

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

14. Juli 2020

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

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Pflichtmodule</b>	<b>5</b>
2.1	Höhere Mathematik	5
2.2	Atomphysik	6
2.3	Molekülphysik	7
2.4	Kern- und Teilchenphysik	8
2.5	Solid State Physics (03PH2501)	9
2.6	Theoretische Physik 1: Theoretische Mechanik, Elektrodynamik (03PH1109)	10
2.7	Theoretische Physik 2: Quantentheorie, statistische Physik und Thermodynamik (03PH2110)	11
2.8	Masterarbeit (MA)	12
2.9	Kolloquium	13
<b>3</b>	<b>Schwerpunktmodule: Lasertechnik und Optische Technologien</b>	<b>14</b>
3.1	Astronomie und Astrophysik	14
3.2	Computervisualistik	15
3.3	Physikalische Grundlagen von Sensoren	16
3.4	Röntgenphysik	17
3.5	Röntgenoptik	18
3.6	Nichtlineare Optik I: Grundlagen	19
3.7	Nichtlineare Optik II: Ultrakurze Laserpulse	20
3.8	Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung	21
3.9	Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse	23
3.10	Moderne Optikentwicklung	24
3.11	Lasermedizin und biomedizinische Optik	25
3.12	Methoden der Fernerkundung	26
<b>4</b>	<b>Schwerpunktmodule: Material- und Grenzflächenphysik</b>	<b>27</b>
4.1	Modellieren, Simulieren und Optimieren (V) (03MA2401)	27
4.2	Surface Science (03PH2503)	28
4.3	Applied Theoretical Physics (03PH2504)	29
4.4	Polymer Science (03PH2505)	30
4.5	Aktuelle Fragen der Materialanalyse	31
4.6	Röntgenphysik	32
4.7	Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse	33
4.8	Kernspintomographie	34
4.9	Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik	35
<b>5</b>	<b>Schwerpunktmodule: Medizintechnik</b>	<b>36</b>
5.1	Medizinische Bildverarbeitung 1 (04CV2002)	36
5.2	Computervisualistik	37
5.3	Physikalische Grundlagen von Sensoren	38
5.4	Dosimetrie ionisierender Strahlung und Strahlenschutz in Medizin und Technik	39
5.5	Ultraschallbildgebung	40
5.6	Röntgenphysik	41
5.7	Moderne Verfahren in der hochauflösenden Bildgebung	42
5.8	Lasermedizin und biomedizinische Optik	44
5.9	Kernspintomographie	45
5.10	Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik	46

5.11	Physik und Technik der Strahlentherapie . . . . .	47
5.12	Einführung in die Sportmedizin 1 (03SP2901) . . . . .	48
5.13	Einführung in die Sportmedizin 2 (03SP2902) . . . . .	49
5.14	Analyse funktioneller und struktureller MRT-Bildgebungsdaten . . . . .	50
<b>6</b>	<b>Wahlmodule</b>	<b>51</b>
6.1	Medizinische Bild- und Signalverarbeitung . . . . .	51
6.2	Mustererkennung . . . . .	52
6.3	Auslandslehrveranstaltung . . . . .	53
6.4	Parallel Computing . . . . .	54
6.5	Kontinuumsmechanik . . . . .	55
6.6	Spezielle Relativitätstheorie . . . . .	56
6.7	Künstliche Intelligenz . . . . .	57
6.8	Fortgeschrittene Quantenmechanik . . . . .	58
6.9	Quantenfeldtheorie . . . . .	59
6.10	Applied Differential Equations (03MA2501) . . . . .	60
6.11	Bildverarbeitung 1 (04CV1001) . . . . .	61
6.12	Bildverarbeitung 2 (04CV1002) . . . . .	62
6.13	Entrepreneurial Design Thinking (04IM2009) . . . . .	63
6.14	Numerische Methoden der Angewandten Physik . . . . .	64
6.15	Wissenschaftliches Rechnen und Simulation . . . . .	65
6.16	Wissenschaftliche Datenanalyse . . . . .	66
6.17	Statistik für Naturwissenschaftler und Ingenieure . . . . .	67
6.18	Mikrocontrollertechnik . . . . .	68
6.19	Computer Aided Design . . . . .	69
6.20	Mesh Processing (04CV2025) . . . . .	70
6.21	Forschungsprojekt (Research Project) . . . . .	71
6.22	Moderne Objektorientierte Programmierung . . . . .	72
6.23	New Venture Technology Project . . . . .	73
6.24	Biomechanische Simulation . . . . .	75

# 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 am Campus Koblenz der Universität Koblenz-Landau 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.

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
CamKob:	Campus Koblenz der Universität Koblenz-Landau

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

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

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Literatur

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

## 2.4 Kern- und Teilchenphysik

Fach-semester	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 Tumortherapie, MRT.



## 2.5 Solid State Physics (03PH2501)

Fachsemester	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):	Wehner	Sprache:	Englisch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	CamKob
Lehrende:	Wehner		
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):	Wehner	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	CamKob
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):	Wehner	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	CamKob
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-Landau, in einem Unternehmen oder einer wissenschaftlichen Institution durchgeführt werden. Weitere Rahmenbedingungen sind der Prüfungsordnung zu entnehmen.

## 2.9 Kolloquium

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden erlangen ein tiefgehendes 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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### 3.3 Physikalische Grundlagen von Sensoren

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

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

#### Lernziele und Kompetenzen

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

#### Inhalt

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

#### Praktikumsinhalt

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



### 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

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

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

#### Lernziele und Kompetenzen

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

#### Inhalt

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

#### Praktikumsinhalt

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

#### Literatur

Script zur Vorlesung

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

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

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

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

### 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

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	
	Selbststudium			60	–	2	SL: Testate
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

#### Lernziele und Kompetenzen

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

#### Inhalt

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

## 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:		CamKob
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):		Wehner			Sprache:		Englisch
Turnus:		Wintersemester			Standort:		CamKob
Lehrende:		Wehner					
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):	Wehner	Sprache:	Englisch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	CamKob
Lehrende:	Wehner		
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:		CamKob
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 SL: Vortrag
	Seminar Selbststudium	–	k.A.	15 (1 SWS) 105	15 –	0,5 3,5	
Summe	–	–	–	150	45	5	–

Modulbeauftragte(r):	Hahn	Sprache:	Deutsch
Turnus:	Sommersemester	Standort:	RAC
Lehrende:	Hahn		
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 Laserspektroskopie und Lasermaterialanalyse

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

Entstehung von Atom- und Molekülspektren, Linienformen und 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)

## 4.8 Kernspintomographie

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

## 4.9 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	
	Selbststudium			60	–	2	SL: Testate
Summe	–	–	–	150	45	5	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

Studierende lernen und sammeln praktische Erfahrung im Umgang mit einem komplexen technischen System. Die Studierenden können theoretisches physikalisches Wissen auf eine konkrete Anwendung übertragen.

Die Studierenden sollen mithilfe dieses Moduls ihr Wissen und Verständnis über medizinische Physik im Anwendungsbereich Nuklearmedizin und Röntgendiagnostik ausbauen und festigen, und die Kenntnisse in Computertomographie weiter vertiefen. Die Studierenden unterscheiden hier zwischen Gamma-Kamera, Positronen-Emissionstomographie (PET) und Einzelphotonentomographie (SPECT). 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. Sie lernen die Grundlagen der Physik und Technik der Röntgendiagnostik.

### Inhalt

Unterschiedliche Detektortypen und verschiedene Ansätze der orts aufgelosten Photonendetektion für die Nuklearmedizinische Bildgebung (Gamma-Kammera, PET, SPECT) und für die Röntgenbildgebung ; Physik und Technik der Gamma-Kammera, Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT), Positronen-Emissions-Tomografie (PET); Rekonstruktions- und Korrekturverfahren von PET und SPECT; Physik und Technik der Röntgenbildgebung; Computertomographie: Bildrekonstruktion für die Fächerstrahlgeometrie; Spiral-CT; Dualenergie-CT; Prinzip und Zweck von Qualitätskontrollen an nuklearmedizinischen Bildgebungsgeräten und an Geräten für die Röntgenbildgebung; multimodale Geräte (z. B. SPECT/CT, PET/CT) charakterisieren und deren Vor- sowie Nachteile benennen und einschätzen; die wichtigsten klinischen und präklinischen Anwendungen der nuklearmedizinischen Bildgebung, der Computertomographie und der Röntgendiagnostik; Methoden und Verfahren zur Dosimetrie für nuklearmedizinische Therapie und Diagnostik; Methoden und Verfahren zur Dosimetrie und Qualitätssicherung für die Röntgenbildgebung und Computertomographie; die gesetzlichen und methodischen Grundlagen des Strahlenschutzes für die Bereiche der Röntgendiagnostik, Computertomographie und Nuklearmedizin.

# 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:	nach Bedarf und Möglichkeit	Standort:	CamKob
Lehrende:	Paulus, Lawonn		
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	
	Selbststudium			75	–	2,5	SL: Testate
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

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Praktikumsinhalt

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

## 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	–	k.A.	45	15	1,5	
	Selbststudium			75	–	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 beherrschen die Studierenden: Kenntnisse der Eigenschaften ionisierender Strahlung, Radioaktivität, LET und RBW und der Wechselwirkung von Strahlung mit Materie; Grundlagen der Strahlenbiologie; Kenntnisse von Dosisgrößen und Einheiten und von physikalischen Grundlagen der Dosimetrie ionisierender Strahlung; Kenntnisse von Messverfahren sowie von nationalen und internationalen; Dosimetrieprotokollen zur klinischen Dosimetrie; Theorie und Methodik zur Abschätzung eines Strahlenrisikos; Grundsätze und rechtliche Rahmenbedingungen des Strahlenschutzes; Kenntnisse zu Methoden des baulichen und organisatorischen Strahlenschutzes; Umsetzung des Strahlenschutzes von Patient und Personal in der Röntgen-Therapie und beim Umgang mit offenen und umschlossenen radioaktiven Substanzen; Kenntnisse der Strahlenschutzüberwachung und des Verhaltens bei Stör- und Unfällen; Durchführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen gemäß Normen und Verfahren.

### Inhalt

Physikalische Grundlagen der klinischen Dosimetrie ionisierender Strahlung, Messverfahren zur klinischen Dosimetrie, Grundlagen der Strahlenbiologie, deterministische und stochastische Strahlenwirkungen, Strahlenwirkungen auf DNA und Zellen, Gewebe, Organe und Tumorgewebe, Strahlenrisiko, strahleninduzierte Karzinogenese, Grundlagen der Epidemiologie, Dosiswirkungszusammenhänge, Strahlenschutzkonzepte – Grundlagen und Grundprinzipien, gesetzliche Grundlagen: Rechtsvorschriften, Normen und Leitlinien auf dem Gebiet des Strahlenschutzes und der Qualitätssicherung, dosimetrische Besonderheiten bei Teletherapie, Röntgentherapie und Brachytherapie, praktische Durchführung dosimetrischer Messungen.

### 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 und RöV 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

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

## 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:	Wintersemester	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

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

## 5.10 Nuklearmedizin, Computertomographie und Röntgendiagnostik

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

Studierende lernen und sammeln praktische Erfahrung im Umgang mit einem komplexen technischen System. Die Studierenden können theoretisches physikalisches Wissen auf eine konkrete Anwendung übertragen.

Die Studierenden sollen mithilfe dieses Moduls ihr Wissen und Verständnis über medizinische Physik im Anwendungsbereich Nuklearmedizin und Röntgendiagnostik ausbauen und festigen, und die Kenntnisse in Computertomographie weiter vertiefen. Die Studierenden unterscheiden hier zwischen Gamma-Kamera, Positronen-Emissionstomographie (PET) und Einzelphotonentomographie (SPECT). 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. Sie lernen die Grundlagen der Physik und Technik der Röntgendiagnostik.

### Inhalt

Unterschiedliche Detektortypen und verschiedene Ansätze der orts aufgelosten Photonendetektion für die Nuklearmedizinische Bildgebung (Gamma-Kamera, PET, SPECT) 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; Physik und Technik der Röntgenbildgebung; Computertomographie: Bildrekonstruktion für die Fächerstrahlgeometrie; Spiral-CT; Dualenergie-CT; Prinzip und Zweck von Qualitätskontrollen an nuklearmedizinischen Bildgebungsgeräten und an Geräten für die Röntgenbildgebung; multimodale Geräte (z. B. SPECT/CT, PET/CT) charakterisieren und deren Vor- sowie Nachteile benennen und einschätzen; die wichtigsten klinischen und präklinischen Anwendungen der nuklearmedizinischen Bildgebung, der Computertomographie und der Röntgendiagnostik; Methoden und Verfahren zur Dosimetrie für nuklearmedizinische Therapie und Diagnostik; Methoden und Verfahren zur Dosimetrie und Qualitätssicherung für die Röntgenbildgebung und Computertomographie; die gesetzlichen und methodischen Grundlagen des Strahlenschutzes für die Bereiche der Röntgendiagnostik, Computertomographie und Nuklearmedizin.

## 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	
	Selbststudium			60	–	2	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 Mathematics, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

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

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

### Inhalt

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

### Bemerkungen

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

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

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

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung	3711020, 3711022, 3711023	50	60 (4 SWS)	60	2	PL: Klausur oder mündliche Prüfung
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die Studierenden haben gute anatomische Kenntnisse über das für das Sporttreiben relevante Skelett-Muskel-Nerven-System. Sie kennen die lateinische Bezeichnung der entsprechenden Muskeln und können den Verlauf von Muskeln und Sehnen beschreiben, 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 Aufbau und Funktion des Herzens, des Herz-Kreislaufsystems sowie des Atmungsapparates. Sie kennen Bedeutung und Funktion des Stoffwechsels, verstehen die Arbeitsweise der Muskulatur und Funktionen des zentralen und peripheren Nervensystems.

Sie verfügen über das Wissen um die verschiedenen Energiebereitstellungsformen und die Anpassungserscheinungen des Organismus bei sportlicher Belastung. 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. Sie erlangen Kenntnis über aktuelle Theorien zur sportbezogenen Bewegung und ihrer Veränderung aus trainingswissenschaftlicher und bewegungswissenschaftlicher Perspektive.

### Inhalt

Skelettsystem mit großen Gelenken, Herz-Kreislaufsystem, Zentrales und Peripheres Nervensystem, Muskulatur, Stoffwechsel, Atmungsapparat, Energiebereitstellung, Trainingsprinzipien, Trainingsmethoden, physikalische Grundlagen der Biomechanik.

### Bemerkungen

Das Modul setzt sich aus den Vorlesungen Einführung in die Sportmedizin (Anatomie) (3711021) & (Physiologie) (3711020) - 2 LP, Einführung in die Trainingswissenschaft (3711023) - 2 LP sowie Einführung in die Bewegungswissenschaft (3711022) - 2 LP zusammen.



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

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
2 oder 3	Seminar	3711025	20	30 (2 SWS)	30	1	benotetes Referat
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	120	30	4	–

Modulbeauftragte(r):	Gruber	Sprache:	Deutsch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	CamKob
Lehrende:	Gruber		
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. Sie erlangen die Fähigkeit, aktuelle Publikationen aus der Bewegungswissenschaft / Biomechanik kritisch reflektierend zu verfolgen und für die persönliche Fortbildung zu nutzen.

### Inhalt

Kinematische Größen der Translation und Rotation, Newton'sche Axiome, Kraft, Masse, Gewichtskraft, Körperschwerpunkt und Standfestigkeit, Messung der Bodenreaktionskraft mit Kraftmessplatte, Hebelgesetz und Anwendung zur Berechnung von Gelenkkraften, Impuls, Impulserhaltung und Kraftstoß, Drehimpuls, Trägheitsmoment, Drehimpulserhaltung, Katzenschraube, Kurvenfahren, Energieformen und Anwendungen zur biomechanischen Analyse von sportlichen Bewegungen.

### Bemerkungen

Das Modul besteht aus dem Seminar Vertiefung Bewegungswissenschaft (3711025).

## 5.14 Analyse funktioneller und struktureller MRT-Bildgebungsdaten

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

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

# 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	–	k.A.	60 (4 SWS)	60	2	PL: s. Bemerkungen
	Selbststudium			90	–	3	–
Summe	–	–	–	150	60	5	–

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

#### Lernziele und Kompetenzen

Mit einem zeitlich begrenzten Aufenthalt an einer ausländischen Hochschule festigen die Studierenden ihre interkulturelle Kompetenz. Nach Abschluss des Moduls haben sie im jeweiligen Bereich ihre fachliche Kompetenz erhöhen aber auch soziale Kompetenzen wie Teamfähigkeit, 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: mündliche Prüfung oder Hausarbeit
	Übung Selbststudium	–	k.A.	30 (2 SWS) 90	30 –	1 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

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Literatur

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

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

## 6.6 Spezielle Relativitätstheorie

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

### Lernziele und Kompetenzen

Die 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 Künstliche Intelligenz

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

### Literatur

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

## 6.8 Fortgeschrittene Quantenmechanik

Fach-semester	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.

## 6.9 Quantenfeldtheorie

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

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

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

## 6.10 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
	Übung	3625012	20	15 (1 SWS)	15	0,5	SL: Regelmäßige Teilnahme
	Selbststudium			195	–	6,5	–
Summe	–	–	–	270	75	9	–

Modulbeauftragte(r):	Götz	Sprache:	Englisch
Turnus:	Wintersemester	Standort:	CamKob
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.

## 6.11 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:	CamKob
Lehrende:	Paulus		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	B. Sc. Computervisualistik, M. Sc. Applied Physics		

### Lernziele und Kompetenzen

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

### Inhalt

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

## 6.12 Bildverarbeitung 2 (04CV1002)

Fach-semester	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:	CamKob
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, Sichtprüfungssysteme.

## 6.13 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:		CamKob
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)

## 6.14 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.



## 6.15 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.

## 6.16 Wissenschaftliche Datenanalyse

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):	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 statisch 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.

## 6.17 Statistik für Naturwissenschaftler und Ingenieure

Fachsemester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Vorlesung mit integr. Übung 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

## 6.18 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 Selbststudium	–	k.A.	60 60	15 –	2 2	PL: Präsentation –
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

## 6.19 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.

## 6.20 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:	CamKob
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

## 6.21 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

## 6.22 Moderne Objektorientierte Programmierung

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 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.



## 6.23 New Venture Technology Project

Fach-semester	Lernformen	Kürzel	Gr.-größe	Aufwand/h	Kont.-zeit/h	LP	Abschluss
1, 2 oder 3	Seminar	–	30	45 (3 SWS)	45	1,5	PL: s. Bemerkungen
	Projekt	–	3x10	15	15	0,5	PL: s. Bemerkungen
	Selbststudium			120	–	4	–
Summe	–	–	–	180	60	6	–

Modulbeauftragte(r):	Heinzen	Sprache:	Deutsch/Englisch
Turnus:	jedes Semester	Standort:	RAC
Lehrende:	Heinzen, Kneer, Rausch, Binder		
Zwingende Voraussetzungen:	keine		
Inhaltliche Voraussetzungen:	keine		
Verwendbarkeit:	M. Sc. Applied Mathematics, M. Sc. Applied Physics, M. A. BWL, M. A. Management, Leadership, Innovation, M. A. Sportmanagement		

### Lernziele und Kompetenzen

In this module, students run through an entire product development process. Starting with customer-centered scouting and ideation, participants learn how to successfully design, iterate and manage new technologies as well as how to innovate new (digital) business models and finalize business plans. The so-called New Venture Technology Project is accessible for students of both faculties (management and mathematics) and simulates reality-based business practices. Due to its interdisciplinary approach, students learn how to successfully exchange ideas, knowledge and approaches within their groups and are encouraged to collaborate with students from other disciplines. During their product development processes, the interdisciplinary teams are trained via impulse workshops (Design Thinking, Agile Development or Lean Startup) and are individually coached by thematic experts regarding prototyping of their technical ideas (prototyping with a 3D printer or with programming software). In order to pass this module, students finally have to process their technical ideas into pitch videos and finalize their business plan. Students gain social and communication skills through interdisciplinary group discussion and knowledge sharing and video-based role plays and pitches. They acquire knowledge in fields of innovation and technology management and entrepreneurial behavior as well as product development techniques. Knowledge sources are contemporary studies of selected journals, customized e-learning and support from coaches and experts. Students gain management skills by e.g. transferring the theoretical concepts into practical questions, creating customer experiences through prototyping, applying problem-solving management techniques and systemic skills by recognizing and evaluating innovation processes from an individual, organizational and network perspective.

### Inhalt

Seminar 1: Technology and Innovation Management: Scouting and Ideation.

Workshops: Design Thinking, Agile Project Development, Lean Startup and according team needs.

Seminar 2: 3D Modelling and Printing or App Programming.

Seminar 3: Business Planning.

Throughout the course: Pitch Video Production supported by experts.

### Bemerkungen

Prüfungsleistung: Video-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.

## 6.24 Biomechanische Simulation

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 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.