



HEINRICH HEINE  
UNIVERSITÄT DÜSSELDORF

## **Modulhandbuch für die Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik**

**(Stand 07.10.2012)**

Liebe Studierende,

die hier vorliegende überarbeitete Version des Modulhandbuchs für die Masterstudiengänge Physik und Medizinische Physik enthält Informationen über Module, die gemäß der ab dem Wintersemester 2012/13 geltenden Prüfungsordnung belegt werden können. In der Regel haben diese Beschreibungen auch Gültigkeit für Module, die im Rahmen der Bachelorstudiengänge bereits vor dem Wintersemester 2012/13 angeboten wurden. In Einzelfällen gibt es jedoch Abweichungen z.B. bezüglich der Modul Inhalte oder der Bewertung mit Leistungspunkten.

Prof. Dr. Axel Görlitz ([axel.goerlitz@uni-duesseldorf.de](mailto:axel.goerlitz@uni-duesseldorf.de))

Prof. Dr. Thomas Heinzl ([thomas.heinzl@uni-duesseldorf.de](mailto:thomas.heinzl@uni-duesseldorf.de))

# 1. Ziele und Lernergebnisse

## 1.1. Masterstudiengang Physik

Die zweigeteilte Zielsetzung des Physikstudiums mit Betonung eines soliden, breiten Grundlagenwissens im Bachelorstudium und mit mehrgleisiger Vertiefung bis hin zum aktuellen Forschungsstand im Masterstudium erfolgt im Hinblick auf die sehr diversifizierte Berufspraxis der Physikerinnen und Physiker. Angesichts der kurzen Halbwertszeiten neuerer Entwicklungen im *HighTech*-Bereich und allgemein in der technischen Entwicklung haben die langfristig stabilen Grundlagen des Fachs Physik als nicht dem zeitlichen Verfall unterliegendes Wissen zunehmende Bedeutung. Andererseits wird auch und immer öfter die Fähigkeit gebraucht, sich in ständig neuen und zunehmend komplexen Spezialgebieten vertiefte Kenntnisse anzueignen, bis hin zum aktuellen Stand des Wissens.

Nicht die Ausbildung auf ein gewisses Spezialgebiet hin ist es, was für Physiker(innen) vor allem im außeruniversitären Bereich zählt, sondern die Fähigkeit, sich auf einer soliden Basis in jedes Spezialgebiet rasch einzuarbeiten zu können.

Das **Masterstudium** der Physik soll den Studierenden die fortgeschrittenen fachlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden vermitteln, die zu wissenschaftlicher Arbeit und zu wissenschaftlich orientierter beruflicher Tätigkeit erforderlich sind und die dazu befähigen, neue wissenschaftliche Erkenntnisse kritisch einzuordnen und in der beruflichen Praxis zu nutzen. Diese fortgeschrittenen Kenntnisse und Fähigkeiten werden insbesondere dadurch vermittelt, dass die Studierenden im Rahmen der Masterarbeit und der darauf direkt vorbereitenden Module in die aktuelle physikalische Forschung eingebunden werden. Dabei erfahren Sie eine sehr individuelle Betreuung durch Dozenten und andere Wissenschaftler. Diese Zielsetzung ist jeweils in den fachspezifischen Anhängen der Prüfungsordnung festgeschrieben.

## 1.2. Masterstudiengang Medizinische Physik

Die Medizinische Physik ist ein interdisziplinäres Forschungs- und Berufsfeld. Physikalische Entdeckungen und Entwicklungen haben seit vielen Generationen die Möglichkeiten der Medizin entscheidend mitbestimmt. W. C. Röntgen offenbarte bereits im Jahr 1896 der Öffentlichkeit das Potential der von ihm entdeckten Strahlung durch die berühmte Röntgenaufnahme vom Knochenskelett einer Hand. Auch heute sind die Auswirkungen der Physik auf die Medizin enorm. Konzepte der Atom- und der Festkörperphysik beispielsweise sind für die Magnetresonanztomographie (MRT) essentiell, während bei der Positronen-Emissionstomographie (PET) und in der Strahlentherapie die Kernphysik eine zentrale Rolle spielt. Laser wiederum haben in ein breites Feld von medizinischen Anwendungen Einzug gefunden, das sich von der Augenheilkunde über die Chirurgie bis hin zur Forensik erstreckt. Physikalische Großforschungseinrichtungen, wie beispielsweise der Forschungsreaktor München-Garching (FRM II), werden häufig auch zur Diagnostik und/oder zur Therapie in Anspruch genommen. In den letzten Jahren hielt zudem die Nanostrukturphysik verstärkt Einzug in die Medizin. Sie beinhaltet zum Beispiel den Einsatz fluoreszierender Nanopartikel als Biomarker oder die Charakterisierung von Oberflächen auf atomarer Skala.

Aus solchen Beispielen ergibt sich eine Relevanz des Forschungsfeldes „Physik für die Medizin“. Der starke Einsatz physikalisch anspruchsvoller Konzepte und Apparaturen in der Medizin eröffnet ein Arbeitsfeld für entsprechend ausgebildete akademische Kräfte

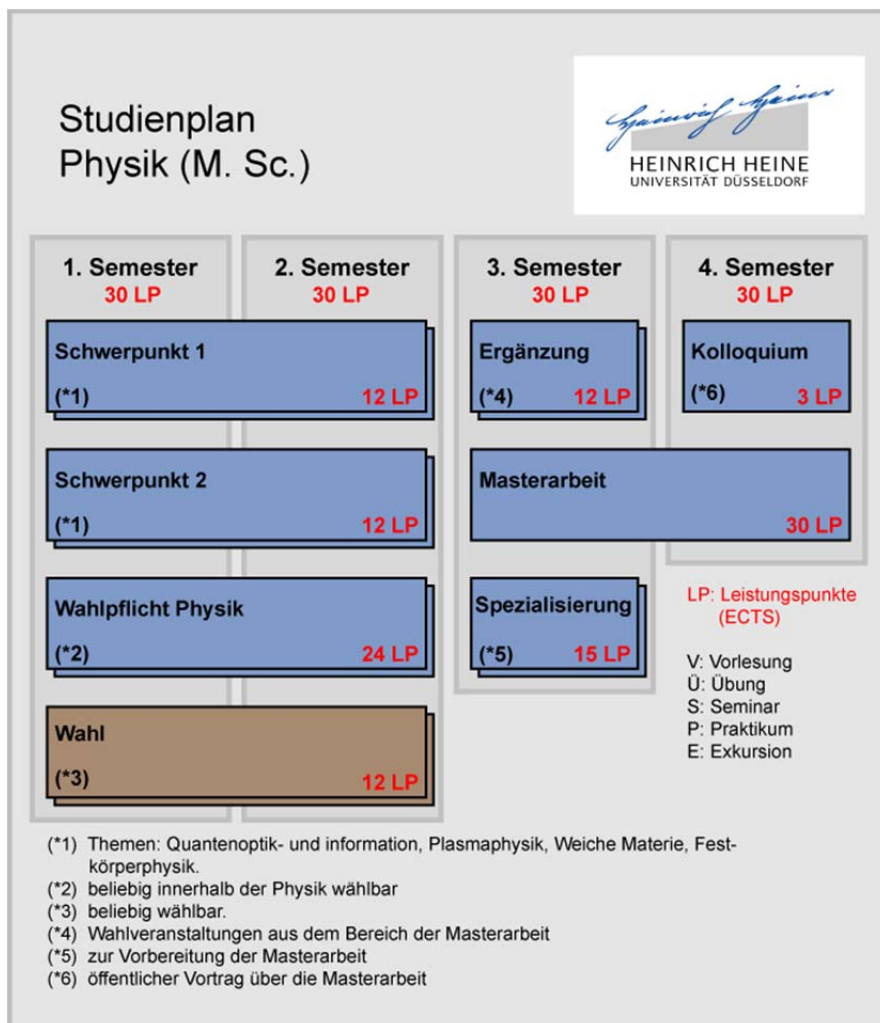
- in der interdisziplinären medizinphysikalischen Grundlagenforschung;
- im klinischen Bereich bei der Betreuung und Weiterentwicklung der Konzepte und Gerätschaften;
- in der industriellen Medizintechnik.

Die Studiengänge Medizinische Physik sollen die Studierenden an dieses Wissenschafts- und Berufsfeld zielgerichteter heranführen als dies im Rahmen eines konventionellen Studiengangs „Physik“ möglich ist. Wir möchten auf diese Weise eine zukunftsweisende, auf Interdisziplinarität ausgelegte attraktive Ausbildung anbieten, welche den Anforderungsprofilen der Medizinischen Physik Rechnung trägt.

Das **Masterstudium** der Medizinischen Physik soll den Studierenden die fortgeschrittenen fachlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden vermitteln, welche sie bei der Ausübung einer wissenschaftlich orientierten beruflichen Tätigkeit benötigen. Die Studierenden sollen dazu befähigt werden, einerseits neue wissenschaftliche Erkenntnisse anderer zu bewerten und in ihrer beruflichen Praxis zu nutzen, andererseits auch eigenständig Wissenschaft zu betreiben. Diese fortgeschrittenen Kenntnisse und Fähigkeiten werden insbesondere dadurch vermittelt, dass die Studierenden im Rahmen der Masterarbeit und der darauf direkt vorbereitenden Module in die aktuelle Forschung in der Medizinphysik eingebunden werden. Dabei erfahren Sie eine sehr individuelle Betreuung durch Dozenten und andere Wissenschaftler.

## 2. Studienpläne


### 2.1. Masterstudiengang Physik



**Anmerkung:** Im Rahmen eines Schwerpunktbereichs muss jeweils ein Modul vom Typ SP-A (experimentell orientiert) und ein Modul vom Typ SP-B (theoretisch orientiert) gewählt werden.

Schwerpunkt	Module Typ A	Module Typ B
Festkörper- und Nanophysik	Artificial Atoms	Theoretical Solid State Physics
	Magnetism 1	
	Mesoscopic Transport	
	Semiconductor Devices	
	Surface Physics 1	
Plasmaphysik	Experimental Plasma Physics	Theoretical Plasma Physics
Quantenoptik und -information	Experimental Quantum Optics	Theoretical Quantum Optics and Quantum Information
Weiche Materie	Experimental Soft Matter Physics	Theoretical Soft Matter Physics

## 2.2. Masterstudiengang Medizinische Physik

Studienplan Medizinische Physik (M. Sc.)		 HEINRICH HEINE UNIVERSITÄT DÜSSELDORF	
1. Semester 31 LP	2. Semester 29 LP	3. Semester 30 LP	4. Semester 30 LP
<b>Festkörperphysik</b> 3V+1Ü 6 LP	<b>Wahlpflicht Physik</b> (*2) 12 LP		<b>Kolloquium</b> 3 LP
<b>Biophysik</b> 3V+1Ü 6 LP	<b>Ionisierende Strahlung</b> 4 LP	<b>Masterarbeit</b> 30 LP	
<b>Statistische Mechanik</b> 3V+2Ü 8 LP		<b>Spezialisierung</b> (*3) 15 LP	<b>LP: Leistungspunkte (ECTS)</b>  V: Vorlesung Ü: Übung S: Seminar P: Praktikum E: Exkursion
<b>Wahlpflicht Medizinphysik</b> (*1) 24 LP		<b>Wahl</b> (*4) 6 LP	
<b>Physik in der Medizin</b> 2V+2E 6 LP			

(\*) z. B. Medizintechnik, Nuklearmedizin, Lasermedizin, Bildgebung.  
 (\*2) beliebig wählbar innerhalb der Physik  
 (\*3) Veranstaltungen, die gezielt der Vorbereitung auf die Masterarbeit dienen.  
 (\*4) Veranstaltungen der Medizin oder Physik, oder externes Praktikum.

### 3. Module der Masterstudiengänge

Für die Zuordnung der Module zu den verschiedenen Bereichen werden folgende Akronyme verwendet:

No.	Bereich	Akronym
	Ergänzung	E
	Pflicht	P
	Schwerpunktmodul Typ A (experimentell orientiert)	SP-A
	Schwerpunktmodul Typ B (theoretisch orientiert)	SP-B
	Spezialisierung	S
	Wahl	W
	Wahlpflicht Physik	WPP
	Wahlpflicht Medizinphysik	WPMP

Im Folgenden werden die Module der Masterstudiengänge entsprechend dem derzeitigen Stand aufgeführt. Aufgrund des direkten Bezugs zur aktuellen Forschung unterliegt das Gesamtangebot einer kontinuierlichen Weiterentwicklung.

#### A Vorlesungen und Vorlesungen mit Übungen/Seminar

Modul	Physik	Med. Physik	ECTS
Advanced Quantum Information Theory	E, W	WPP, W	4
Advanced Quantum Mechanics	WPP, W, E	WPP, W	8
Anwendungen von Nuklearmagnetresonanz (NMR)-Techniken in der Medizin	WPP, W, E	WPMP, W	6
Artificial Atoms	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Astrophysik	WPP, W	WPP, W	6
Bildgebende Verfahren	W, E	WPMP, W	3
Biophysik	WPP, W, E	P	6
Bose-Einstein Condensation	E, W	WPP, W	4
Computational Physics	WPP, W, E	WPP, W	6
Complex Systems	W, E	WPP, W	3
Dynamics of dense liquids	E, W	WPP, W	3
Einführung in die Bildverarbeitung	-	WPMP, W	3
Einführung in die Strahlentherapie	-	WPMP, W	3
Experimental Plasma Physics	SP-A, WPP, W	WPP, W	6
Experimental Polymer Physics	E, W	WPP, W	3
Experimental Quantum Optics	SP-A, WPP, W	WPP, W	6
Experimental Soft Matter Physics	SP-A, WPP, W	WPP, W	6
Experimentelle Festkörperphysik	-	P	6
High-Energy-Density Physics	E, W	WPP, W	3
Introduction to molecular physics	W, E	WPP, W	3
Ionisierende Strahlung und Strahlenschutz	-	P	4
Laser Physics	WPP, W, E	WPMP, WPP, W	6

Laser-Plasma-Diagnostik	E, W	WPP, W	3
Magnetism 1	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Magnetism 2	WPP, W, E	WPP, W	6
Medizinsoziologie	-	WPMP, W	3
Medizintechnik	-	WPMP, W	4
Mesoscopic Transport	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Moderne Konzepte der Bildverarbeitung	-	WPMP, W	3
Moderne Mikroskopieverfahren	WPP, W, E	WPMP, WPP, W	6
Monte-Carlo-Simulationen in physikalischen Anwendungen	W, E	WPP, W	6
Nanotechnology	WPP, W, E	WPP, W	6
Numerical Simulations 1	WPP, W, E	WPP, W	6
Numerical Simulations 2	WPP, W, E	WPP, W	6
Physik in der Medizin	-	P	6
Physikalische und radiochemische Grundlagen der Nuklearmedizin	W	WPMP, W	3
Programming for Supercomputers and GPUs	E, W	WPP, W	3
Quantum transport in nanostructures	E, W	WPP, W	4
Radiologische Bildgebung	-	WPMP, W	3
Röntgenphysik	WPP, W, E	WPMP, WPP, W	5
Semiconductor Physics	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Simple and Complex Fluids	WPP, W, E	WPP, W	6
Soft matter systems: advanced experimental and theoretical methods	WPP, W, E	WPP, W	8
Statistische Mechanik	-	P	8
Surface Physics 1	SP-A, WPP, W, E	WPP, W	6
Surface Physics 2	WPP, W, E	WPP, W	6
Terminologie in der Medizin	-	WPMP, W	3
Theoretical Plasma Physics	SP-B, WPP, W	WPP, W	6
Theoretical Quantum Optics and Quantum Information	SP-B, WPP, W	WPP, W	6
Theoretical Soft Matter Physics	SP-B, WPP, W	WPP, W	6
Theoretical Solid State Physics	SP-B, WPP, W	WPP, W	6
Theory of complex fluids	E, W	WPP, W	3
Theory of Phase Transitions	W, E	WPP, W	3
Ultracold Collisions	E, W	WPP, W	3
Ultrafast Optics	E, W	WPP, W	3

## B Seminar

<b>Modul</b>	<b>Physik</b>	<b>Med. Physik</b>	<b>ECTS</b>
Die Physik weicher Materie und biologischer Systeme	E, W	WPP, W	3
Experimente der Relativitätstheorie, Präzisionsmessungen an kalten Atomen und Molekülen, und Laserphysik	E, W	WPP, W	3
Journal Club on quantum information theory	E, W	WPP, W	3
Kolloquium	P	P	3
Laser Plasma Physics	E, W	WPP, W	3
Nanoelectronics	E, W	WPP, W	3
Physics of Biomolecules	E, W	WPP, W	3
Precision Measurements in Atomic Physics	E, W	WPP,W	3

## C Abschlussarbeiten, Lernprojekte

<b>Modul</b>	<b>Physik</b>	<b>Med. Physik</b>	<b>ECTS</b>
Directed Study	E,S	S	4 - 15
Master's Thesis / Masterarbeit	P	P	30



## A Vorlesungen und Vorlesungen mit Übungen/Seminar

<b>Modul</b>	<b>Advanced Quantum Information Theory</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>4</b>
Dozent(inn)en	Prof. Bruß		
Modulverantwortliche	Prof. Bruß		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	120 h, davon 45 h Präsenz und 75 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Quantenmechanik und Konzepten der Theoretischen Physik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Quanteninformationstheorie entsprechend dem Modul „Theoretical Quantum Optics and Quantum Information“		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quantum algorithms</li> <li>2. Multipartite entanglement; entanglement measures</li> <li>3. General quantum correlations</li> <li>4. State identification and characterisation</li> <li>5. State discrimination</li> <li>6. Weiterführende und aktuelle Themen</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche oder schriftliche Modulabschlussprüfung.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D. Bruß and G. Leuchs, <i>Lectures on quantum information</i>, Wiley-VCH (2007).</li> <li>• ausgewählte Übersichts- und Originalartikel</li> </ul>		

Modul	<b>Advanced Quantum Mechanics</b>	Leistungspunkte	8
Dozent(inn)en	Dozenten der Theoretischen Physik der HHUD		
Modulverantwortliche(r)	Prof. C. Müller		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W, WPP M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 2 SWS Ergänzung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik und Atomphysik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Methoden der Streutheorie</li> <li>2. Kopplung von Drehimpulsen</li> <li>3. Relativistische Wellengleichungen</li> <li>4. Vielteilchensysteme</li> <li>5. Feldquantisierung</li> <li>6. Elementare Prozesse der Licht-Materie-Wechselwirkung</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben).		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F. Schwabl, Quantenmechanik für Fortgeschrittene (Springer 2008)</li> <li>• A. Messiah, Quantenmechanik 2 (de Gruyter, 1990)</li> <li>• P. Strange, Relativistic Quantum Mechanics (Cambridge 1998)</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Anwendungen von Nuklearmagnetresonanz (NMR) -Techniken in der Medizin</b>	Leistungspunkte (ECTS)	6
Dozent(inn)en	Dozent(inn)en des Deutschen Diabeteszentrums, des Universitätsklinikums Freiburg und des Universitätsklinikums Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Dr. M. Salehi Ravesh		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W M. Sc. Physik: E, W, WPP		
Komponenten	Vorlesung 1 SWS, Praktikum 2 SWS, Seminar 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch/Englisch		
Voraussetzungen	Mathematische Methoden 1+2, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik.		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Grundlegende spezifische, biologisch-medizinische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in die Hochfrequenztechnik, -Spulen</li> <li>2. Einführung in die MR-Sicherheit</li> <li>3. Einführung in die experimentelle und klinische Anwendungen der Spektroskopie</li> <li>4. Multinukleare Spektroskopie (<math>^1\text{H}</math>, <math>^{31}\text{P}</math>, <math>^{13}\text{C}</math>) <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Triglyzeridbestimmung (<math>^1\text{H}</math>)</li> <li>b. Energiestoffwechsel (<math>^{31}\text{P}</math>)</li> <li>c. Glykogenstoffwechsel (<math>^{13}\text{C}</math>)</li> </ol> </li> <li>5. Einführung in die Auswertesoftware für die Spektroskopie</li> <li>6. Einführung in die native und kontrastmittelverstärkte MR-Bildgebung</li> <li>7. Einführung in die Kleintier-Bildgebung</li> <li>8. Magnetresonanztomographie <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Herstellen von Messphantome</li> <li>b. Bestimmung der Relaxationszeiten (T1, T2) der hergestellten Phantome und Früchten</li> <li>c. Gehirnbildgebung</li> <li>d. Thoraxbildgebung</li> <li>e. Abdominelle Bildgebung</li> <li>f. Extremitätenbildgebung</li> </ol> </li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		

Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik: Röntgendiagnostik und Angiographie/ Computertomographie/ Nuklearmedizin/ Magnetresonanztomographie/ Sonographie/ Integrierte Informationssysteme.</i> Wiley, H. Morneburg, ISBN: 978-3-89578-002-8</li> <li>• <i>Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design.</i> E. M. Haacke, R. W. Brown, M. R. Thompson, R. Venkatesan, Wiley-Liss, ISBN: 978-0-471-35128-3</li> <li>• <i>Fundamentals of medical imaging.</i> Cambridge University Press, P. Suetens. ISBN: 978-0521519151</li> <li>• <i>Handbook of MRI Pulse Sequences,</i> M. A. Bernstein, K. F. King, X. J. Zhou, Elsevier, ISBN: 978-0-12-092861-3</li> <li>• <i>Magnetresonanztomographie,</i> M. Reiser und W. Semmler, Springer, ISBN: 3-540-66668-0</li> <li>• <i>In Vivo NMR Spectroscopy: Principle and Techniques,</i> R. De Graaf, Wiley, ISBN: 978-0-470-02670-0</li> </ul>
-----------	--

Modul	<b>Artificial atoms: the physics and technology of quantum dots</b>	Leistungspunkte (ECTS)	6
Dozent(inn)en	Prof. T. Heinzel		
Modulverantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W, WPP, SP-A M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung                      3 SWS Übung                            1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Experimentelle Festkörperphysik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. General concepts: relevant semiconductor physics, size quantization, Coulomb blockade.</li> <li>2. Colloidal quantum dots: growth, optical properties and applications (fluorescent labels, FRET systems, optoelectronics).</li> <li>3. Self-assembled quantum dots: Epitaxy, growth modes, electronic and optical characterization, applications (storage devices, single photon sources, quantum dot lasers)</li> <li>4. Top-down quantum dots: Fabrication techniques, transport properties ( single electron devices, spin transport, interaction effects, quantum dot molecules)</li> <li>5. Quantum computation with quantum dots: Elements of quantum computation, quantum dots as qubits, operation schemes.</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	Originalpublikationen, Spezialliteratur.		

<b>Modul</b>	<b>Astrophysik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. Dr. K.H. Spatschek		
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. K.H. Spatschek		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, WPP M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Grundkenntnisse der Theoretischen Physik in Mechanik, spezieller Relativitätstheorie, Elektrodynamik, Quantentheorie und Statistischer Physik		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalische Grundlagen der astrophysikalischen Beobachtungsmethoden</li> <li>• Sternaufbau und Sternentwicklung</li> <li>• Globale Galaxieneigenschaften</li> <li>• Kosmologische Modelle</li> </ul>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		

Modul	<b>Bildgebende Verfahren</b>	Leistungspunkte (ECTS)	3
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. D. Schumacher		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik, Thermodynamik, Grundpraktikum 1 und 2, Optik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Grundlegende spezifische, biologisch-medizinische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digitaler Bildaufbau, digitale Bildspeicherung</li> <li>2. Wechselwirkung von <math>\alpha</math>-, <math>\beta</math>-, <math>\gamma</math>- und Röntgenstrahlung mit Materie</li> <li>3. Sensoren</li> <li>4. Thermographie</li> <li>5. Prinzip der Tomographie, NMR (nuclear magnetic resonance), NMRT (nuclear magnetic resonance tomography);</li> <li>6. Piezoelektrische Wandler, Ultraschall-Sonographie, Ultraschall-Dopplersonographie, Artefakte in der US-Sonographie</li> <li>7. Künstliche Radionuklide, Szintigramme, SPECT (single photon emission computed tomography), PET (positron emission tomography);</li> <li>8. MEG (magnetoencephalography), Josephson-Effekt, SQUID;</li> <li>9. Elektronenmikroskopie, Rasterelektronenmikroskopie</li> <li>10. Rastersondenmikroskopie</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Originalpublikationen;</li> <li>• O. Dössel, Bildgebende Verfahren in der Medizin, Springer Verlag</li> <li>• S. Webb: <i>Physics of Medical Imaging</i>, Adam Hilger (1988)</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Biophysik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. G. Schröder; weitere Dozent(inn)en der Physik an der HHU D		
Modulverantwortliche(r)	Prof. G. Schröder		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Vorlesung                    3 SWS Übungen                      1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Keine		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Medizinisch-biologische Fachkenntnis mit medizinphysikalischer Relevanz</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Biologische Makromoleküle (DNA, RNA, Proteine, Transkription, Translation)</li> <li>2. Strukturbestimmung von Makromolekülen (Röntgenkristallographie, NMR, cryo-EM)</li> <li>3. Molekulardynamik-Simulationen</li> <li>4. Proteinfaltung</li> <li>5. Einzelmolekültechniken (AFM, Optical Tweezers, Fluoreszenzspektroskopie)</li> <li>6. Reaktionskinetik</li> <li>7. Biologische Transportprozesse</li> <li>8. Membranen (Struktur, Phasenübergänge, Membranpotential)</li> <li>9. Signaltransduktion in Nervenzellen (Aktionspotentiale, Hodgkin-Huxley-Modell)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	Rodney Cotterill, Biophysics - An Introduction, John Wiley & Sons (2002). Erick Sackmann, Rudolf Merkel, Lehrbuch der Biophysik, Wiley-VCH (2010).		



<b>Modul</b>	<b>Bose-Einstein Condensation</b>	Leistungspunkte	4
Dozent(inn)en	Prof. Görlitz		
Modulverantwortliche(r)	Prof. Görlitz		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Atomphysik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Quantenoptik entsprechend dem Modul „Experimental Quantum Optics“		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Theoretische Grundlagen der Bose-Einstein-Kondensation</li> <li>2. Bose-Einstein-Kondensation in verdünnten Gasen</li> <li>3. Atomoptik mit Bose-Einstein-Kondensaten</li> <li>4. Vielteilchenphysik mit Bose-Einstein-Kondensaten</li> <li>5. Ultrakalte Fermigase</li> <li>6. Weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• C. J. Pethick and H. Smith, <i>Bose-Einstein Condensation in Dilute Gases</i>; Cambridge University Press (2002)</li> <li>• P.Meystre, <i>Atom Optics</i>, Springer-Verlag (2001)</li> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Complex Networks</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Dr. C. von Ferber		
Modulverantwortliche(r)	Dr. C. von Ferber		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch oder Deutsch		
Voraussetzungen			
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt			
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Computational Physics</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. J. Horbach, Prof. A Pukhov		
Modulverantwortliche(r)	Prof. J. Horbach		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung            3 SWS Übung                1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elementare numerische Verfahren: Differentiation, Integration, Nullstellenbestimmung</li> <li>2. Vom harmonischen Oszillator zu chaotischen Systemen</li> <li>3. Molekulardynamiksimulationen: Struktur und Dynamik dichter Flüssigkeiten</li> <li>4. Monte-Carlo-Simulationen: Phasenübergänge und kritische Phänomene</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. M. Thijssen, Computational Physics (Cambridge University Press, Cambridge, 1999)</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Dynamics of dense liquids</b>	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Prof. J. Horbach		
Modulverantwortlicher	Prof. J. Horbach		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Statistischer Mechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zeitabhängige Korrelationsfunktionen und Transportkoeffizienten</li> <li>2. Kurzzeitentwicklungen und Summenregeln</li> <li>3. Struktur dichter Flüssigkeiten</li> <li>4. Mori-Zwanzigscher Projektionsoperatorformalismus</li> <li>5. Hydrodynamik dichter Flüssigkeiten</li> <li>6. Dynamik bei endlichen Frequenzen und Wellenvektoren: Verallgemeinerte Hydrodynamik</li> <li>7. Moden-Kopplungs-Theorie des Glasübergangs</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche oder schriftliche Modulabschlussprüfung.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• U. Balucani and M. Zoppi, <i>Dynamics of the liquid state</i> (Oxford University Press, Oxford, 1994)</li> <li>• W. Götze, <i>Complex dynamics of glass-forming liquids. A mode-coupling theory</i> (Oxford University Press, Oxford, 2009)</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Einführung in die Bildverarbeitung</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Dr. T. Schormann		
Modulverantwortliche(r)	Dr. T. Schormann		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Analysis 1+2, Mathematische Methoden der Physik 1+2, Optik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Fähigkeit zur mathematischen Modellierung</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung numerischer Methoden in der theoretischen Physik</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen digitaler Bildverarbeitung: Sampling,-Theorem, Quantisierung, Aliasing, Binärbildverarbeitung</li> <li>2. Bildverbesserung im Orts- und Frequenzbereich, Bildrestauration, morphologische Operationen: filling, closing.</li> <li>3. Bildsegmentierung mit Hilfe statistischer Parameter.</li> <li>4. Rekonstruktion aus Projektionen: inverse Radon-Transformation (für MR-Bildgebung)</li> <li>5. Anpassungsverfahren: Momenten-Hauptachsen-Transformation, lineare Transformationen, Ähnlichkeitsmaß der Grauwertdifferenz</li> <li>6. Entropie als Ähnlichkeitsmaß,</li> <li>7. Bestimmung hochdimensionaler, nicht-linearer Transformationen.</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Originalpublikationen;</li> <li>• S. Webb: <i>Physics of Medical Imaging</i>, Adam Hilger, 1988.</li> </ul>		

Modul	Einführung in die Strahlentherapie	Leistungspunkte (ECTS)	3
Dozent(inn)en	Dr. I. Simiantonakis und weitere Dozent(inn)en der Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Dr. I. Simiantonakis		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Elektrizität und Magnetismus, Experimentelle Atomphysik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Grundlegende spezifische, biologisch-medizinische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Übersicht: Aspekte der Strahlentherapie</li> <li>2. Stellung und Pflichten des Strahlenschutzverantwortlichen und -beauftragten</li> <li>3. Spezielle Rechtsvorschriften und Richtlinien</li> <li>4. Behördliche Verfahren und Überprüfungen, Strahlenschutz von Patienten und Personal, Umgebungs- und baulicher Strahlenschutz, Verhalten bei Stör- und Unfällen, Physik direkt ionisierender und indirekt ionisierender Strahlung</li> <li>5. Anwendung ionisierender Strahlung in der Therapie</li> <li>6. Physik und Technik von Bestrahlungsanlagen und -einrichtungen, Beeinflussung der Dosisverteilung,</li> <li>7. Kontrolle von Bestrahlungsanlagen und -einrichtungen</li> <li>8. Qualitätssicherung, Verifikation und Protokollierung, Bildprozessoren</li> <li>9. Biologische Grundlagen der Strahlentherapie, Klinische Dosimetrie und Dosisbestimmung,</li> <li>10. Medizinische und physikalische Bestrahlungsplanung, Dosisoptimierung</li> <li>11. Biologische Modelle, Indikationen für eine Bestrahlung und Dosierungsschemata, Verfahren der Tumorlokalisation</li> <li>12. Techniken der perkutanen, intrakavitären und interstitiellen Bestrahlung</li> <li>13. Planung und Einrichtung einer Strahlentherapieeinrichtung</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Krieger: <i>Strahlenphysik, Dosimetrie und Strahlenschutz</i>, Bd. 1+2, Teubner</li> <li>• Verschiedene DIN-Normen zu Dosimetrie und Strahlenschutz</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Experimental Plasma Physics</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. G. Pretzler, Prof. O. Willi, Prof. U. Samm, Prof. M. Born		
Modulverantwortliche(r)	Prof. G. Pretzler		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-A, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 75 h Präsenz und 105 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Theoretischer Elektrodynamik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Plasma-Erzeugung und Heizung</li> <li>2. Optische Strahlung und Plasma</li> <li>3. Methoden der Plasmadiagnostik</li> <li>4. Experimentelle Realisierung von Plasma-Einschluß</li> <li>5. Laborplasmen und Plasma-Anwendungen</li> <li>6. Astrophysikalische Plasmen</li> <li>7. Ausgewählte weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

Modul	<b>Experimental Polymer Physics</b>	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Dr. H. Hermes, Prof. S. Egelhaaf		
Modulverantwortliche(r)	Dr. H. Hermes		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung (mit integrierten Übungen) 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch oder Deutsch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Thermodynamik, Festkörperphysik und experimentelle Physik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik.		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz (auf Englisch)</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Background, practical applications and importance of properties (individual chain through to bulk)</li> <li>2. Molecular weight: Determination and consequences</li> <li>3. Thermodynamics of mixtures: Polymer solutions and blends</li> <li>4. Amorphous and crystalline states; elasticity</li> <li>5. Chain dynamics, viscoelasticity, rheology, mechanical properties</li> <li>6. Weiterführende Themen/ Special topics</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben).		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J.M.G. Cowie, V. Arrighi, <i>Polymers: Chemistry and Physics of Modern Materials</i>, CRC Press (2008)</li> <li>• G. Strobl, <i>The Physics of Polymers</i>, Springer-Verlag (2007)</li> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel und –Kapitel aus Fachbüchern</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Experimental Quantum Optics</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. S. Schiller, Prof. A. Görlitz,		
Modulverantwortliche(r)	Prof. S. Schiller		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-A, WPP, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Licht-Materie-Wechselwirkung</li> <li>2. Laserkühlung von Atomen</li> <li>3. Fallen für Atome und Teilchen</li> <li>4. Materiewellen</li> <li>5. Teilcheninterferometrie</li> <li>6. Erzeugung von nicht-klassischem Licht</li> <li>7. Ausgewählte weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H. J. Metcalf and P. van der Straten, <i>Laser Cooling and Trapping</i>; Springer-Verlag (1999)</li> <li>• P.Meystre, <i>Atom Optics</i>, Springer-Verlag (2001)</li> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Experimental Soft Matter Physics</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. S. Egelhaaf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. S. Egelhaaf		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-A, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Statistischer Mechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Random Walk</li> <li>2. Colloids</li> <li>3. Polymers</li> <li>4. Amphiphiles</li> <li>5. Scattering Methods</li> <li>6. Microscopy</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Experimentelle Festkörperphysik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. M. Getzlaff		
Zuordnung	B.Sc. Physik: P M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS Ergänzung 1 SWS (fakultativ)		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60-75 h Präsenz und 105-120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik, Quantenmechanik, Thermodynamik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Verständnis grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kristallbindung und -strukturen</li> <li>2. Kristallstrukturanalyse, reziprokes Gitter</li> <li>3. Gitterschwingungen (Phononen, Wärmeleitung)</li> <li>4. Freie Elektronen im Festkörper, das Fermi-Gas, Ladungstransport</li> <li>5. Energiebänder</li> <li>6. Halbleiter</li> <li>7. Optische Eigenschaften von Festkörpern</li> <li>8. Magnetische Eigenschaften: Dia-, Para- und Ferromagnetismus</li> <li>9. Supraleitung</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ashcroft, Mermin, <i>Solid State Physics</i>, Saunders College (1985);</li> <li>• Grosso, Parravicini, <i>Solid State Physics</i>, Academic Press (2000);</li> <li>• Ziman, <i>Principles of the Theory of Solids</i>, Cambridge (1972);</li> <li>• Kittel, <i>Festkörperphysik</i>, Oldenbourg (1999).</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>High-Energy-Density Physics</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Dr. J. Osterholz		
Modulverantwortliche(r)	Dr. J. Osterholz		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen			
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt			
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Introduction to molecular physics and molecular spectroscopy</b>	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Prof. Schiller		
Modulverantwortlicher	Prof. Schiller		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Atomphysik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik“		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Theor. Grundlagen (Quantenchemische Berechnungsmethoden, BO-Näherung, Morse-Potential)</li> <li>2. Wechselwirkung mit Strahlung (Absorption, Fluoreszenz, Raman-Streuung, Zwei-Photonenabsorption)</li> <li>3. Spektroskopische Techniken (Absorptionss., Sättigungss. Cavity leak-out S., Raman-S.)</li> <li>4. Kalte Moleküle in Fallen</li> <li>5. Spektroskopie kalter Wasserstoff-Molekülonen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demtröder, <i>Molecular Physics</i></li> </ul>		

Modul	Ionisierende Strahlung und Strahlenschutz	Leistungspunkte (ECTS)	4
Dozent(inn)en	Prof. F. Hoyler und weitere Dozenten der Medizin an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. F. Hoyler		
Zuordnung	M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Grundkurs Strahlenschutz gem. Anlage A3 2.1 der StrSchV Spezialkurs Strahlenschutz gem. Anlage A3 2.2. der StrSchV		
Arbeitsaufwand	120 h, davon 48 Präsenz und 72 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beherrschung experimenteller Techniken</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Beherrschung der Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<p>1. Grundkurs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Physikalisch-technische Grundprinzipien,</li> <li>• Strahlenbiologische Grundlagen,</li> <li>• Dosimetrie und Dosisberechnungen,</li> <li>• Dosimetrie und Dosisberechnungen,</li> <li>• Kontrollverfahren und Qualitätssicherung,</li> <li>• Stör- und Unfälle,</li> <li>• Bestrahlungsplanung,</li> <li>• Praktikum zur Strahlentherapie (Brachy- und Teletherapie)</li> </ul> <p>2. Spezialkurs:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Radioaktive Stoffe in der Medizin,</li> <li>• Spezielle Rechts-vor-schriften;</li> <li>• Regeln der Technik,</li> <li>• Kontamination und Dekontamination,</li> <li>• Dosimetrie und Dosisberechnungen,</li> <li>• Aufbewahrung, Transport und Beseitigung bzw. Ab-lieferung rad. Stoffe, Praktikum zu Strahlenschutz bei Anwendung offener radioaktiver Stoffe,.</li> <li>• Strahlenexposition;</li> <li>• Radioaktive Arzneimittel;</li> <li>• Qualitätssicherung,</li> <li>• Unterweisung des Personals;</li> <li>• Information des Patienten (Strahlenschutz des Patienten),</li> <li>• Störfälle und Unfälle</li> </ul>		
Prüfungsleistung	Schriftliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es werden Materialien von der Kursstätte für Strahlenschutz an der FH Aachen, Campus Jülich, bereitgestellt.</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Laser Physics</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. S. Schiller, Prof. G. Pretzler, Prof. A. Görlitz		
Modulverantwortliche(r)	Prof. S. Schiller		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, WPP, W		
Komponenten	Vorlesung     3 SWS Übung         1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Licht-Atom Wechselwirkung</li> <li>2. Lasergleichungen</li> <li>3. Eigenschaften von Laserstrahlung</li> <li>4. Abstimmbare Laser</li> <li>5. Monofrequente Laser</li> <li>6. Gepulste Laser</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Laser-Plasma-Diagnostik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. Dr. G. Pretzler		
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. G. Pretzler		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen			
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt			
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Magnetism 1</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. M. Getzlaff		
Modulverantwortliche(r)	Prof. M. Getzlaff		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-A, WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 4 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Magnetismus von Atomen und in Festkörpern</li> <li>2. Austauschwechselwirkungen</li> <li>3. Magnetische Ordnungsstrukturen und Symmetriebrechung</li> <li>4. Anisotropieeffekte</li> <li>5. Magnetische Domänen</li> <li>6. Magnetisierungsdynamik</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche Prüfung.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Getzlaff: Fundamentals of Magnetism (Springer-Verlag)</li> <li>• S. Blundell: Magnetism in condensed matter (Oxford University Press)</li> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Magnetism 2</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. M. Getzlaff		
Modulverantwortliche(r)	Prof. M. Getzlaff		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Magnetismus entsprechend dem Modul „Magnetism I“		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kommunikationskompetenz</li> </ol>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Magnetismus in reduzierten Dimensionen</li> <li>2. Magnetoresistivität</li> <li>3. Anwendungen</li> <li>4. Meßmethoden</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichts- und Originalartikel</li> </ul>		

Modul	Medizinsoziologie	Leistungspunkte	3
Dozent(inn)en	Prof. J. Siegrist, weitere Dozenten der Medizin		
Modulverantwortliche(r)	Prof. J. Siegrist		
Zuordnung	M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Keine		
Lernziele,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medizinisch-biologische Fachkenntnis mit medizinphysikalischer Relevanz</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<p><i>Gesellschaftliche Einflüsse auf Krankheit und deren Prävention</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Epidemiologische und soziologische Grundbegriffe zur Analyse des Krankheitsgeschehens</li> <li>2. Wandel des Morbiditäts- und Mortalitätsspektrums in modernen Gesellschaften</li> <li>3. Demographische und sozialstrukturelle Einflüsse auf Gesundheit und Krankheit</li> <li>4. Gesundheit und Krankheit im Lebenslauf: Ansätze zur Prävention</li> </ol> <p><i>Struktur der medizinischen Versorgung und Beziehung zu Patienten</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Prinzipien der Versicherung, Finanzierung und Organisation medizinischer Versorgung im internationalen Vergleich</li> <li>2. Struktur und Funktionsprinzipien medizinischer Versorgung in Deutschland</li> <li>3. Soziologie des Krankenhauses einschließlich neuer technischer und organisatorischer Entwicklungen</li> <li>4. Soziologie des Patienten (Krankenrolle, Aufklärung, Entscheidung, Kommunikation)</li> <li>5. Fallbeispiele zur patientenzentrierten Kommunikation</li> </ol> <p><i>Grundlagen betriebswirtschaftlicher und gesundheitsökonomischer Analyse</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der Management-</li> <li>2. Grundlagen betriebswirtschaftlicher Kostenrechnung</li> <li>3. Prinzipien der Personalführung in Einrichtungen des Gesundheitswesens</li> <li>4. Einführung in die Kosten-Nutzen-Analyse Qualitätsmanagement in der medizinischen Versorgung</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<p>F. Schwartz: Das Public Health Buch. Urban &amp; Fischer, München 2003 (2. Aufl.) (Kapitel 13, 15, 20)</p> <p>J. Siegrist: Medizinische Soziologie. Urban &amp; Fischer, München 2005 (6. Aufl.) (Kapitel 4, 5, 6)</p>		

Modul	Medizintechnik	Leistungspunkte	4
Dozent(inn)en	Prof. J. Bongartz, weitere Dozenten der FH RheinAhrCampus		
Modulverantwortliche(r)	Prof. J. Bongartz		
Zuordnung	M.SC. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Exkursion 1 SWS		
Arbeitsaufwand	120 h, davon 45 h Präsenz und 75 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<p><i>A: Computertomographie-Bildgebung</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wechselwirkung Röntgenstrahlung mit biologischem Gewebe</li> <li>2. Medizinischer Strahlenschutz</li> <li>3. CT-Gerätetypen</li> <li>4. Rekonstruktionsalgorithmen</li> <li>5. Bildartefakte</li> <li>6. Kegelstrahltomographie</li> <li>7. Datenvisualisierung</li> <li>8. Gerätetechnik</li> </ol> <p><i>B: Bildgeführte Chirurgie</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Operationsplanung</li> <li>2. Systemkomponenten</li> <li>3. Koordinatensysteme und deren Registrierung</li> <li>4. Navigationssysteme und Motion-Tracking</li> <li>5. Medizinische Robotiksysteme</li> <li>6. Direkte und inverse Kinematik</li> <li>7. Sensor- und Rückkopplungssysteme</li> <li>8. Systeminterface und Systemüberwachung</li> <li>9. Lasereinsatz in der bildgeführten Chirurgie</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<p>Buzug, Thorsten M. , „Einführung in die Computertomographie“          Craig, J.J.: Introduction to Robotics, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1997          Fu, K.S., Gonzalez, R.C., Lee, C.S.G.: Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence, McGraw-Hill, 1987</p>		

<b>Modul</b>	<b>Mesoscopic Transport</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. T. Heinzel		
Modulverantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-A, WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dimensionsreduzierte Elektronensysteme</li> <li>2. Quantenfilme</li> <li>3. Quanten-Hall – Effekt</li> <li>4. Quantendrähte</li> <li>5. Coulomb-Blockade und Quantenpunkte</li> <li>6. Phasenkohärente Elektronen,</li> <li>7. Transport in Übergittern</li> <li>8. Ausgewählte weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• T. Heinzel, <i>Mesoscopic Transport in Solid State Nanostructures</i>, Wiley VCH (2010).</li> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Moderne Konzepte der Bildverarbeitung</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Dr. T. Schormann, weitere Dozenten der Medizin		
Modulverantwortliche(r)	Dr. T. Schormann		
Zuordnung	M.SC. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Einführung in die Bildverarbeitung		
Lernziele,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Contrast-Enhancement multispektraler MR-Bilddaten (MR=Magnetische Resonanztomographie),</li> <li>2. Karhunen-Loève-Transformation,</li> <li>3. rotationsinvariante Momente zur Mustererkennung,</li> <li>4. Maximum-Likelihood Klassifikation,</li> <li>5. Entscheidungsregel nach Bayes,</li> <li>6. Contrast-Enhancement und Tiefenperzeption von Stereobildern,</li> <li>7. dreidimensionales Labeling zur Quantifizierung der Anzahl von Erythrocyten,</li> <li>8. Modulations-Übertragungsfunktion (MTF),</li> <li>9. Bestimmung der MTF,</li> <li>10. quantitative Qualitätskriterien,</li> <li>11. Anpassungsverfahren:</li> <li>12. hochdimensionale und nicht-lineare Transformationen,</li> <li>13. affine Bewegung und Rotation im Sinne der kleinsten Fehlerquadrate,</li> <li>14. Bestimmung der interindividuellen Variabilität des menschlichen Gehirns mit Hilfe linearer Transformationen.</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	Artikel in Fachbüchern, Publikationen in Zeitschriften, Vorlesungsmanuskripte		

<b>Modul</b>	<b>Moderne Mikroskopieverfahren</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Dr. M. Laurati Prof. S. Egelhaaf, weitere Dozenten der Physik an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. S. Egelhaaf		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Übungen 1 SWS Praktikum 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Keine		
Lernziele,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aufbau eines optischen Mikroskops</li> <li>2. Kontrastverstärkende Methoden</li> <li>3. Fluoreszenzmikroskopie</li> <li>4. konfokale Mikroskopie</li> <li>5. multi-photon microscopy</li> <li>6. Super-resolution Mikroskopie</li> <li>7. Elektronenmikroskopie: Transmissions-EM, Scanning-EM</li> <li>8. Atomic Force Microscopy</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	Spezialliteratur und Originalpublikationen		

<b>Modul</b>	<b>Monte-Carlo-Simulationen in physikalischen Anwendungen</b>	Leistungspunkte (ECTS)	3
Dozent(inn)en	Prof. Dr. D. Reiter		
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. D. Reiter		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen			
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt			
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Nanotechnology</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. M. Getzlaff		
Modulverantwortliche(r)	Prof. M. Getzlaff		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cluster and nanoparticles</li> <li>2. Thin films and thin film technology</li> <li>3. Processes for structuring</li> <li>4. Technology of micro and nanosystems</li> <li>5. Nanoanalytics</li> <li>6. Nanoelectronics</li> <li>7. Nanobiotechnology</li> <li>8. Nanotechnology in medicine</li> <li>9. Nanotechnology for everyday life</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche Prüfung		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Lehrbücher und Monographien</li> </ul>		

Modul	<b>Numerical Simulations 1</b>	Leistungspunkte	6
Dozent(inn)en	Dr. G. Lehmann, Prof. J. Horbach und weitere Dozenten der HHUD		
Modulverantwortliche(r)	Dr. G. Lehmann		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Übung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik und Mathematik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	Grundlagen der numerischen Simulation physikalischer Systeme		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

Modul	<b>Numerical Simulations 2</b>	Leistungspunkte	6
Dozent(inn)en	Dr. G. Lehmann, Prof. J. Horbach und weitere Dozenten der HHUD		
Modulverantwortliche(r)	Dr. G. Lehmann		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Übung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik und Mathematik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik und Kenntnisse entsprechend des Moduls Numerical Simulations 1		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	Weiterführende Themen der numerischen Simulation physikalischer Systeme.		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Physik in der Medizin</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	<p>Die Professoren und Doktoren der teilnehmenden Kliniken und Institute und der HHUD und am Forschungszentrum Jülich:</p> <p>Allgemeinchirurgie: Prof. Peterschulte            Augenklinik: Prof. Dietlein            Deutsches Diabetes-Zentrum: Prof. Roden, Dr. Hwang            Endokrinologie: Dr. Willenberg            Institute for Neuroscience and Medicine (INM-4) am Forschungszentrum Jülich: Prof. Herzog            Gastroenterologie: Prof. Häussinger, Dr. Reinehr            Hautklinik: Prof. Homey, Dr. Neumann            Neurochirurgie: Prof. Steiger, Dr. Sabel            Neurologie: Prof. Seitz, Prof. Kieseier            Nuklearmedizin: Prof. Müller, Dr. Nikolaus            Phoniatrie: Prof. Angerstein            Radiologie: Dr. Blondin, Dr. Wittsack            Rechtsmedizin: Prof. Daldrup, Dr. Heller            Strahlentherapie: Prof. Budach, Dr. Simiantonakis            Transfusionsmedizin: Prof. Scharf</p>		
Modulverantwortliche(r)	Prof. Budach		
Zuordnung	M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Vorlesung      2 SWS Exkursion        2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Keine		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Medizinisch-biologische Fachkenntnis mit medizinphysikalischer Relevanz</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		

Inhalt	<p>Jede teilnehmende Einrichtung führt eine Vorlesung mit in der Regel sich anschließender Exkursion im Gesamtvolumen von 2 bis 4 Stunden durch, in dessen Rahmen die jeweils relevanten physikalischen Aspekte in Diagnostik und Therapie vorgestellt werden. Eine Ausnahme bildet der Beitrag des INM-4 am FZ Jülich, der eine ganztägige Exkursion in Verbindung mit einer Vorlesung umfasst. Die Inhalte, die sich jeweils an die aktuellen Gegebenheiten anpassen, sind im Folgenden exemplarisch dargestellt.</p> <p><i>Allgemeinchirurgie:</i> Minimalinvasive Chirurgie, Operationssteuerung</p> <p><i>Deutsches Diabetes-Zentrum:</i> Diagnostik zur Diabetes mittels MRT</p> <p><i>Endokrinologie:</i> Endokrine Erkrankungen, Diabetes mellitus, Erkrankungen der Schilddrüse und der Nebenniere. Sonographie, Fibroscan, RF-Ablation</p> <p><i>Gastroenterologie:</i> Lebererkrankungen: Leberzirrhose, Hepatitis.</p> <p><i>Hautklinik:</i> Photodynamische Therapie</p> <p><i>INM-4 am FZ Jülich:</i> Bildgebung mit MRT und PET in Neurologie und Psychiatrie: Grundlagen und Anwendungen</p> <p><i>Neurochirurgie:</i> Radiochirurgie und Navigation</p> <p><i>Neurologie:</i> Neurolog. Erkrankungen: Demenzen, Basalganglienerkrankungen, Schlaganfall.</p> <p><i>Nuklearmedizin:</i> PET-Diagnostik</p> <p><i>Phoniatrie:</i> Hördiagnostik bei Kindern</p> <p><i>Radiologie:</i> Tumorbildung: Kopf-Hals-Tumoren, Bronchialkarzinom, Tumoren des Abdominalraums, des Magen-Darmtrakts, im Urogenitalsystem, an Extremitäten. Computer und Magnetresonanztomographie, Projektionsverfahren, Nebenwirkungen strahlentherapeutischer Behandlungen, Indikationsstellung der Hyperthermiebehandlung, Diagnostik von Lymphknoten-Absiedlungen und Metastasen.</p> <p><i>Rechtsmedizin:</i> Physikalische Konzepte und Verfahren in der Rechtsmedizin</p> <p><i>Strahlentherapie:</i> Perkutane, intrakavitäre, interstitielle und stereotaktische Bestrahlung, intensitätsmodulierte, Protonen- und Hadronentherapie.</p>
Prüfungsleistung	Qualifizierte Teilnahme
Literatur	Ausgewählte Übersichtsartikel



<b>Modul</b>	<b>Programming for Supercomputers and GPUs</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Dr. A. Snytnikov		
Modulverantwortliche(r)	Dr. A. Snytnikov		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen			
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Review of Supercomputer Architectures</li> <li>• Message Passing Interface (MPI)</li> <li>• Compute Uniform Device Architecture (CUDA)</li> <li>• Parallel Numerical Methods</li> </ul>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Quantum Transport in Nanostructures</b>	Leistungspunkte	4
Dozent(inn)en	Prof. Egger		
Modulverantwortlicher	Prof. Egger		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	120 h, davon 45 h Präsenz und 75 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Quantenmechanik und Statistischer Mechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Festkörperphysik entsprechend dem Modul „Theoretical Solid State Physics“		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Landauer-Büttiker Streufomalismus</li> <li>2. Quantenpunkte und Coulomb-Blockade</li> <li>3. Quantendrähte</li> <li>4. Supraleitende Systeme</li> <li>5. Einführung in Topologische Isolatoren und Graphene</li> <li>6. Weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yu.V. Nazarov, Ya.M. Blanter, <i>Quantum Transport: Introduction to Nanoscience</i>, Cambridge University Press (2010)</li> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		



Modul	Radiologische Bildgebung	Leistungspunkte (ECTS)	3
Dozent(inn)en	PD Dr. H. Wittsack, weitere Dozent(inn)en des Instituts für Diagnostische und Interventionelle Radiologie an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	PD Dr. H. Wittsack		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Mathematische Methoden 1+2, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik.		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Grundlegende spezifische, biologisch-medizinische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konzept eines Radiologie-Instituts</li> <li>2. Konventionelle Röntgenverfahren</li> <li>3. Digitale Subtraktions-Angiographie</li> <li>4. Computertomographie</li> <li>5. Magnetresonanztomographie</li> <li>6. Kombination von Verfahren</li> <li>7. Bildverarbeitung</li> <li>8. Bildverteilung und -speicherung</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik: Röntgendiagnostik und Angiographie/ Computertomographie/ Nuklearmedizin/ Magnetresonanztomographie/ Sonographie/ Integrierte Informationssysteme.</i> Heinz Morneburg, ISBN: 978-3-89578-002-8</li> <li>• <i>Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design.</i> E. Mark Haacke, Robert W. Brown, Michael R. Thompson, Ramesh Venkatesan. ISBN: 978-0-471-35128-3</li> <li>• <i>Fundamentals of medical imaging.</i> Paul Suetens. ISBN: 978-0521519151</li> <li>• <i>Handbook of MRI Pulse Sequences,</i> Bernstein, King, ISBN: 978-0-12-092861-3</li> <li>• <i>Wie funktioniert CT?</i> Alkadi, Leschka, Stolzmann, Scheffel. ISBN: 978-3-642-17802-3</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Röntgenphysik</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>5</b>
Dozent(inn)en	Prof. G. Pretzler, weitere Dozenten der Physik an der HHU D		
Modulverantwortliche(r)	Prof. G. Pretzler		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Praktikum 1 SWS		
Arbeitsaufwand	150 h, davon 45 h Präsenz und 105 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<p><i>Vorlesung</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entstehungsprozesse für Röntgenstrahlung</li> <li>2. Technische Ansätze zur Röntgenstrahlungserzeugung</li> <li>3. Wechselwirkung von Röntgenstrahlung mit Materie: Absorption, Streuung, Brechung</li> <li>4. Techniken zur Sammlung, Abbildung und Spektralaufspaltung</li> <li>5. Röntgendetektoren</li> <li>6. Gerätetechnik: Beispiele für Gesamtanlagen</li> <li>7. Anwendung von Röntgenstrahlung: Beispiele aus Medizin, Plasmaphysik, Materialforschung, Astrophysik u.a.</li> <li>8. Sicherheitsaspekte bei der Arbeit mit Röntgenstrahlung</li> </ol> <p><i>Praktikum</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>9. Charakterisierung verschiedener Röntgendetektoren</li> <li>10. Erzeugung charakteristischer und kontinuierlicher Röntgenstrahlung mit verschiedenen Methoden (Röntgenröhre, Laserplasma)</li> <li>11. Abbildung und Spektralaufspaltung von Röntgenstrahlung mit verschiedenen Methoden</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	Mchette, Alan G., „X-ray science and technology“, IOP Publ., Bristol, 1993.		

<b>Modul</b>	<b>Semiconductor Physics</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. T. Heinzel		
Modulverantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-A, WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übungen 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kristallstruktur und chemische Bindung</li> <li>2. Elektronische Bandstruktur</li> <li>3. Dotierung und Ladungsträgerstatistik</li> <li>4. Elektr. Transport</li> <li>5. Optische Eigenschaften</li> <li>6. Quantisierungseffekte in Schichtstrukturen</li> <li>7. Kristallzucht und –bearbeitung,</li> <li>8. Lithographie,</li> <li>9. Halbleiter- Transportbauelemente: Dioden, FETs, Mikrochips,</li> <li>10. Optische Halbleiterbauelemente: LEDs, Laser</li> <li>11. Ausgewählte weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Simple and Complex Fluids: Theory, Simulation and Experiment</b>	Leistungspunkte	6
Dozent(inn)en	Prof. J.K.G. Dhont, Prof. G. Nägele, PD Dr. P. Lang, PD Dr. P. Lettinga		
Modulverantwortlicher	Prof. J.K.G. Dhont		
Zuordnung	M. Sc. Physik: WPP, W, E M. Sc. Medizinische Physik, WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik und Thermodynamik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente unter Anwendung von Methoden der Theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Übersicht über einfache und komplexe Flüssigkeiten</li> <li>2. Struktur und Phasenverhalten</li> <li>3. Streumethoden und Mikroskopie</li> <li>4. Hydrodynamik</li> <li>5. Diffusion und Fließverhalten</li> <li>6. Dynamische Computersimulationen</li> <li>7. Ausgewählte weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche oder schriftliche Modulabschlussprüfung.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Soft matter systems: advanced experimental and theoretical methods</b>	Leistungspunkte (ECTS)	8
Dozent(inn)en	Prof. Dr. J.K.G. Dhont, Prof. Dr. G. Nägele, Dr. P. Lang		
Modulverantwortliche(r)	Prof. Dr. J.K.G. Dhont		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 4 SWS Übung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen			
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction to colloids</li> <li>• Interactions between colloidal particles</li> <li>• Equilibrium phase behaviour</li> <li>• Microstructural order : Ornstein-Zernike theory</li> <li>• Single-particle dynamics: the Langevin approach</li> <li>• Experimental scattering methods (statics and dynamics)</li> <li>• scattering methods with evanescent illumination (statics and dynamics)</li> <li>• Experimental fluorescence techniques to probe dynamics (FRAP and FCS)</li> <li>• Hydrodynamic interactions in bulk and in confinements</li> <li>• Dynamics of concentrated systems : the Smoluchowski equation</li> <li>• Diffusion in concentrated colloidal suspensions</li> <li>• Phase separation kinetics : initial spinodal decomposition</li> </ul>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Statistische Mechanik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. R. Egger		
Zuordnung	B.Sc. Physik: P M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 2 SWS Ergänzung 1 SWS (fakultativ)		
Arbeitsaufwand	240 h, davon 75-90 h Präsenz und 150-165 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Mathematische Methoden 1+2, Analysis 1+2, Theoretische Mechanik, (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte spezifische, mathematisch-physikalische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Fähigkeit zur mathematischen Modellierung</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung numerischer Methoden in der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fundamentalbeziehungen, Hauptsätze</li> <li>2. Eulergleichung</li> <li>3. Gibbs-Duhem-Beziehung</li> <li>4. Thermodynamische Potenziale, Maxwellbeziehungen</li> <li>5. Quasistatische/adiabatische Prozesse (Carnot-Prozess etc.)</li> <li>6. Ideales und reales Gas (Van-der-Waals-Gleichung), Phasenübergänge 1. Ordnung</li> <li>7. Landau-Theorie der Phasenübergänge</li> <li>8. Kritische Phänomene, Begriff des Ordnungsparameter, gebrochene Symmetrie</li> <li>9. Elementare Renormierungsgruppentheorie (Skalierung und Universalität)</li> <li>10. Ensembles der Statistischen Physik</li> <li>11. Ideale Quantengase, Bose-Einstein-Kondensation</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• F. Reif, <i>Statistische Physik und Theorie der Wärme</i>, de Gruyter (1987);</li> <li>• Philip Nelson, <i>Biological Physics - Energy, Information, Life</i>, W.H. Freeman and Company (2004);</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Surface Physics 1</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. M. Getzlaff		
Modulverantwortliche(r)	Prof. M. Getzlaff		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-A, WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Seminar 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der Kristallographie</li> <li>2. Präparation und atomare Struktur sauberer Oberflächen</li> <li>3. Elektronische Struktur von Oberflächen</li> <li>4. Strukturelle Defekte an Oberflächen</li> <li>5. Elementarprozesse an Oberflächen</li> <li>6. Dünnschichtsysteme</li> <li>7. Nanostrukturen</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche oder schriftliche Modulabschlussprüfung.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oura: Surface Science (Springer-Verlag)</li> <li>• Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Surface Physics II</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. M. Getzlaff		
Modulverantwortlicher	Prof. M. Getzlaff		
Zuordnung	M.Sc. Physik: WPP, W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Experimenteller Physik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Oberflächenphysik entsprechend dem Modul „Surface Physics I“		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vakuumtechnologie</li> <li>2. Messmethoden: Beugungsmethoden</li> <li>3. Messmethoden: Elektronenspektroskopie</li> <li>4. Messmethoden: Mikroskopie</li> <li>5. Messmethoden: sonstige</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche Prüfung.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• Ours: Surface Science (Springer-Verlag)</li> <li>• Ausgewählte Lehrbücher und Monographien im Semesterapparat</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Terminologie in der Medizin</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. J. Vögele, Dr. T. Noack, weitere Dozent(inn)en des Instituts für Geschichte der Medizin an der HHU Düsseldorf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. J. Vögele		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung M.Sc. Medizinische Physik: WPMP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Keine		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende spezifische, biologisch-medizinische Fachkenntnisse in der Thematik des Moduls</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung</li> <li>2. Nomina Anatomica</li> <li>3. Klinische Fachsprache</li> <li>4. Repetitorium</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fangerau, Heiner; Schulz, Stefan; Noack, Thorsten; Müller, Irmgard: <i>Medizinische Terminologie – ein Kompaktkurs. 3. überarbeitete Auflage, Berlin, Lehmanns Media 2008 (ISBN 978-3-86541-297-3).</i></li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Theoretical Plasma Physics</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. A. Pukhov, N. N.		
Modulverantwortliche(r)	Prof. A. Pukhov		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-B, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik, WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik und Elektrizität/Magnetismus entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einzelteilchendynamik</li> <li>2. Plasmadynamische Beschreibung (hydrodynamische Gleichungen und Magnetohydrodynamik)</li> <li>3. Transporttheorie</li> <li>4. Stabilitätstheorie</li> <li>5. Nichtlineare Dynamik und Strukturbildung</li> <li>6. Einführung in die numerische Plasmaphysik</li> <li>7. Ausgewählte weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Theoretical Quantum Optics and Quantum Information</b>	Leistungspunkte	6
Dozent(inn)en	Prof. D. Bruß		
Modulverantwortliche(r)	Prof. D. Bruß		
Zuordnung	M.Sc. Physik, SP-B, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik, WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik und Experimenteller Atomphysik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quantisierung des Strahlungsfeldes</li> <li>2. Zustände des Strahlungsfeldes</li> <li>3. Wechselwirkung des Strahlungsfeldes mit Materie</li> <li>4. Nichtlineare Quantenoptik und Quantenkorrelationen</li> <li>5. Grundlegende Konzepte der Quanteninformationstheorie</li> <li>6. Quantengatter und Quantennetzwerke</li> <li>7. Quantenkryptographie</li> <li>8. Verschränkungstheorie</li> <li>9. Quanteninformation mit kontinuierlichen Variablen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D.F. Walls and G.J. Milburn, <i>Quantum Optics</i>, Springer-Verlag (1994);</li> <li>• L. Mandel and E. Wolf, <i>Optical Coherence and Quantum Optics</i>, Cambridge University Press (1995);</li> <li>• G. Benenti, G. Casati and G. Strini, <i>Principles of Quantum Computation and Quantum Information</i>, World Scientific Publishing (2004);</li> <li>• D. Bruß and G. Leuchs, <i>Lectures on Quantum Information</i>, Wiley-VCH (2007).</li> <li>• Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Theoretical Soft Matter Physics</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. J. Horbach, Prof. H. Löwen		
Modulverantwortliche(r)	Prof. H. Löwen		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-B, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik und Thermodynamik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einführung in den fluiden Zustand</li> <li>2. Thermodynamik, Struktur und Fluktuationen</li> <li>3. Phasenübergänge</li> <li>4. Oberflächen und inhomogene Flüssigkeiten</li> <li>5. Computersimulationen</li> <li>6. Dynamik</li> <li>7. Ausgewählte weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Theoretical Solid State Physics</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Prof. R. Egger, Prof. J. Horbach		
Modulverantwortliche(r)	Prof. R. Egger		
Zuordnung	M.Sc. Physik: SP-B, WPP, W M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 3 SWS Übung 1 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Theoretischer Physik und Experimenteller Festkörperphysik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kristallstruktur, Reziprokes Gitter</li> <li>2. Blochsches Theorem</li> <li>3. Zweite Quantisierung</li> <li>4. Gitterschwingungen</li> <li>5. Freies Elektronengas</li> <li>6. Elementaranregungen und optische Prozesse</li> <li>7. Supraleitung, Ginzburg-Landau Theorie</li> <li>8. Magnetische Eigenschaften der Festkörper</li> <li>9. Ausgewählte weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• ggf. Skript zur Vorlesung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Theory of complex fluids</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. Löwen, PD Dr. Ivlev		
Modulverantwortlicher	Prof. Löwen		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Statistischer Mechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in weicher Materie entsprechend dem Modul „Weiche Materie“		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Theorie von Grenzflächen</li> <li>2. Theoretische Beschreibung von Kolloiden, Polymeren und Flüssigkristallen</li> <li>3. Theoretische Beschreibung von komplexen Plasmen</li> <li>4. Theorie des Glasübergangs und des Gefrierens</li> <li>5. Hydrodynamik in komplexer Geometrie</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche oder schriftliche Modulabschlussprüfung.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J.-L. Barrat and J.-P. Hansen, <i>Basic Concepts for simple and Complex Liquids</i>; Cambridge (2003)</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Theory of phase transitions</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. J. Horbach		
Modulverantwortlicher	Prof. J. Horbach		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Statistischer Mechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Thermodynamische Grundlagen</li> <li>2. Mean-Field-Theorien</li> <li>3. Kritische Phänomene: Renormierungsgruppentheorie und Finite-Size-Scaling</li> <li>4. Theorie von Grenzflächen und Benetzungsphänomenen</li> <li>5. Kristallisation</li> </ol>		
Prüfung	Mündliche oder schriftliche Modulabschlussprüfung.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W. C. McComb, <i>Renormalization Methods: A Guide For Beginners</i> (Oxford University Press, 2008)</li> <li>• D. Chandler, <i>Introduction to Modern Statistical Mechanics</i> (Oxford University Press, 1987)</li> <li>• S. A. Safran, <i>Statistical Thermodynamics of Surfaces, Interfaces, and Membranes</i> (Westview Press, 2003)</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Ultracold Collisions</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. A. Görlitz		
Modulverantwortliche(r)	Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Atomphysik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Quantenoptik entsprechend dem Modul „Experimental Quantum Optics“		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Quantenmechanische Grundlagen des Streuprozess</li> <li>2. Partialwellenstreuung</li> <li>3. Elastische und inelastische Wechselwirkungen in ultrakalten Gase</li> <li>4. Feshbach-Resonanzen</li> <li>5. Photoassoziation</li> <li>6. Weiterführende Themen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichtsartikel</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Ultrafast Optics</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Dr. T. Toncian		
Modulverantwortliche(r)	Dr. T. Toncian		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Vorlesung 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Grundlegende Kenntnisse der Laserphysik wünschenswert		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> </ul>		
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erzeugung und Messung Ultrakurzer Laserpulse</li> <li>• Methoden der Verstärkung Ultrakurzer Pulse</li> <li>• Techniken der zeitlichen Streckung und Kompression von Pulse</li> <li>• Beispiele der Laserplasmaphysik mit Ultrakurzpulslasern</li> </ul>		
Prüfungsleistung	Schriftliche oder mündliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rick Trebino – Ultra Fast Optics</li> </ul>		

## B Seminare

<b>Modul</b>	<b>Die Physik weicher Materie und biologischer Systeme</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. S. Egelhaaf		
Modulverantwortliche(r)	Prof. S. Egelhaaf		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen			
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt			
Prüfungsleistung	Benoteter Seminarvortrag		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichts- und Originalartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Experimente der Relativitätstheorie, Präzisionsmessungen an kalten Atomen und Molekülen, und Laserphysik</b>	Leistungspunkte (ECTS)	3
Dozent(inn)en	Prof. S. Schiller		
Modulverantwortliche(r)	Prof. S. Schiller		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Atomphysik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Quantenoptik entsprechend dem Modul „Experimental Quantum Optics“		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optische Atomuhren</li> <li>• Wie kann man fundamentale physikalische Theorien mit Satellitenexperimenten testen?</li> <li>• Tests der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit</li> <li>• Tests der Zeitunabhängigkeit der Naturkonstanten</li> <li>• Kalte Moleküle: wie und warum?</li> </ul>		
Prüfungsleistung	Benoteter Seminarvortrag		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichts- und Originalartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Journal Club on quantum information theory</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. Bruß		
Modulverantwortliche	Prof. Bruß		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Quantenmechanik und Konzepten der Theoretischen Physik entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Quanteninformationstheorie entsprechend dem Modul „Theoretical Quantum Optics and Quantum Information“		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	Aktuelle Veröffentlichungen aus der Quanteninformationstheorie, z.B. Verschränkungstheorie, Zustandsanalyse, Quantenkryptographie, Quantennetzwerke, Nichtlokalität, Quanten-Darwinismus, Quanteneffekte in der Biologie		
Prüfung	Benoteter Seminarvortrag		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Originalartikel</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Laser Plasma Physics</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. O. Willi		
Modulverantwortliche(r)	Prof. O. Willi		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen			
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt			
Prüfungsleistung	Benoteter Seminarvortrag		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichts- und Originalartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Nanoelectronics</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. T. Heinzel		
Modulverantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel		
Zuordnung	M.Sc. Physik: E, W M. Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen			
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt			
Prüfungsleistung	Benoteter Seminarvortrag		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichts- und Originalartikel</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Physics of Biomolecules</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. Egelhaaf		
Modulverantwortlicher	Prof. Egelhaaf		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch oder Deutsch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in der Physik der weichen Materie entsprechend dem Curriculum des Bachelorstudiengangs Physik (besonders Module Thermodynamik und Statistische Mechanik) und dem Curriculum des Masterstudiengangs (besonders Schwerpunkt „Weiche Materie“)		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Anwendung von Prinzipien aus der Physik der weichen Materie auf biologische Fragestellungen</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Proteine (z.B. Proteinphasenverhalten, Proteinfaltung)</li> <li>2. DNA, RNA, langkettige Zucker, Proteinaggregate (z.B. mechanische Eigenschaften, Polymer- und Polyelektrolytverhalten)</li> <li>3. Biomembranen (z.B. Membranflexibilität, Domänenbildung, Exo- und Endozytose)</li> </ol>		
Prüfung	Benoteter Seminarvortrag		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichts- und Originalartikel</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Precision Measurements in Atomic Physics</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Prof. A. Görlitz		
Modulverantwortliche(r)	Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	M.Sc. Physik: W, E M.Sc. Medizinische Physik: WPP, W		
Komponenten	Seminar 2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Englisch		
Voraussetzungen	Kenntnisse in Atomphysik und Quantenmechanik entsprechend dem Curriculum des Bachelor-Studiengangs Physik; Grundlegende Kenntnisse in Quantenoptik entsprechend dem Modul „Experimental Quantum Optics“		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	Aktuelle atomphysikalischer Präzisionsexperimente (z. B. Messung des elektrischen Dipolmoments des Elektrons, Paritätsverletzung, Wasserstoffspektroskopie).		
Prüfungsleistung	Benoteter Seminarvortrag		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ausgewählte Übersichts- und Originalartikel</li> </ul>		

## C Abschlussarbeiten, Lernprojekte

Modul	<b>Directed Study</b>	Leistungspunkte (ECTS)	4-15
Dozent(inn)en	Die Dozenten der Physik		
Modulverantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel, Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	M.Sc. Physik: S, E M.Sc. Medizinische Physik: S, E		
Komponenten	Angeleitetes Lernprojekt		
Arbeitsaufwand	120 - 450 h, davon ca. 10-300 h Präsenz und 150-450 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Grundlegende Kenntnisse in experimenteller und theoretischer Physik		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertiefte Fachkenntnisse in Teilgebieten der Physik</li> <li>• Medizinisch-biologische Fachkenntnis mit medizinphysikalischer Relevanz</li> <li>• Beherrschung experimenteller Techniken</li> <li>• Fähigkeit zur Interpretation grundlegender Experimente und derer Ergebnisse</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Beherrschung der Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin</li> </ul>		
Inhalt	Im Modul Directed Study erarbeitet sich der Studierende unter Anleitung eines Dozenten (einer Dozentin) theoretische, numerische und/oder experimentelle Inhalte aus einem Spezialgebiet der Physik oder der Medizinphysik. Diese Inhalte stellen in der Regel die Grundlage für die erfolgreiche Durchführung der Masterarbeit dar.		
Prüfungsleistung	Schriftlicher Bericht		
Literatur	Weiterführende Monographien, Übersichtsartikel und Dissertationen aus dem gewählten Spezialgebiet.		

<b>Modul</b>	<b>Master's Thesis / Masterarbeit</b>	<b>Leistungspunkte</b>	<b>30</b>
Dozent(inn)en	Dozenten der Physik an der HHU D		
Modulverantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel, Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	M.Sc. Physik: P M.Sc. Medizinische Physik: P		
Komponenten	Masterarbeit		
Arbeitsaufwand	900 h		
Sprache	Englisch oder Deutsch		
Voraussetzungen	Erwerb von 60 Leistungspunkten im Masterstudiengang (formell)		
Lernziele,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beherrschung experimenteller Techniken (für experimentell orientierte Arbeiten)</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung der Methoden der theoretischen Physik (für theoretisch orientierte Arbeiten)</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen und Fertigkeiten</li> <li>• Beherrschung der Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin (M.Sc. Medizinische Physik)</li> </ul>		
Inhalt	<p>Die Masterarbeit ist die Abschlussarbeit des Master-Studiengangs. Die selbständige Anfertigung der Masterarbeit wird durch einen (eine) Professor(in) oder ein anderes habilitiertes Mitglied des Lehrkörpers betreut. Das Thema der Arbeit wird von dem (der) Betreuer(in) gestellt. Das Thema entstammt in der Regel dem Forschungsgebiet des (der) Betreuers (Betreuerin) und soll in engem Bezug zu einem vom Studierenden absolvierten Ergänzungsmodul sowie zum Spezialisierungsmodul stehen. Das Thema soll ein anspruchsvolles wissenschaftliches Niveau aufweisen und wird so gestellt, dass ein Resultat mit angemessenem Neuheitswert erzielt werden kann. Die Ergebnisse der Master-Arbeit sollen in der Regel in eine höherwertige wissenschaftliche Publikation einfließen können.</p>		
Prüfungsleistung	Eigenständige schriftliche Abhandlung („Masterarbeit“)		
Literatur	Monographien und Originalartikel aus dem gewählten Spezialgebiet.		