellen		
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 fortgeschrittene Bildcharakteristika, Kenntnis fortgeschrittene Bildsegmentierung, Methoden zur Signalverbesserung und Analyse, Einblick in aktuelle Fragestellungen der Forschung. Kenntnis grundlegender Algorithmen und ihrer Programmierung (Matlab).

### Inhalt

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

### Bemerkungen

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

### Literatur

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

## 6.2 Mustererkennung

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Bemerkungen

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

### Literatur

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

### 6.3 Auslandslehrveranstaltung

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

Modulbeauftragte(r):	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, Anpassungsfähigkeit in einer fremden Umgebung und der Fähigkeit zur Metakommunikation sowie strategische Kompetenzen wie die Fähigkeit zur Problemlösung, 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

## 6.4 Parallel Computing

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	PL: 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 parallelization, that are used in almost every modern hardware, from cell phones and laptops to workstations, GPUs and PC clusters. The students will solve problems arising from engineering and mathematical applications on several of those hardwares and will present their results.

### Inhalt

Different Parallel Programming models:

Threads (C, C++, Java 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

## 6.5 Kontinuumsmechanik

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Literatur

G.M. Seed, "Strength of Materials", Saxe-Coburg Pub., 2001

J.Bonet and R.D.Wood, "Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis", Cambridge University Press, 2008

## 6.6 Relativitätstheorie

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung mit integr. Übung Selbststudium	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Hausarbeit
				90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–
Modulbeauftragte(r):		Kremer			Sprache:		Deutsch
Turnus:		nach Bedarf und Möglichkeit			Standort:		RAC
Lehrende:		Kremer					
Zwingende Voraussetzungen:		keine					
Inhaltliche Voraussetzungen:		keine					
Verwendbarkeit:		M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics					

### Lernziele und Kompetenzen

Die 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,  $E=mc^2$ , 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.

## 6.7 Ausgewählte Themen des Maschinellen Lernens

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

Modulbeauftragte(r):	Kschischo	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes dritte Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Dellen, Hamaekers, Jaekel, Kschischo		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	Lineare Algebra und Analysis mehrerer Variabler, Wahrscheinlichkeitsrechnung, Grundkompetenzen zum Maschinellen Lernens (wie etwa im Grundlagenmodul vermittelt), Programmierkenntnisse		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden arbeiten sich in ein aktuelles Thema des Maschinellen Lernens oder zum Thema Data Science ein, wobei sie auch anspruchsvolle Fachliteratur durcharbeiten. Dabei erweitern sie ihre Methodenkompetenz und auch die Fähigkeiten, eigenständig neues Wissen zu erwerben.

### Inhalt

Ein aktuelles Thema zum Maschinellen Lernen. Dies könnte beispielsweise in eines der ff. Themenbereiche fallen: Reinforcement Learning, Grafische Modelle, Kausalmodelle, Representation Learning, Manifold Learning, Clustering, Dynamic Systems Learning. Es kann optional auch ein Inverted Classroom Modell gewählt werden.

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Literatur

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



## 6.9 Fortgeschrittene Quantenmechanik

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

## 6.10 Quantenfeldtheorie

Fach-semester	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 Selbststudium	–	30	15 (1 SWS) 105	15 –	0,5 3,5	
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

## 6.11 Applied Differential Equations (03MA2501)

Fach-semester	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 SL: Regelmäßige Teilnahme
	Übung	3625012	20	15 (1 SWS)	15	0,5	
	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, they 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 initial 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 eine Gruppengröße von 15 Teilnehmern.

## 6.12 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: Hystereseverfahren, Hough-Transformation für Linien. Regionensegmentierung: Split and Merge, CSC, RAG und RSE-Graph, Konturen.

## 6.13 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.

## 6.14 Entrepreneurship (04IM1016)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	04IM1016-1	30	30 (2 SWS)	30	1	PL: Hausarbeit
	Übung	04IM1016-2	30	30 (2 SWS)	30	1	SL: Vortrag
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	NN	Sprache:	Englisch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	UniKob
Lehrende:	von Korflesch		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

Knowledge and understanding: Upon successful completion of this module, students will understand the basic theories and models of entrepreneurship, identify the relevant tools, models and information necessary for dealing with entrepreneurial problem situations, and develop an understanding of the basic principles of entrepreneurship.

After the successful completion of this module students: - understand the basic theories and models of entrepreneurship; - can identify the relevant tools, models and information which are necessary for dealing with entrepreneurial problem situations; - can apply the models and instruments taught in the module in a practical situation; - can distinguish between different models and theories to choose the best fitting for their entrepreneurial idea; - can create their own business plan with regard to the content covered in the module; - can judge business ideas with regard to their feasibility and scalability.

Communication and cooperation (key competences): Conceptual competencies, Communication skills, Ability to work in a team, Leadership ability/ Making decisions/ Acting entrepreneurially. Time management/Organization.

### Inhalt

Students will be provided with a general introduction into the concepts of entrepreneurship and learn to develop a complete business plan. After finishing this module students will be enabled to collect and critically evaluate information regarding company foundation, company takeover as well as growth and internationalization. Furthermore, they will learn methods to develop creative ideas and initiate problem solving processes. Entrepreneurship has been established in start-up and corporate environments. The objective of this module is to provide an introduction in the topic of entrepreneurship through examples and case studies across different sectors.

Macro-structure: - Introduction to entrepreneurship; - Entrepreneurial methods; - Entrepreneurial personality and mindset; - Teams and leadership; - Creativity and opportunities; - Customer development; - Minimum viable product; - Business models; - Entrepreneurial marketing and elevator pitching; - Entrepreneurial finance and presentation.

### Literatur

Grichnik, Dietmar; Brettle, Malte; Koropp, Christian; Mauer, René (2010): Entrepreneurship: Unternehmerisches Denken, Entscheiden und Handeln in innovativen und technologieorientierten Unternehmen. Schäffer-Poeschel: Stuttgart.

Fueglistaller, Urs; Müller, Christoph; Volery, Thierry (2008): Entrepreneurship: Modelle, Umsetzung, Perspektiven. Gabler: Wiesbaden.

NUK Netzwerk Und Know-how (2012 oder aktueller): Handbuch Businessplan-Wettbewerb. Sparkasse

KölnBonn: Köln, [www.n-u-k.de/](http://www.n-u-k.de/).

Buch, Nikolaus; Oehme, Sven C.; Punkenhofer, Robert (2003): Firmengründung in den USA: Ein Handbuch für die Praxis. Springer: Berlin.

De, Dennis A. (2005): Entrepreneurship: Gründung und Wachstum von kleinen und mittleren Unternehmen. Pearson Studium: München.

Dowling, Michael; Drumm, Hans-Jürgen (2003): Gründungsmanagement. Vom erfolgreichen Unternehmensstart zu dauerhaftem Wachstum, 2. Aufl., Springer: Berlin.

Kollmann, Tobias (2011): E-Entrepreneurship. 4. Aufl., Gabler: Wiesbaden, ISBN-10: 3834903817.

Volkman, Christine K.; Tokarski, Kim O. (2006): Entrepreneurship: Gründung und Wachstum von jungen Unternehmen. UTB Lucius & Lucius: Stuttgart.

## 6.15 Entrepreneurial Design Thinking (04IM2009)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	4220091	6-90	30 (2 SWS)	30	1	s. Bemerkungen
	Übung	4220092	6-24	30 (2 SWS)	30	1	
	Selbststudium			120	–	4	
Summe	–	–	–	180	60	6	–
Modulbeauftragte(r):		von Korflesch			Sprache:		Deutsch oder Englisch
Turnus:		jedes dritte Semester			Standort:		UniKob
Lehrende:		von Korflesch					
Zwingende Voraussetzungen:		keine					
Inhaltliche Voraussetzungen:		Broad interest and understanding of scientific processes and knowledge transfer issues.					
Verwendbarkeit:		B. Sc. Informationsmanagement, M. Sc. Applied Physics					

### Lernziele und Kompetenzen

The objective of this module is to provide an in-depth experience of the methodology of “entrepreneurial design thinking” for scientific entrepreneurship and the broader framework of technology transfer. After studying this module, students are able to understand the basics of scientific entrepreneurship’s challenges, the process and related instruments of design thinking, as well as the technology transfer framework. After the entrepreneurial design thinking process, they will be able to self-detect problems which offer opportunities for entrepreneurial activities. Also, they gained competences in implementing artefacts in terms of problem solutions and to analyse and elaborate on a business canvas, independently. In addition, they will be able to systematically present their solutions in a professional setting simulating venture capitalists’ potential interests in investing into their solutions. The critical investigation and analysis of the technology transfer framework will offer additional insights into other ways of how to transfer scientific knowledge into value-creating products and services and will enable them to self-reliantly identify starting-points for in-depth analysis, problem identification and solutions with regard to idea, knowledge and technology transfer.

### Inhalt

Scientific Entrepreneurship, Entrepreneurial Design Thinking, Technology Transfer.

### Bemerkungen

Prüfungsform: Seminal work (ca. 5000 words) and presentation in workshop; Presentations and small seminal works (ca. 2.500 words) in exercises (Modulprüfung)



## 6.16 Entrepreneurial Strategies (04IM2009)

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	04IM2010-1	30	15 (1 SWS)	15	0,5	s. Bemerkungen
	Übung	04IM2010-2	30	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			150	–	5	
Summe	–	–	–	180	30	6	–
Modulbeauftragte(r):		von Korflesch			Sprache:		Deutsch oder Englisch
Turnus:		jedes dritte Semester			Standort:		UniKob
Lehrende:		von Korflesch					
Zwingende Voraussetzungen:		keine					
Inhaltliche Voraussetzungen:		keine					
Verwendbarkeit:		B. Sc. Informationsmanagement, M. Sc. Applied Physics					

### Lernziele und Kompetenzen

After the successful completion of this module students: can explain the key strategic choices facing start-up innovators, can elaborate on the role of strategy in a new enterprise, as well as how entrepreneurs can trade off learning and experimentation with strategic commitment, can describe the theoretical foundations for choosing the customer, the technology, and the identity, can identify the need for choosing an entrepreneurial strategy and relate this to real-life cases, can decide on the best suitable strategies for entrepreneurs with regard to different environmental conditions, can implement the proposed strategies on a conceptual-analytical level, can evaluate cases in different industries, can apply the theory of entrepreneurial strategies to own and other's start-up ideas.

Knowledge and understanding: Students will be able to explain the key strategic decisions faced by start-up innovators, understand the role of strategy in a new business, and recognize how entrepreneurs can balance learning and experimentation with strategic engagement.

Use, application and generation of knowledge: Analyze and structure: Students can describe the theoretical basics for the choice of customer, technology and identity. They will be able to implement the proposed strategies on a conceptual-analytical level and to evaluate them in start-up cases in different industries. Decide: Students can decide which strategies are best suited for entrepreneurs, taking into account the different environmental conditions, and they can implement the proposed strategies at the conceptual-analytical level. Transfer: Students can recognise the necessity of choosing an entrepreneurial strategy and relate it to real cases and are able to apply the theory of entrepreneurial strategies to their own and others' start-up ideas.

Communication and cooperation (key competences): Conceptual competencies, Communication skills, Presentation skills, Ability to work in a team, Leadership ability/ Making decisions/ Acting entrepreneurially, Negotiate, Intercultural Competence, Time management/Organization.

### Inhalt

This module provides an integrated strategy framework for innovation-based entrepreneurs. The module is structured to provide a deep understanding of the core strategic choices facing start-up innovators, a synthetic framework for the development and implementation of entrepreneurial strategy in dynamic environments, and the ability to scale those ventures over time. A central theme of the module is that, to achieve competitive advantage, technology entrepreneurs must balance the process of experimentation and learning inherent to entrepreneurship with the selection and implementation of a strategy that establishes competitive advantage. The module identifies the key choices entrepreneurs make to take advantage of a novel opportunity and the logic of particular strategic commitments and positions that allow entrepreneurs to establish competitive advantage.

The module draws on a rapidly emerging body of research in entrepreneurial strategy that moves beyond

the “one size fits all” approach to start-ups and instead focuses on the key choices that founders face as they start and scale their business. The cases and assignments offer an opportunity to integrate and apply the entrepreneurial strategy framework in a practical way, and draws from a diverse range of industries and settings.

Macro-structure: Entrepreneurs need strategy, Choosing how to create and capture value, Choosing an entrepreneurial strategy, Putting entrepreneurial strategy to the test, Strategic learning and experimentation.

### **Bemerkungen**

Prüfungsform: Written assignment (processing time: 4 weeks).

Format and Procedures: Students have to weekly attend the sessions. Each Session consists of own Power-Point slides, or videos from external provider. For each session additional reading material is provided in form of available books, paper/articles. Each session presentation should not exceed 20 minutes.

### **Literatur**

Georg von Krogh, Kazuo Ichijo, und Ikujiro Nonaka: Enabling Knowledge Creation: How to Unlock the Mystery of Tacit Knowledge and Release the Power of Innovation, Oxford University Press.

Gilbert J. B. Probst, Steffen Raub, und Kai Romhardt: Wissen managen. Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen, Gabler.

Ulrich Thomé: Kooperations-Engineering. Eul

Stefan Klein und Angeliki Poulymenakou: Managing Dynamic Networks: Organizational Perspectives of Technology Enabled Inter-Firm Collaboration, Springer.

Günther Schuh, Thomas Friedli, und Michael A. Kurr: Kooperationmanagement, Hanser Wirtschaft.

## 6.17 Numerische Methoden der Angewandten Physik

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 Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 105	15 –	0,5 3,5	
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden vermögen, die zunehmend anspruchsvollen Probleme der Angewandten Physik mit den Werkzeugen der Numerischen Mathematik zu behandeln. Sie erlangen durch intensives Üben eine große Sicherheit im Umgang mit diesen Werkzeugen. Sie haben spezielle Probleme des wissenschaftlichen Rechnens erfasst. Nach Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage, grundlegende Techniken aber auch schwierige Sachverhalte der Numerischen Mathematik zu präsentieren. Sie haben ein tiefergehendes Verständnis für Abstraktes und Algorithmisches Denken gewonnen. Sie können die Numerische Mathematik als Werkzeug einsetzen und haben dabei zusätzlich ihre Programmierkenntnisse erweitert.

### Inhalt

Grenzen der Rechengenauigkeit auf dem Computer, Generieren von Zufallszahlen, einfache Monte-Carlo-Methoden, lineare Gleichungssysteme und Lösungsverfahren, finite Differenzen, Anwendungsbeispiele aus der Physik, Eigenwerte berechnen, Interpolation in 1D und 2D, Nullstellen berechnen, Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen, Beispiele aus der Physik.

## 6.18 Wissenschaftliches Rechnen und Simulation

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.	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		
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 Löser in Matlab. Benutzung eines kommerziellen Simulationswerkzeugs auf modernen Rechnern.

## 6.19 Wissenschaftliche Datenanalyse

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: Klausur
	Übung	–	k.A.	15 (1 SWS)	15	0,5	
	Selbststudium			90	–	3	
Summe	–	–	–	150	60	5	–
Modulbeauftragte(r):		Neeb			Sprache:		Deutsch
Turnus:		Wintersemester			Standort:		RAC
Lehrende:		Neeb					
Zwingende Voraussetzungen:		keine					
Inhaltliche Voraussetzungen:		keine					
Verwendbarkeit:		M. Sc. Applied Physics					

### Lernziele und Kompetenzen

Wesentliche Konzepte im Bereich der wissenschaftlichen Analyse von experimentellen Daten werden in der Veranstaltung vorgestellt. Die Studierenden erhalten einen Einblick in die Strategien zur Analyse umfangreicher Datensätze sowie deren korrekte statistische Interpretation. Sie sind nach Besuch der Veranstaltung in der Lage, eigene Messreihen statistisch korrekt zu planen und auszuwerten.

### Inhalt

Wahrscheinlichkeiten und Zufallszahlen: Verteilungsfunktion und Wahrscheinlichkeitsdichte, Momente einer Verteilungsfunktion, Monte-Carlo Methoden zur rechnergestützten Erzeugung von Zufallszahlen, wichtige Verteilungen, Zentraler Grenzwertsatz, bedingte Wahrscheinlichkeiten. Anpassung von Modellen an Messdaten: kleinste Quadrate, Anpassung linearer und nichtlinearer Funktionen an Messdaten, Konfidenzintervalle. Statistische Schätzung von Parametern: Maximum Likelihood, Informationsungleichung, Schätzung kleinster Varianz, Satz von Bayes, Maximum A posteriori Schätzung, Beispiele und Anwendungen. Prüfung von Hypothesen: Allgemeine Begriffe, Nullhypothese, Gegenhypothese, Students t-Test  $\chi^2$ -Test, Kontingenztafel und Vierfeldertest. Einblicke in die multivariate Datenanalyse: maschinelles Lernen: System Design, Merkmalsextraktion und -generierung, lineare und logistische Regression, Gradientenverfahren, neuronale Netze, Support Vector Machines, Clusteranalyse (K-Means, Hierarchical Clustering, DBSCAN), Ausreißer-Detektion.

## 6.20 Statistik für Naturwissenschaftler und Ingenieure

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

Modulbeauftragte(r):	Neuhäuser	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Neuhäuser		
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

## 6.21 Mikrocontrollertechnik

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Projekt

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

### Bemerkungen

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

### Literatur

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

## 6.22 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, Warnecke		
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 mit 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.



## 6.23 Mesh Processing (04CV2025)

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	Klausur
	Übung	–	k.A.	30 (2 SWS)	30	1	
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die Veranstaltung vermittelt die Grundlagen der Geometrieverarbeitung in Theorie und Praxis. Die Theorie der Differentialgeometrie und Diskreten Differentialgeometrie wird in den Übungen durch geeignete Programmiersprachen vertieft.

### Inhalt

Introduction: surface representations, Data acquisition & surface reconstruction, Mesh data structures, Differential geometry I/II, Discrete differential geometry, Smoothing / denoising, Parameterization, Decimation / simplification, Remeshing, Shape editing / deformation, Model repair.

### Literatur

Mario Botsch, Mark Pauly, Christian Rössl, Stephan Bischoff, and Leif Kobbelt. Geometric modeling based on triangle meshes. In SIGGRAPH Course Notes, Boston, USA, 2006. ACM.  
 Mario Botsch, Mark Pauly, Leif Kobbelt, Pierre Alliez, Bruno Lévy, Stephan Bischoff, and Christian Rössl. Geometric modeling based on polygonal meshes. In SIGGRAPH Course Notes, San Diego, California, 2007. ACM. revised course notes

## 6.24 Forschungsprojekt (Research Project)

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Projekt

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

### Literatur

je nach aktueller Themenstellung

## 6.25 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 Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 105	15 –	0,5 3,5	
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Literatur

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

## 6.26 Founding and Managing Startups: The New Venture Technology Project - SoSe 2024

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Seminar Selbststudium	–	20	60 (4 SWS) 120	60 –	2 4	PL: s. Bemerkungen –
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	Heinzen	Sprache:	Englisch
Turnus:	einmalig	Standort:	RAC
Lehrende:	Heinzen, Farnung, Reifferscheid		
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): 5.4.2024: 14.15-17.30h, 6./7.4.2024: 9-18h: Technology and Innovation Management: Teaming, Scouting and Ideation  
 CEO-Talk (Team-Zoom & first Pitch betw. 22.-26.4.2024: Pitch in front of reknown CEO or Investor  
 Seminar 2 (individual Team-Zoom betw. 29.4.-2.6.2024): App Programming with Werner Farnung  
 Seminar 3 (individual Team-Zoom betw. 3.6.-22.6.2024): 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): 22.6.2024, 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.

## 6.27 Biomechanische Simulation

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung SL: Protokolle
	Praktikum Selbststudium	–	k.A.	15 75	15 –	0,5 2,5	
Summe	–	–	–	150	75	5	–

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

## 6.28 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 Selbststudium	–	k.A.	30 (2 SWS) 90	30 –	1 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



## 6.29 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		
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.  
 Phillip 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.

## 6.30 Deep 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 oder Projekt
	Übung Selbststudium	–	k.A.	30 (2 SWS) 90	30 –	1 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

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 Networks, Recurrent Neural Networks und Generative Neural Networks. Reinforcement Learning, Recommender Systeme und unüberwachte Lernansätze. Hauptaspekte vertrauenswürdiger Künstlicher Intelligenz.

### Literatur

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

## 6.31 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	–	k.A.	45	15	1,5	PL: mündliche Prüfung
	Selbststudium			75	–	2,5	–
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Prokic	Sprache:	Deutsch/Englisch
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 (Röntgen-basierte 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.

## 6.32 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 oder mündliche Prüfung
	Übung Selbststudium	–	k.A.	30 (2 SWS) 90	30 –	1 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 verstehen die Studierenden die Grundlagen und Methoden des Maschinellen Lernens und können diese zur Lösung verschiedener Probleme anwenden. Sie können den CRISP-DM Prozess anwenden um analytische Aufgaben zu lösen und somit eigene Data Science Prozesse designen, implementieren und evaluieren. Sie sind dazu in der Lage passende Verfahren für diverse Problemstellungen zu wählen sowie Daten so vorverarbeiten, dass diese zur Problemstellung 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 Python und die notwendigen Bibliotheken für das maschinelle Lernen einsetzen um neue Modelle mit Hilfe verschiedener Verfahren zu trainieren, evaluieren und anzuwenden.

### 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: CRISP-DM Prozessmodell für Data Science Anwendungen (Business Understanding, Data Understanding, Data Preparation, Modeling, Evaluation, Deployment); unüberwachtes Lernen: Clustering (Hierarchisches Clustering, k-means, usw.); überwachtes Lernen: Regression und Klassifikation (k-NN, Naive Bayes, Entscheidungsbäume, Ensemble Lernalgorithmen, Support Vector Machines, usw.); Evaluationstechniken und Metriken wie die Confusion Matrix, Precision, Accuracy, recall, F1-Score, ROC, etc.).

### Literatur

Raschka, Mirjalli: Python Machine Learning, Packt Publishing, 2019.  
VanderPlas, Jake: Data Science mit Python, mitp Verlag, 2018.

## 6.33 Funktionale Sicherheit

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

Modulbeauftragte(r):	Steimers	Sprache:	Deutsch
Turnus:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	RAC
Lehrende:	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 sicherheitsgerichtete Systeme zu konzipieren und umzusetzen. Hierzu verfügen sie über Fachkenntnisse zur Terminologie der funktionalen Sicherheit, kennen den Sicherheitslebenszyklus für die Entwicklung von sicherheitstechnischen Komponenten nach IEC 61508 und können notwendige Entwicklungstätigkeiten in dessen einzelnen Phasen definieren. Sie sind dazu in der Lage Sicherheitsfunktionen für sicherheitsgerichtete Systeme zu definieren, auszulegen und zu bewerten, um deren Risiken zu minimieren. Die Studierenden kennen verschiedene Sicherheitsarchitekturen sowie Diagnosemaßnahmen und können daraus geeignete Sicherheitskonzepte zum Design funktional sicherer Hardware und Software ableiten. Weiterhin können sie Ausfallwahrscheinlichkeiten für Komponenten ermitteln und daraus wichtige sicherheitsgerichtete Kenngrößen berechnen sowie die erhaltenen Ergebnisse bewerten.

### 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.