



HEINRICH HEINE  
UNIVERSITÄT DÜSSELDORF

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

**(Stand 18.02.2013)**

Liebe Studierende,

die hier vorliegende überarbeitete Version des Modulhandbuchs für die Bachelorstudiengänge 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 Modulinhalte oder der Bewertung mit Leistungspunkten.

Die Modulbeschreibungen enthalten die wichtigsten Informationen zu den einzelnen Modulen, insbesondere

- Das zentrale Fachwissen, die experimentellen/technologischen Fähigkeiten (*Fertigkeiten*) und die sonstigen, allgemeineren Fähigkeiten zu Wissenstransfer, Kommunikationstechniken, wissenschaftlichem Arbeiten usw. (*Kompetenzen*);
- Die Art und den Umfang der Veranstaltungen sowie die Prüfungsmodalitäten;
- Literaturangaben und
- Angabe derjenigen Module, auf denen das Modul aufbaut (*Voraussetzungen*).

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

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

# 1. Ziele und Lernergebnisse

## 1.1. Bachelorstudiengang 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 **Bachelorstudium** der Physik soll den Studierenden die grundlegenden fachlichen Kenntnisse, Fertigkeiten und Methoden vermitteln, die zu qualifiziertem und verantwortlichem Handeln in der Berufspraxis erforderlich sind. Insbesondere sollen die Absolventen darauf vorbereitet sein, wissenschaftliche und technische Fortschritte in ihre berufliche Tätigkeit einzubeziehen und sich somit flexibel auf Veränderungen in den Anforderungen der Berufswelt einzustellen.

Um diese Ziele des Studiengangs zu erreichen, werden neben spezifischen Fachkenntnissen, theoretischen Konzepten und experimentellen Techniken auch Methoden zum Wissenstransfer, zur wissenschaftlichen Kommunikation und zur selbständigen wissenschaftlichen Arbeit vermittelt. Hierbei werden die Studierenden durch aufeinander aufbauende Lernziele vom Kenntnisstand eines Studienanfängers zu den Studienzielen geführt. Die einzelnen Lernergebnisse der Module sind in den Modulbeschreibungen festgelegt und werden durch darauf abgestimmte Lehrmethoden und Prüfungsformen sichergestellt. Die folgende Klassifikation der Module in vier Lernergebnis-Stufen gibt eine Übersicht über die sukzessive Vermittlung der Lernziele und den damit verbundenen Zuwachs an Kenntnissen, Fertigkeiten und Kompetenzen, von Studienbeginn bis zum Abschluss des Studiums mit der Bachelorarbeit.

**Stufe 1** wird aus den Modulen Experimentelle Mechanik, Optik, Mathematische Methoden 1, Analysis 1 und dem Nebenfach 1 gebildet. Sofern die Nebenfächer aus verschiedenen Fachrichtungen gewählt werden, gilt dies auch für das Nebenfach 2. Es werden keine Fachkenntnisse vorausgesetzt. In den Modulen experimentelle Mechanik und Optik werden die entsprechenden grundlegenden physikalischen Phänomene anhand von Experimenten demonstriert und daraus Gesetzmäßigkeiten abgeleitet. Die Studierenden vertiefen das Gelernte durch das Lösen von Übungsaufgaben, welche eigenständig oder in Kooperation mit wenigen Kommilitonen bearbeitet werden. Wesentlicher Teil der Übungen ist das Vortragen der Lösungen an der Tafel während der Besprechung. Dadurch lernen die Studierenden, das Erarbeitete didaktisch aufzuarbeiten und in Form von kurzen Beiträgen im Umfang von wenigen Minuten verständlich vorzutragen. In ähnlicher Form werden in den Modulen Mathematische Methoden 1 und Analysis 1 die entsprechenden mathematischen Inhalte erarbeitet, während im Nebenfach in

analoger Art und Weise grundlegende Fachkenntnisse des Nebenfachs vermittelt werden.

Haben die Studierenden demonstriert, dass sie in der Lage sind, selbständig die fachspezifischen Probleme zu lösen und über die Lösungen mündlich zu referieren, so werden sie zur Modulprüfung zugelassen, die in der Regel schriftlich abgelegt wird und sich an den Stil der Übungsaufgaben anlehnt.

In den Modulen der **Stufe 2** werden weitere Fachkenntnisse nach der Methodik der Stufe 1 vermittelt, wobei zusätzlich Wissenstransfer in eng umgrenzten Rahmen aus (maximal drei) vorgeschalteten Modulen erlernt wird. Dadurch steigen Umfang und die Komplexität der Fragestellungen, was sich auch in den Übungsaufgaben widerspiegelt. Die Module Elektrizität und Magnetismus, Theoretische Mechanik, Mathematische Methoden 2, Thermodynamik, Analysis 2, das Grundpraktikum 1, Orientierung, Wahlpflicht Mathematik und gegebenenfalls das Nebenfach 2 sind dieser Stufe zuzuordnen.

In Stufe 2 kommen neue Konzepte hinzu, die für die Ausbildung zum Physiker zentral sind.

Erstens wird die Methodik der theoretischen Physik am Beispiel der Theoretischen Mechanik eingeführt, welche komplementär zu der induktiven Vorgehensweise in der Experimentellen Mechanik zu sehen ist und die umfassende Anwendung der in den Modulen Mathematische Methoden 1 sowie Analysis 1 erworbenen Fertigkeiten erfordert.

Zweitens wird im Grundpraktikum 1 vermittelt, wie das Wissen aus den Experimentalphysik-Modulen aus Stufe 1 auf das Verständnis und die Durchführung vorbereiteter Laborversuche angewandt wird. Hierbei werden grundlegende handwerklich-experimentelle Techniken wie sauberes Experimentieren, genaues Beobachten und akribisches Dokumentieren, der Umgang mit potentiellen Gefahren im Labor oder Fehlerbetrachtungen erlernt. Die intensive Interaktion zwischen Studierenden in Kleingruppen (typisch zwei Studierende) und Dozierenden ist für das Erreichen dieser Lernziele essenziell. Aus diesem Grund fließt im Grundpraktikum der praktischen experimentellen Arbeit in die Bewertung ein.

**Stufe 3** beinhaltet Module, zu deren Meisterung umfangreiches Fachwissen aus einer Vielzahl von bereits absolvierten Modulen zusammengetragen, verknüpft und angewandt werden muss. Diese Module (Elektrodynamik, Atomphysik, Quantenmechanik, Festkörperphysik, Kernphysik, Statistische Mechanik, das Grundpraktikum 2 und das Fortgeschrittenen-Praktikum) dienen neben der üblichen Vermittlung von Fachwissen dazu, das Gebäude der Physik als einheitliches Ganzes zu begreifen und übergeordnete Konzepte, die in vielen Modulen eine Rolle spielen, zu erkennen und anzuwenden. Beispiele sind thermodynamische Betrachtungen bzgl. Energie oder Entropie, relativistische Effekte, die Unschärferelation oder der Welle-Teilchen-Dualismus, um nur einige wenige zu nennen. Die zentralen Lernziele in Stufe 3 lassen sich wie folgt konkretisieren.

Erstens wird anhand der Atomphysik und der Quantenmechanik die Quantenphysik als Grundlage der nahezu gesamten modernen Physik eingeführt. Ein wesentliches Lernziel hierbei ist es zu vermitteln, wie die Quantenphysik und die zuvor gelehrtten klassischen Gebiete zusammenhängen. Die Studierenden lernen die anschaulichen Bilder der klassischen Physik auf die abstrakte Quantenphysik zu übertragen. In den nachfolgenden Modulen Festkörperphysik, Statistische Mechanik und Kernphysik sind dann komplexe Transferleistungen zwischen der klassischen Mechanik und der Quantenmechanik an der Tagesordnung. Die übliche Prüfungsform ist in diesem

Bereich wiederum das Lösen und Vorrechnen von Übungsaufgaben sowie eine schriftliche Prüfung.

Zweitens werden derart vielschichtige Transferleistungen auch bezüglich der experimentellen Arbeit im Labor erlernt. Im Grundpraktikum 2 wählen die Studierenden aus dem bislang vermittelten Fundus eine einzelne Fragestellung aus, mit der sie sich in Gruppen von ca. 6 Studierenden intensiv experimentell befassen möchten. Didaktisch treten so wesentliche Elemente neu hinzu, insbesondere der unter Anleitung selbständige Aufbau eines Experiments, was neben kommunikativen auch organisatorische Kompetenzen vermittelt, sowie die Durchführung eines Experimentes, bei dem das Resultat nicht bereits wohlbekannt ist. Die Prüfungsleistung ist eine mündliche Gruppenprüfung, in der die Studierenden Ihre experimentelle Vorgehensweise und Ihre Ergebnisse mit den Prüfern diskutieren. Den Abschluss des Grundpraktikums 2 bildet eine Posterpräsentation, in der die experimentellen Ergebnisse öffentlich vorgestellt werden.

Im Fortgeschrittenen-Praktikum werden einerseits moderne experimentelle Techniken erlernt und andererseits Experimente an sehr forschungsnahen experimentellen Aufbauten durchgeführt. Dieses Praktikum unterscheidet sich von den Grundpraktika durch eine erhöhte Komplexität der Versuchsaufbauten und der Interpretation der Ergebnisse, die einen umfassenden Transfer des bis zu diesem Zeitpunkt erworbenen Wissens erfordert. Die Prüfungen im Fortgeschrittenen-Praktikum setzen sich aus mündlichen An- und Abtestaten und schriftlichen Berichten zusammen. Zudem beinhaltet das Fortgeschrittenen-Praktikum einen bewerteten ca. zwanzigminütigen Vortrag über ein vorgegebenes wissenschaftliches Thema. Hierdurch werden die Studierenden an die Vorbereitung und das mündliche Vortragen einer wissenschaftlichen Präsentation herangeführt.

Im Rahmen der **Module der Stufe 4** (Spezialisierung, Abschluss-Seminar und Bachelorarbeit) arbeiten sich die Studierenden unter Anleitung tief in eine vorausgewählte Thematik ein und wenden diese in der Bachelorarbeit im Rahmen eines eigenen Forschungsprojekts oder der Mitarbeit in einem größeren Forschungsprojekt an. Neben den Transferleistungen der Stufe 3 kommen hier neue Fertigkeiten und Kompetenzen hinzu. Es wird vermittelt (Spezialisierungsmodul), dass wissenschaftliches Arbeiten nur bei umfassender Kenntnis des Spezialgebietes möglich ist und auf welche Art und Weise dieses Fachwissen erarbeitet werden kann (Literatur-Recherche in Fachzeitschriften, Diskussion mit Spezialisten usw.). In der Bachelorarbeit erlernen die Studierenden, in einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe mitzuwirken, was neben der Fachkenntnis auch das Erlernen fachspezifischer Kommunikationskompetenzen erfordert. Die Studierenden erlernen, einen wissenschaftlichen Bericht über eigene Arbeiten und Ergebnisse zu verfassen (Bachelorarbeit) sowie diese mündlich vor einem breiten Auditorium zu kommunizieren (Abschluss-Seminar). Dieses Seminar baut die im Rahmen des Seminars zum Praktikum für Fortgeschrittene erworbenen Kompetenzen erheblich aus.

## 1.2. Bachelorstudiengang 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 sind beispielsweise 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 werden häufig auch zur Diagnostik und/oder zur Therapie in Anspruch genommen. In den letzten Jahren hielt zudem die Nanophysik 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.

Der **Bachelor**studiengang Medizinische Physik soll den Studierenden die grundlegenden fachlichen Kenntnisse, Fähigkeiten und Methoden vermitteln, die zu qualifiziertem und verantwortlichem Handeln in im Berufsfeld der Medizinphysik erforderlich sind. Wichtig sind hierbei nicht nur eine Kombination eines breiten und fundierten Wissens in Physik mit Grundkenntnissen der Medizin, sondern auch die Befähigung, die Denkweisen und Paradigmen von Mediziner(inne)n zu verstehen und mit denjenigen der Physiker(innen) vereinbaren zu können.

Darüber hinaus sollen die Absolventen darauf vorbereitet sein, wissenschaftliche und technische Fortschritte in ihre berufliche Tätigkeit einzubeziehen und sich somit flexibel auf Veränderungen in den Anforderungen der Berufswelt einzustellen.

Um diese Ziele des Studiengangs zu erreichen, werden neben spezifischen Fachkenntnissen, theoretischen Konzepten und experimentellen Techniken auch Methoden zum Wissenstransfer, zur wissenschaftlichen Kommunikation und zur selbständigen wissenschaftlichen Arbeit vermittelt. Hierbei werden die Studierenden durch aufeinander aufbauende Lernziele vom Kenntnisstand eines Studienanfängers zu den Studienzielen geführt. Die einzelnen Lernergebnisse der Module sind in den Modulbeschreibungen festgelegt und werden durch darauf abgestimmte Lehrmethoden und Prüfungsformen sichergestellt. Die folgende Klassifikation der Module in vier Lernergebnis-Stufen gibt eine Übersicht über die sukzessive Vermittlung der Lernziele und den damit verbundenen Zuwachs an Kenntnissen, Fertigkeiten und Kompetenzen, von Studienbeginn bis zum Abschluss des Studiums mit der Bachelorarbeit.

**Stufe 1** wird aus den Modulen Experimentelle Mechanik, Optik, Mathematische Methoden 1, Analysis 1, Biologie und dem Nebenfach 1 gebildet. Sofern die

Nebenfächer aus verschiedenen Fachrichtungen gewählt werden, gilt dies auch für das Nebenfach 2. Es werden keine Fachkenntnisse vorausgesetzt. In den Modulen experimentelle Mechanik und Optik werden die entsprechenden grundlegenden physikalischen Phänomene anhand von Experimenten demonstriert und daraus Gesetzmäßigkeiten abgeleitet. Die Studierenden vertiefen das Gelernte durch das Lösen von Übungsaufgaben, welche eigenständig oder in Kooperation mit wenigen Kommilitonen bearbeitet werden. Wesentlicher Teil der Übungen ist das Vortragen der Lösungen an der Tafel während der Besprechung. Dadurch lernen die Studierenden, das Erarbeitete didaktisch aufzuarbeiten und in Form von kurzen Beiträgen im Umfang von wenigen Minuten verständlich vorzutragen. In ähnlicher Form werden in den Modulen Mathematische Methoden 1 und Analysis 1 die entsprechenden mathematischen Inhalte erarbeitet, während im Nebenfach in analoger Art und Weise grundlegende Fachkenntnisse des Nebenfachs vermittelt werden.

Haben die Studierenden demonstriert, dass sie in der Lage sind, selbständig die fachspezifischen Probleme zu lösen und über die Lösungen mündlich zu referieren, so werden sie zur Modulprüfung zugelassen, die in der Regel schriftlich abgelegt wird und sich an den Stil der Übungsaufgaben anlehnt.

In den Modulen der **Stufe 2** werden weitere Fachkenntnisse nach der Methodik der Stufe 1 vermittelt, wobei zusätzlich Wissenstransfer in eng umgrenzten Rahmen aus (maximal drei) vorgeschalteten Modulen erlernt wird. Dadurch steigen Umfang und die Komplexität der Fragestellungen, was sich auch in den Übungsaufgaben widerspiegelt. Die Module Elektrizität und Magnetismus, Theoretische Mechanik, Mathematische Methoden 2, Thermodynamik, Analysis 2, das Grundpraktikum 1, Orientierung, Wahlpflicht Mathematik, Anatomie, Physiologie, Humangenetik und gegebenenfalls das Nebenfach 2 sind dieser Stufe zuzuordnen.

In Stufe 2 kommen neue Konzepte hinzu, die für die Ausbildung zum Physiker zentral sind.

Erstens wird die Methodik der theoretischen Physik am Beispiel der Theoretischen Mechanik eingeführt, welche komplementär zu der induktiven Vorgehensweise in der Experimentellen Mechanik zu sehen ist und die umfassende Anwendung der in den Modulen Mathematische Methoden 1 sowie Analysis 1 erworbenen Fertigkeiten erfordert.

Zweitens wird im Grundpraktikum 1 vermittelt, wie das Wissen aus den Experimentalphysik-Modulen aus Stufe 1 auf das Verständnis und die Durchführung vorbereiteter Laborversuche angewandt wird. Hierbei werden grundlegende handwerklich-experimentelle Techniken wie sauberes Experimentieren, genaues Beobachten und akribisches Dokumentieren, der Umgang mit potentiellen Gefahren im Labor oder Fehlerbetrachtungen erlernt. Die intensive Interaktion zwischen Studierenden in Kleingruppen (typisch zwei Studierende) und Dozierenden ist für das Erreichen dieser Lernziele essenziell. Aus diesem Grund fließt im Grundpraktikum der praktischen experimentellen Arbeit in die Bewertung ein.

**Stufe 3** beinhaltet Module, zu deren Meisterung umfangreiches Fachwissen aus einer Vielzahl von bereits absolvierten Modulen zusammengetragen, verknüpft und angewandt werden muss. Diese Module (Elektrodynamik, Atomphysik, Quantenmechanik, Medizinphysik, Kernphysik, das Grundpraktikum 2, einige Module des Spezialisierungsbereichs und das Fortgeschrittenen-Praktikum) dienen neben der üblichen Vermittlung von Fachwissen dazu, das Gebäude der Physik als einheitliches Ganzes zu begreifen und übergeordnete Konzepte, die in vielen Modulen eine Rolle spielen, zu erkennen und anzuwenden. Beispiele sind

thermodynamische Betrachtungen bzgl. Energie oder Entropie, relativistische Effekte, die Unschärferelation oder der Welle-Teilchen-Dualismus, um nur einige wenige zu nennen. Die zentralen Lernziele in Stufe 3 lassen sich wie folgt konkretisieren.

Erstens wird anhand der Atomphysik und der Quantenmechanik die Quantenphysik als Grundlage der nahezu gesamten modernen Physik eingeführt. Ein wesentliches Lernziel hierbei ist es zu vermitteln, wie die Quantenphysik und die zuvor gelehrt klassischen Gebiete zusammenhängen. Die Studierenden lernen die anschaulichen Bilder der klassischen Physik auf die abstrakte Quantenphysik zu übertragen. In den nachfolgenden Modulen Medizinphysik und Kernphysik sind dann komplexe Transferleistungen an der Tagesordnung. Die übliche Prüfungsform ist in diesem Bereich wiederum das Lösen und Vorrechnen von Übungsaufgaben sowie eine schriftliche Prüfung.

Zweitens werden derart vielschichtige Transferleistungen auch bezüglich der experimentellen Arbeit im Labor erlernt. Im Grundpraktikum 2 wählen die Studierenden aus dem bislang vermittelten Fundus eine einzelne Fragestellung aus, mit der sie sich in Gruppen von ca. 6 Studierenden intensiv experimentell befassen möchten. Didaktisch treten so wesentliche Elemente neu hinzu, insbesondere der unter Anleitung selbständige Aufbau eines Experiments, was neben kommunikativen auch organisatorische Kompetenzen vermittelt, sowie die Durchführung eines Experimentes, bei dem das Resultat nicht bereits wohlbekannt ist. Die Prüfungsleistung ist eine mündliche Gruppenprüfung, in der die Studierenden Ihre experimentelle Vorgehensweise und Ihre Ergebnisse mit den Prüfern diskutieren. Den Abschluss des Grundpraktikums 2 bildet eine Posterpräsentation, in der die experimentellen Ergebnisse öffentlich vorgestellt werden.

Im Fortgeschrittenen-Praktikum werden einerseits moderne experimentelle Techniken erlernt und andererseits Experimente an sehr forschungsnahen experimentellen Aufbauten durchgeführt. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf fortgeschrittenen Versuchen zur Anwendung von physikalischen Technologien in der Medizin. Dieses Praktikum unterscheidet sich von den Grundpraktika durch eine erhöhte Komplexität der Versuchsaufbauten und der Interpretation der Ergebnisse, die einen umfassenden Transfer des bis zu diesem Zeitpunkt erworbenen Wissens erfordert. Die Prüfungen im Praktikum für Fortgeschrittene setzen sich aus mündlichen An- und Abtestaten und schriftlichen Berichten zusammen. Zudem beinhaltet das Fortgeschrittenen-Praktikum einen bewerteten ca. zwanzigminütigen Vortrag über ein vorgegebenes wissenschaftliches Thema. Hierdurch werden die Studierenden an die Vorbereitung und das mündliche Vortragen einer wissenschaftlichen Präsentation herangeführt.

Drittens wird in dem Modul Medizinphysik einerseits die Anwendung physikalischer Erkenntnisse und Konzepte auf medizinisch relevante Fragestellungen erlernt, andererseits werden Themen, die bereits in den Modulen Anatomie, Biologie und Physiologie aus medizinisch-biologischer Sicht behandelt wurden, durch eine physikalische Beschreibung ergänzt. Das Modul Medizinphysik bildet somit, ebenso wie die im Bereich Spezialisierung angebotenen Module, eine entscheidende Komponente beim Aufbau der Schnittstellenkompetenz zwischen Medizin und Physik. Das Modul Medizinphysik beinhaltet auch einen ca. zwanzigminütigen Vortrag über ein vorgegebenes wissenschaftliches Thema der Medizinphysik. Hierdurch werden die Studierenden an die Vorbereitung und das mündliche Vortragen einer wissenschaftlichen Präsentation herangeführt.


Im Rahmen der **Module der Stufe 4** (einige Module des Spezialisierungsbereichs, Abschluss-Seminar und Bachelorarbeit) arbeiten sich die Studierenden unter

Anleitung tief in eine vorausgewählte Thematik ein und wenden diese in der Bachelorarbeit im Rahmen eines eigenen Forschungsprojekts oder der Mitarbeit in einem größeren Forschungsprojekt an. Neben den Transferleistungen der Stufe 3 kommen hier neue Fertigkeiten und Kompetenzen hinzu. Es wird vermittelt (Spezialisierungsbereich), dass wissenschaftliches Arbeiten nur bei umfassender Kenntnis des Spezialgebietes möglich ist und auf welche Art und Weise dieses Fachwissen erarbeitet werden kann (Literatur-Recherche in Fachzeitschriften, Diskussion mit Spezialisten usw.). In der Bachelorarbeit erlernen die Studierenden, in einer wissenschaftlichen Arbeitsgruppe mitzuwirken, was neben der Fachkenntnis auch das Erlernen fachspezifischer Kommunikationskompetenzen erfordert. Die Studierenden erlernen einen wissenschaftlichen Bericht über eigene Arbeiten und Ergebnisse zu verfassen (Bachelorarbeit) sowie diese mündlich vor einem breiten Auditorium zu kommunizieren (Abschluss-Seminar). Dieses Seminar baut die im Rahmen des Medizinphysik-Seminars erworbenen Kompetenzen erheblich aus.

## 2. Studienpläne

### 2.1. Bachelorstudiengang Physik

Die Veranstaltungen des Bachelorstudiengangs Physik werden so angeboten, dass der reguläre Beginn im Wintersemester liegt. Zusätzlich besteht aber auch die Möglichkeit, das Studium im Sommersemester aufzunehmen und nach einem modifizierten Studienplan zu studieren.

Studienplan - Physik (B. Sc.) Beginn im Wintersemester					
1. Semester 31 LP	2. Semester 33 LP	3. Semester 30 LP	4. Semester 30 LP	5. Semester 28 LP	6. Semester 28 LP
Experimentelle Mechanik 3V+1Ü 6 LP	Elektrizität und Magnetismus 3V+1Ü 6 LP	Orientierung (*1) 6 LP	Atomphysik 3V+1Ü 6 LP	Festkörperphysik 3V+1Ü 6 LP	Kernphysik 3V+1Ü 6 LP
Optik 3V+1Ü 6 LP	Theoretische Mechanik 3V+2Ü 8 LP	Elektrodynamik 3V+2Ü 8 LP	Thermodynamik 3V+1Ü 6 LP	Spezialisierung (*4) 5 LP	Bachelorarbeit 12 LP
Mathematische Methoden 1 3V+3Ü 6 LP	Mathematische Methoden 2 2V+2Ü 4 LP	Wahlpflicht Mathematik 4V 8 LP	Quantenmechanik 3V+2Ü 8 LP	Statistische Mechanik 3V+2Ü 8 LP	Abschluss-Seminar 3 LP
Analysis 1 4V+2Ü 8 LP	Analysis 2 4V+2Ü 8 LP		Wahlbereich (*2) 8 LP		
Grundpraktikum 1 4P 5 LP	Grundpraktikum 2 6P 7 LP	Nebenfach 1 (*3) 8 LP	Nebenfach 2 (*3) 8 LP	Fortgeschrittenen-Praktikum 6P+2S 10 LP	

V: Vorlesung    Ü: Übung    S: Seminar    P: Praktikum  
 (\*1) z.B. Elektronik oder Mathematik.    (\*2) Veranstaltungen ausserhalb des Faches Physik.  
 (\*3) z.B. Chemie, Informatik, oder Mathematik.    (\*4) Einführung in ein Spezialgebiet der Physik

LP: Leistungspunkte (ECTS)



# Studienplan - Physik (B. Sc.) Beginn im Sommersemester

1. Semester 27 LP	2. Semester 33 LP	3. Semester 32 LP	4. Semester 30 LP	5. Semester 28 LP	6. Semester 30 LP
Elektrizität und Magnetismus 3V+1Ü 6 LP	Experimentelle Mechanik 3V+1Ü 6 LP	Atomphysik 3V+1Ü 6 LP	Orientierung (*1) 6 LP	Quantenmechanik 3V+2Ü 8 LP	Statistische Mechanik 3V+2Ü 8 LP
	Optik 3V+1Ü 6 LP	Thermodynamik 3V+1Ü 6 LP	Festkörperphysik 3V+1Ü 6 LP	Spezialisierung (*4) 5 LP	Bachelorarbeit 12 LP
Lineare Algebra 1 4V+2Ü 8 LP	Mathematische Methoden 1 3V+3Ü 6 LP	Theoretische Mechanik 3V+2Ü 8 LP	Elektrodynamik 3V+2Ü 8 LP	Kernphysik 3V+1Ü 6 LP	Abschlussseminar 3 LP
Analysis 1 4V+2Ü 8 LP	Analysis 2 4V+2Ü 8 LP	Mathematische Methoden 2 2V+2Ü 4 LP	Wahlbereich (*2) 8 LP		
Grundpraktikum 1 4P 5 LP	Grundpraktikum 2 6P 7 LP	Nebenfach 1 (*3) 8 LP	Nebenfach 2 (*3) 8 LP	Fortgeschrittenen-Praktikum 6P+2S 10 LP	


V: Vorlesung  
Ü: Übung  
S: Seminar  
P: Praktikum

(\*1) z.B. Elektronik oder Mathematik.  
(\*2) Veranstaltungen ausserhalb der Math.-Nat. Fakultät.  
(\*3) z.B. Chemie, Informatik, oder Mathematik.  
(\*4) Einführung in ein Spezialgebiet der Physik

LP: Leistungspunkte (ECTS)

## 2.2. Bachelorstudiengang Medizinische Physik

Der Bachelorstudiengang Medizinische Physik kann nur im Wintersemester begonnen werden.

Studienplan Medizinische Physik (B. Sc.)		 HEINRICH HEINE UNIVERSITÄT DÜSSELDORF			
1. Semester 31 LP	2. Semester 33 LP	3. Semester 28 LP	4. Semester 31 LP	5. Semester 27 LP	6. Semester 30 LP
Experimentelle Mechanik 3V+1Ü 6 LP	Elektrizität und Magnetismus 3V+1Ü 6 LP	Orientierung (*1) 6 LP	Atomphysik 3V+1Ü 6 LP	Medizinphysik 4V+1Ü +1S 9 LP	Kernphysik 3V+1Ü 6 LP
Optik 3V+1Ü 6 LP	Theoretische Mechanik 3V+2Ü 8 LP	Elektrodynamik 3V+2Ü 8 LP	Thermodynamik 3V+1Ü 6 LP	Spezialisierung (*3) 6 LP	Bachelorarbeit 12 LP
Mathematische Methoden 1 3V+3Ü 6 LP	Mathematische Methoden 2 2V+2Ü 4 LP		Quantenmechanik 3V+2Ü 8 LP	Humangenetik 1V+1P 3 LP	Abschluss-Seminar 3 LP
Analysis 1 4V+2Ü 8 LP	Analysis 2 4V+2Ü 8 LP	Biologie 4V 6 LP	Anatomie 2V 3 LP	Physiologie 6V 9 LP	
Grundpraktikum 1 4P 5 LP	Grundpraktikum 2 6P 7 LP	Nebenfach 1 (*2) 8 LP	Nebenfach 2 (*2) 8 LP	Fortgeschrittenen-Praktikum 7P 9 LP	

V: Vorlesung    (\*1) z.B. Elektronik oder Mathematik.  
 Ü: Übung        (\*2) z.B. Chemie, Informatik, oder Mathematik.  
 S: Seminar      (\*3) z.B. Radiologie, Strahlentherapie, Bildgebung oder Terminologie.  
 P: Praktikum

**LP: Leistungspunkte (ECTS)**

### 3. Module der Bachelorstudiengänge

Modul	Physik	Med. Physik
Abschlussseminar	X	X
Allgemeine Psychologie 2	O	-
Allgemeine und Anorganische Chemie	O	O
Analysis 1	X	X
Analysis 2	X	X
Analysis 3	O	O
Anatomie	-	X
Angeleitetes Lernprojekt	O	O
Atomphysik	X	X
Bachelorarbeit	X	X
Bildgebende Verfahren	-	O
Biologische Psychologie	-	O
Einführung in die Bildverarbeitung	-	O
Einführung in die Biologie		X
Einführung in die Stochastik	O	O
Einführung in die Strahlentherapie	-	O
Elektrizität und Magnetismus	X	X
Elektrodynamik	X	X
Elektronik	O	O
Experimentelle Mechanik	X	X
Experimentelle Festkörperphysik	X	-
Fortgeschrittenenpraktikum Medizinphysik	-	X
Fortgeschrittenenpraktikum Physik	X	O
Grundlagen der Medizinischen Physik	O	X
Grundpraktikum 1	X	X
Grundpraktikum 2	X	X
Humangenetik	-	X
Informatik 1	O	O
Informatik 2	O	O
Kernphysik	X	X
Lineare Algebra 1	O	O
Lineare Algebra 2	O	O
Mathematische Methoden der Physik 1	X	X
Mathematische Methoden der Physik 2	X	X
Numerik 1	O	O
Optik	X	X
Physiologie	-	X
Prinzipien der Organischen Chemie	O	O
Quantenmechanik	X	X
Radiologische Bildgebung	-	X
Statistische Mechanik	X	-
Terminologie in der Medizin	-	O
Theoretische Mechanik	X	X
Thermodynamik	X	X
Wahrscheinlichkeitstheorie	O	O

(X verpflichtend, O wählbar)

<b>Modul</b>	<b>Abschlussseminar</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(Inn)en	Die Dozent(innen) der Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. A. Görlitz, Prof. T. Heinzel		
Zuordnung	B. Sc. Physik: 6. FS B. Sc. Medizinische Physik: 6. FS		
Komponenten	Seminar                      2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 15 h Präsenz und 75 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Erfolgte Anmeldung zur Bachelorarbeit, Seminarvortrag des Fortgeschrittenenpraktikums		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fachliteratur-Recherche;</li> <li>• Vorbereitung eines wissenschaftlichen Vortrages über ein selbst bearbeitetes Thema;</li> <li>• Abhalten eines längeren Vortrages (Dauer: 45 Minuten) vor einem gemischten Auditorium;</li> <li>• Wissenschaftliche Diskussionsteilnahme als Vortragende(r) und als Zuhörer(in).</li> </ul>		
Inhalt	Seminarvorträge der Absolvent(inn)en in Physik und Medizinischer Physik über das Thema der jeweiligen Bachelorarbeit.		
Prüfungsleistung	Benoteter mündlicher Seminarvortrag.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• Spezialliteratur zum Thema der Bachelorarbeit</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Allgemeine Psychologie 2</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	8
Dozent(inn)en	Prof. M. Heil		
Verantwortliche(r)	Prof. M. Heil		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 60 h Präsenz und 180 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Zulassung für das Modul durch den Prüfungsausschuss.		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Fachkenntnisse Allgemeiner Psychologie</li> <li>• Kommunikationskompetenz</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Lernen (klassische Konditionierung, operante Konditionierung, Modelllernen);</li> <li>2. Aufmerksamkeit;</li> <li>3. Gedächtnis (Kurzzeitgedächtnis, Arbeitsgedächtnis, Vorstellung, Langzeitgedächtnis, Enkodier- und Abrufprozesse, Implizites Gedächtnis)</li> <li>4. Motivation &amp; Emotion (Emotionstheorien, Emotion &amp; Gedächtnis, Hunger, Durst, Sucht, Motivationstheorien, Angst, Aggression, Leistungsmotivation).</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>• wird vom Dozenten bekannt gegeben</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Allgemeine und Anorganische Chemie</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Chemie an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. C. Janiak		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 3. FS B. Sc. Medizinische Physik: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis der grundlegenden allgemein-chemischen Konzepte</li> <li>• Verständnis für die Eigenschaften der wichtigsten Stoffe und ihre Anwendung in Labor, Technik und Alltag.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atome, Moleküle, Ionen. Daltons Atomtheorie.</li> <li>2. Stoffmenge, Substanzformel, Molekularformel, Stöchiometrie.</li> <li>3. Atommodelle, Aufbau des Periodensystems, Elektronenkonfigurationen der Atome und Ionen, Atomeigenschaften.</li> <li>4. Kovalente Bindung: Oktettregel, Lewis-Formeln, VSEPR-Regeln, Molekülorbitale</li> <li>5. Ionische Bindung: Elektronegativität, Struktur kristalliner Festkörper, Born-Haber-Kreisprozess, Gitterenergie.</li> <li>6. Grundbegriffe der Komplexchemie (Zentralion, Liganden, Koordinationszahl, Koordinations-Geometrie).</li> <li>7. Metallische Bindung.</li> <li>8. Intermolekulare Bindungskräfte, Wasserstoffbrückenbindung.</li> <li>9. Energieänderungen bei chemischen Reaktionen und Chemisches Gleichgewicht, Massenwirkungsgesetz, Lösungsgleichgewichte, Löslichkeitsprodukt, Komplexbildungsgleichgewichte, Temperatur- und Druckabhängigkeit von Gleichgewichten. Prinzip von Le Châtelier, Katalysatoren.</li> <li>10. Säure-Base-Reaktionen, pH-Wert, Puffer, Titrationskurven.</li> <li>11. Redoxreaktionen, Nernst-Gleichung, Elektrolyse, Batterien, Brennstoffzellen.</li> <li>12. Elementare Chemie der Halogene sowie der Elemente H, O, S, N, C.</li> </ol> <p>(siehe auch Modulhandbuch des B.Sc. Chemie)</p>		
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>• Binnewies, Jäckel, Willner: <i>Allgemeine und Anorganische Chemie</i>;</li> <li>• Riedel/Janiak: <i>Anorganische Chemie, u. zugehöriges Übungsbuch</i></li> <li>• Mortimer, Müller: <i>Chemie</i>;</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Analysis 1</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Professoren der Mathematik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. W. Singhof		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 1. FS B.Sc. Medizinische Physik: 1. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	<p>Die Studierenden verstehen die Begriffsbildungen der 1-dimensionalen Analysis. Sie argumentieren auf der Grundlage von Definitionen und Sätzen und haben gelernt, intuitive Vorstellungen zu präzisieren. Sie können dazu selbstständig und in Gruppenarbeit Übungsaufgaben lösen. Sie sind in der Lage, Lösungen in Übungsgruppen zu präsentieren und zu diskutieren.</p> <p>Sie verfügen über Methoden der schnellen, systematischen und effizienten Wissensaneignung.</p>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reelle und komplexe Zahlen;</li> <li>2. Folgen, Reihen und Grenzwerte;</li> <li>3. Stetigkeit;</li> <li>4. Spezielle Funktionen;</li> <li>5. Differentialrechnung;</li> <li>6. Integralrechnung;</li> <li>7. Funktionenfolgen;</li> <li>8. Taylor-Reihen.</li> </ol> (siehe auch Modulhandbuch zum B. Sc. Mathematik)		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O. Forster, <i>Analysis I</i>, Vieweg Studium (2004).</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Analysis 2</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Professoren der Mathematik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. W. Singhof		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 2. FS B.Sc. Medizinische Physik: 2. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Analysis 1, Lineare Algebra 1 oder Mathematische Methoden der Physik 1 (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	Die Studierenden verstehen die Begriffsbildungen der mehrdimensionalen Analysis. Sie argumentieren auf der Grundlage von Definitionen und Sätzen und haben gelernt, intuitive Vorstellungen zu präzisieren. Sie können dazu selbständig und in Gruppenarbeit Übungsaufgaben lösen. Sie sind in der Lage, Lösungen in Übungsgruppen zu präsentieren und zu diskutieren. Sie verfügen über Methoden der schnellen, systematischen und effizienten Wissensaneignung.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Normierte und metrische Räume,</li> <li>2. Differentialrechnung mehrerer Veränderlicher,</li> <li>3. Mittelwertsatz und Taylor-Formel in mehreren Veränderlichen,</li> <li>4. Satz über implizite Funktionen,</li> <li>5. Eingebettete Mannigfaltigkeiten,</li> <li>6. Extremwerte mit und ohne Nebenbedingungen,</li> <li>7. gewöhnliche Differentialgleichungen,</li> <li>8. lineare Differentialgleichungen, insbesondere mit konstanten Koeffizienten,</li> <li>9. Banachscher Fixpunktsatz,</li> <li>10. Existenz- und Eindeutigkeitssatz von Picard-Lindelöf (siehe auch Modulhandbuch zum B. Sc. Mathematik)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O. Forster, <i>Analysis II</i>, Vieweg Studium (2004).</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Analysis 3</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Professoren der Mathematik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. W. Singhof		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 3. FS B.Sc. Medizinische Physik: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Analysis 1-2, Lineare Algebra 1-2 oder Mathematische Methoden der Physik 1+2 (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	Die Studierenden verstehen die grundlegenden Sätze der Vektoranalysis und Lebesguescher Integrationstheorie. Sie können dazu selbständig und in Gruppenarbeit Übungsaufgaben lösen. Sie sind in der Lage, Lösungen in Übungsgruppen zu präsentieren und zu diskutieren. Sie verfügen über Methoden der schnellen, systematischen und effizienten Wissensaneignung.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maß- und Integrationstheorie: Lebesguesche und Borelsche Maßtheorie, Lebesguesche Integrationsstheorie, Grenzwertsätze, Sätze von Fubini und Tonelli, Transformationssatz, Beziehungen zum Riemann-Integral;</li> <li>2. Fourieranalysis: Fourierreihen, Fouriertransformation und ihre Inverse, Faltung;</li> <li>3. Vektoranalysis: Untermannigfaltigkeiten des euklidischen Raums, Differentialformen, Integration von Differentialformen,</li> <li>4. Satz von Stokes und die klassischen Sätze von Gauß und Stokes als Spezialfälle</li> </ol> (siehe auch Modulhandbuch zum B. Sc. Mathematik)		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• J. Elstrodt: Maß- und Integrationstheorie</li> <li>• K. Jänich: Vektoranalysis</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Anatomie</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	3
Dozent(inn)en	Dr. K. Zanger, weitere Dozent(inn)en der Medizin an der HHU D		
Verantwortliche(r)	Dr. K. Zanger		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: 4. FS		
Komponenten	Vorlesung                                  2 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Grundlagen der Biologie		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Fachkenntnisse der Anatomie gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Kenntnis elementarer anatomischer Fachbegriffe.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.    Zytologie, Histologie</li> <li>2.    Blut</li> <li>3.    Skelett</li> <li>4.    Herz, Kreislauf; Atmung,</li> <li>5.    Verdauungstrakt</li> <li>6.    Urogenitalsystem</li> <li>7.    zentrales und peripheres Nervensystem</li> <li>8.    Hormone</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche Klausur.		
Literatur	Schiebler, Schmidt, Zilles, <i>Anatomie</i> ; Graumann Sasse <i>Compact Lehrbuch Anatomie (4 Bände). Taschenlehrbücher der Anatomie (versch.), z. B. Benninghof, Anatomie</i>		

<b>Modul</b>	<b>Angeleitetes Lernprojekt</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>4-6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozenten der Physik		
Verantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel, Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	B.Sc. Physik: Spezialisierung, 5. FS B.Sc. Medizinische Physik: Spezialisierung, 5. FS		
Komponenten	Angeleitetes Lernprojekt		
Arbeitsaufwand	120 - 180 h		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Grundlegende Kenntnisse in experimenteller und theoretischer Physik aus den Modulen der ersten vier Fachsemester.		
Lernziele	<p>Die Lernziele können nach Thematik des Lernprojekts variieren. Typische Lernziele sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte spezifische Fachkenntnisse in der Thematik des individuell festgelegten Projekts</li> <li>• Literaturrecherche und Erwerb von Fachwissen aus Fachliteratur</li> <li>• Wissenstransfer und Umsetzung von Fachwissen in wissenschaftliche Projektplanungen</li> <li>• Beherrschung für das Projekt relevanter experimenteller Techniken oder numerischer Methoden</li> <li>• Beherrschung der Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens</li> <li>• Methoden wissenschaftlicher Teamarbeit</li> <li>• Schriftliche Darstellung selbst recherchierter wissenschaftlicher Zusammenhänge und eigener Projektplanungen</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin (B. Sc. Medizinische Physik)</li> </ul>		
Inhalt	Im angeleiteten Lernprojekt erarbeitet sich der Studierende unter Anleitung eines Dozenten theoretische Inhalte, numerische und/oder experimentelle Inhalte aus einem Spezialgebiet der Physik. Diese Inhalte stellen in der Regel die Grundlage für die erfolgreiche Durchführung der Bachelorarbeit dar.		
Prüfungsleistung	Schriftlicher Bericht		
Literatur	Weiterführende Monographien, Übersichtsartikel und Dissertationen aus dem gewählten Spezialgebiet.		

Modul	Atomphysik	Leistungspunkte (ECTS)	6
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 4. FS B. Sc. Medizinische Physik: 4. FS		
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	Mathematische Methoden 1+2, Elektrizität und Magnetismus, Experimentelle Mechanik, Analysis 1+2, Theoretische Mechanik, Elektrodynamik, Optik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der Konzepte, grundlegender Experimente und Erkenntnisse der Atomphysik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Verknüpfung der Konzepte der Atomphysik mit denjenigen der klassischen Physik und der Quantenmechanik;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer atomphysikalischer Probleme und Aufgaben.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Welleneigenschaften von Elektronen und anderen Teilchen</li> <li>2. Grundlegende Atomeigenschaften (Massenspektrometrie, Rutherford-Streuung)</li> <li>3. Das Wasserstoffatom (Bohr'sches und Schrödinger'sches Atommodell (nur Resultate), Feinstruktur, Hyperfeinstruktur, Lambverschiebung)</li> <li>4. Atomarer Magnetismus (Zeeman-Effekt, Elektronen- und Kernspinresonanz)</li> <li>5. Stark-Effekt</li> <li>6. Mehrelektronenatome (Helium, Drehimpulskopplung, Pauli-Prinzip, Periodensystem)</li> <li>7. Optische Übergänge (Auswahlregeln etc.)</li> <li>8. Grundlagen der Spektroskopie</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• H. Haken und H.C. Wolf, <i>Atom- und Quantenphysik</i>; Springer-Verlag, Berlin, 8. Auflage (2003);</li> <li>• W. Demtröder, <i>Experimentalphysik 3, Atome, Moleküle und Festkörper</i>, Springer-Verlag, Berlin (2000);</li> <li>• T. Mayer-Kuckuk, <i>Atomphysik, Eine Einführung</i>, Teubner-Verlag (1997);</li> <li>• Bergmann – Schaefer, <i>Lehrbuch der Experimentalphysik 4, Bestandteile der Materie</i>, de Gruyter, Berlin (2003).</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Bachelorarbeit</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	12
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. A. Görlitz, Prof. T. Heinzl		
Zuordnung	B. Sc. Physik: 6. FS B. Sc. Medizinische Physik: 6. FS		
Komponenten	Bachelorarbeit		
Arbeitsaufwand	360 h		
Sprache	Deutsch oder Englisch		
Voraussetzungen	Erwerb von 120 Leistungspunkten (formell)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bearbeitung einer wissenschaftlichen Fragestellung aus einem selbst gewählten Forschungsbereich unter Anleitung;</li> <li>• Erwerb des für die Bearbeitung der Fragestellung relevanten Fachwissens aus Fachliteratur und über wissenschaftliche Kommunikation;</li> <li>• Beherrschung fortgeschrittener, spezieller experimenteller Techniken und/oder numerischer Methoden;</li> <li>• Anwendung von Kenntnissen und Fertigkeiten aus Modulen und aus der Fachliteratur auf die Bearbeitung der Fragestellung;</li> <li>• Beherrschung der für die Fragestellung relevanten Instrumente und Konzepte wissenschaftlichen Arbeitens;</li> <li>• Wissenschaftliche Arbeit in einem Team und die entsprechenden Kommunikationskompetenzen.</li> <li>• Fähigkeit zur Abfassung eines wissenschaftlichen Berichts über ein eigenständig durchgeführtes Projekt</li> </ul>		
Inhalt	Die Bachelor-Arbeit ist die Abschlussarbeit des Bachelor-Studiengangs. Die Anfertigung der Bachelor-Arbeit 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 Betreuers und soll in einem engen Bezug zum von dem (der) Studierenden gewählten speziellen Vertiefungsfach stehen.		
Prüfungsleistung	Schriftliche Ausarbeitung der Ergebnisse der Bachelorarbeit.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgewählte Übersichtsartikel</li> <li>• Spezialliteratur zum Thema der Bachelorarbeit</li> </ul>		

Modul	<b>Bildgebende Verfahren</b>	Leistungspunkte (ECTS)	3
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. D. Schumacher		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik, Spezialisierung: 5. FS M.Sc. Medizinische Physik, WPMP: 1. FS, W: 3. FS		
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>• Grundkenntnisse der wichtigsten Bildgebenden Verfahren gemäß Inhaltsangabe;</li> <li>• Schnittstellenkompetenz Physik-Medizin: Kenntnisse der Anwendungsgebiete physikalisch basierter Bildgebungsverfahren in der 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, Artefacte 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 Modulabschlussprüfung. Die Details werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben. Wiederholungsprüfungen können auch mündlich durchgeführt werden.		
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>Biologische Psychologie</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Prof. P. Störig		
Verantwortliche(r)	Prof. P. Störig		
Zuordnung	B. Sc. Medizinische Physik: 3. + 4. FS		
Komponenten	Vorlesung                      2 x 2 SWS		
Arbeitsaufwand	240 h, davon 60 h Präsenz und 180 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Zulassung für das Modul durch den Prüfungsausschuss.		
Lernziele, Kompetenzen	Grundlegende Fachkenntnisse in Biologischer Psychologie.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der Biologischen Psychologie: Einblick in die Zusammenhänge zwischen Gehirn, Erleben und Verhalten, z.B. Sinnessysteme und Wahrnehmung, vergleichende Ansätze in der Geschlechterforschung, (meta-) kognitiven Funktionen, Sprache, Bewusstsein, Kulturation;</li> <li>2. Forschungsmethoden der Biologischen Psychologie von der funktionellen Neuroanatomie zur Verhaltensmessung</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>• wird vom Dozenten bekannt gegeben</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Einführung in die Bildverarbeitung</b>	Leistungspunkte (ECTS)	3
Dozent(inn)en	Dr. T. Schormann		
Verantwortliche(r)	Dr. T. Schormann		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik, Spezialisierung: 5. FS M.Sc. Medizinische Physik, WPMP: 1. FS, W: 3. FS		
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>• Kenntnisse der wichtigsten numerischen Konzepte in der Bildverarbeitung gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Verständnis der Relevanz der Bildverarbeitung in der Medizin.</li> <li>• Fähigkeit zur Anwendung einfacher Konzepte der Bildverarbeitung auf medizinische Fragestellungen</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. Die Details 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>		



<b>Modul</b>	<b>Einführung in die Biologie</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(inn)en der Biologie an der HHU D		
Verantwortliche(r)	Prof. J. Hegemann		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung                      4 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 60 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	Die Teilnehmer sollen Grundkenntnisse über die fundamentalen Prinzipien der Biologie erlangen. Kenntnisse über Klassen biologischer Makromoleküle, zellulärer Strukturen und Organellen sowie grundlegender zellulärer Mechanismen (Transkription, Translation, Replikation, Enzymfunktion, Energieproduktion). Kenntnis und Verständnis der DNA Synthese.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. DNA-Replikation</li> <li>2. DNA-Sequenzierung</li> <li>3. Mobile genetische Elemente</li> <li>4. Viren + Bakteriophagen</li> <li>5. Genregulation</li> <li>6. Mikroorganismen</li> <li>7. Stammzellen</li> </ol> (siehe auch Bio110 im Modulhandbuch des Bachelorstudiengangs Biologie)		
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>• wird vom Dozenten bekannt gegeben</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Einführung in die Stochastik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	9
Dozent(inn)en	Die Professoren der Mathematik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. F. Jarre		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 3. FS B.Sc. Medizinische Physik: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	270 h, davon 90 h Präsenz und 180 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Analysis 1, Lineare Algebra 1 (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse der Methoden und Begriffe der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Sie können dazu selbständig und in Gruppenarbeit Übungsaufgaben lösen. Sie sind in der Lage, Lösungen in Übungsgruppen zu präsentieren und zu diskutieren. Sie verfügen über Methoden der schnellen, systematischen und effizienten Wissensaneignung.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der Wahrscheinlichkeitsrechnung,</li> <li>2. Modelle für Zufallsexperimente,</li> <li>3. Anwendungsbeispiele in der Informatik und den Naturwissenschaften</li> <li>4. Unabhängigkeit von Zufallsvariablen,</li> <li>5. Erzeugende Funktionen,</li> <li>6. Gesetz der großen Zahlen,</li> <li>7. zentraler Grenzwertsatz,</li> <li>8. Maximum-Likelihood-Schätzer,</li> <li>9. Signifikanztests,</li> <li>10. lineare Regression.</li> </ol> <p>(siehe auch Modulhandbuch zum B. Sc. Mathematik)</p>		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• W. Feller: An Introduction to Probability Theory and Its Applications I</li> <li>• H.-O. Georgii: Stochastik</li> <li>• A. Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie</li> <li>• U. Krengel: Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie und Statistik</li> <li>• K. Krickeberg und H. Ziezold: Stochastische Methoden</li> <li>• J. Pfanzagl: Elementare Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Einführung in die Strahlentherapie</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Dr. I. Simiantonakis und weitere Dozent(inn)en der Klinik und Poliklinik für Strahlentherapie und Radioonkologie an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Dr. I. Simiantonakis		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik, Spezialisierung: 5. FS M.Sc. Medizinische Physik, WPMP: 1. FS, W: 3. FS		
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 Grundkenntnisse der physikalischen Grundlagen der Strahlentherapie;</li> <li>• Wesentliche Medizinische Thematiken, die für die Strahlentherapie essentiell sind;</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen, insbesondere aus der Anatomie, Physiologie und der Medizinischen Physik.</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. Die Details 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>Elektrizität und Magnetismus</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. G. Pretzler		
Zuordnung	B. Sc. Physik: 2. FS B. Sc. Medizinische Physik: 2. FS		
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	Mathematische Methoden der Physik 1 (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Elektrizität und des Magnetismus gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben aus Elektrizität und Magnetismus;</li> <li>• Anwendung einfacher mathematischen Methoden zur Beschreibung und Erklärung elektrischer und magnetischer Phänomene.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elektrische Ladungen und elektrisches Feld</li> <li>2. Gauß'sches Gesetz</li> <li>3. Elektrisches Potential</li> <li>4. Kapazität und Dielektrika</li> <li>5. Strom, Widerstand und elektromotorische Kraft</li> <li>6. Gleichstrom-Schaltkreise</li> <li>7. Magnetische Felder und magnetische Kräfte</li> <li>8. Quellen von Magnetfeldern</li> <li>9. Elektromagnetische Induktion</li> <li>10. Induktivität</li> <li>11. Wechselstrom</li> <li>12. Ausgewählte Themen mit Bezug zur medizinischen Physik (im Rahmen der Ergänzung)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel schriftliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	Bergmann-Schäfer, de Gruyter, Lehrbuch der Experimentalphysik, 2. Bd., Elektromagnetismus, 1998. Pohls, Einführung in die Physik, Elektrizitätslehre und Optik, 2006 H.D. Young and R. A. Freedman, University Physics, Addison-Wesley, 2000.		

<b>Modul</b>	<b>Elektrodynamik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. H. Löwen		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 3. FS B.Sc. Medizinische Physik: 3. FS		
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, Elektrizität und Magnetismus, Analysis 1+2, Theoretische Mechanik, Optik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der grundlegenden Konzepte und Erkenntnisse der Elektrodynamik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Elektrodynamik;</li> <li>• Anwendung fortgeschrittener mathematischer Methoden zur Beschreibung und Erklärung der Sachverhalte in der Elektrodynamik;</li> <li>• Verknüpfung der Erkenntnisse der Elektrodynamik mit den Ergebnissen und Experimenten aus Elektrizität und Magnetismus, Optik und mit den Konzepten der Theoretischen Mechanik.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Elektrostatik, Green-Funktionen</li> <li>2. Magnetostatik</li> <li>3. Elektrodynamik im Vakuum (Maxwell-Gleichungen, Potenziale, Eichfreiheit, elektromagnetische Wellen, retardierte Potenziale)</li> <li>4. Hertz-Dipol, Poynting-Vektor, Energiebilanz</li> <li>5. Spezielle Relativitätstheorie / relativ. Formalismus</li> <li>6. Kovariante Maxwell-Gleichungen, Energie-Impuls-Tensor, Lienard-Wiechert-Potenziale</li> <li>7. Elektrodynamik der Kontinua (Makroskopische Maxwell-Gleichungen, Ohm'sches Gesetz, Elektrostatik; Clausius-Mosotti, Telegrafengleichung)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel schriftliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)		
Literatur	L. Landau, E. Lifschitz, <i>Lehrbuch der theoretischen Physik 2: Klassische Feldtheorie</i> , Akademie-Verlag (1992); J. Jackson, <i>Klassische Elektrodynamik</i> , de Gruyter (2002).		

<b>Modul</b>	<b>Elektronik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. D. Schumacher, Dr. A. Nevsky		
Zuordnung	B.Sc. Physik, Orientierung: 3. FS B.Sc. Medizinische Physik, Orientierung: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung	2 SWS	
	Praktikum	3 SWS	
Arbeitsaufwand	180 h, davon 75 h Präsenz und 105 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Elektrizität und Magnetismus (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der Grundlagen der Elektronik;</li> <li>• Kenntnis und Verständnis der wichtigsten elektronischen Bauelemente</li> <li>• Umsetzung der elektronischen Kenntnisse in die Praxis: Entwurf und Betrieb elementarer Schaltungen, Charakterisierungsmessungen und Anwendungen;</li> <li>• Verknüpfung der Kenntnisse aus Elektrizität und Magnetismus mit denjenigen der Elektronik.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Konzeptionelle Grundlagen</li> <li>2. Grundlegende und fortgeschrittene Bauelemente, z.B. Strom- und Spannungsquellen, Filter, Dioden, Transistoren, Oszillatoren, Operationsverstärker</li> <li>3. Signalformung und -übertragung</li> <li>4. Messtechnik</li> <li>5. Schaltungsberechnung</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• S. Goßner, Grundlagen der Elektronik, Shaker Verlag</li> <li>• W. Reinhold, Elektronische Schaltungstechnik, Hanser Verlag</li> <li>• H. Hartl et. al., Elektronische Schaltungstechnik, Pearson Verlag</li> <li>• P. Horowitz, W. Hill, Die hohe Schule der Elektronik Bd. 1 (Analogtechnik), Elektor-Verlag (2002);</li> <li>• T. Hayes, P. Horowitz, Übungsbuch Analogtechnik, Elektor-Verlag (2002).</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Experimentelle Mechanik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. O. Willi		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 1. FS B.Sc. Medizinische Physik: 1. FS		
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	keine		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der grundlegenden Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Mechanik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben aus der Experimentellen Mechanik in den Übungsgruppen.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mechanische Grundgrößen</li> <li>2. Kinematik von Massepunkten</li> <li>3. Newton'sches Gesetz</li> <li>4. Energie und Leistung</li> <li>5. Stoßvorgänge – Anwendungen von Energie- und Impulserhaltungssatz</li> <li>6. Drehimpuls und Drehmoment</li> <li>7. Kinematik und Dynamik starrer Körper</li> <li>8. Gravitation (Kepler'sche Gesetze)</li> <li>9. Mechanische Schwingungen - Pendel</li> <li>10. Eigenschwingungen, Resonanz</li> <li>11. Grundbegriffe der Elastomechanik, Hydro- und Aerostatik</li> <li>12. Grundbegriffe der Hydrodynamik</li> <li>13. Ausgewählte Themen mit Bezug zur medizinischen Physik (im Rahmen der Ergänzung)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• M. Alonso, E. Finn, Physik , Addison-Wesley (1988);</li> <li>• W. Demtröder, Experimentalphysik 1, Springer (1994);</li> <li>• R. Feynman, Vorlesungen über Physik Bd. 1, Oldenbourg (1992).</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		
Verantwortliche(r)	Prof. M. Getzlaff		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 5. FS M.Sc. Medizinische Physik: 1. FS		
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 Kenntnis der grundlegenden Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Festkörperphysik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Festkörperphysik;</li> <li>• Anwendung der erlernten Konzepte der Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, der Atomphysik, der Quantenmechanik und der Thermodynamik zur Beschreibung und Erklärung der Sachverhalte in der Festkörperphysik.</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	In der Regel 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>• 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> <li>• Bergmann, Schäfer, <i>Festkörper (Band 6)</i>, de Gruyter (2005)</li> <li>• Gross, Marx, <i>Festkörperphysik</i>, Oldenbourg (2012)</li> <li>• Hunklinger, <i>Festkörperphysik</i>, Oldenbourg (2009)</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Fortgeschrittenen-Praktikum Medizinphysik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(inn)en der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: 5. + 6. FS		
Komponenten	Praktikum Physik 3 SWS Praktikum Medizinphysik 3 SWS		
Arbeitsaufwand	240 h, davon 75 h Präsenz und 165 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Grundpraktikum 1 + 2 (formell), Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik, Thermodynamik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen von zentralen fortgeschrittenen experimentellen Fertigkeiten und Techniken, die in der Physik und bei deren Anwendung in der Medizin eine grundlegende Rolle spielen;</li> <li>• Kennenlernen des Alltags einer experimentellen Arbeitsgruppe des Fachs Physik;</li> <li>• Anwendung der Fachkenntnisse und Fertigkeiten aus den vorgeschalteten Modulen, die in den Voraussetzungen angegeben sind;</li> <li>• Eigenständiges Einarbeiten in die Versuche anhand von schriftlichen Anleitungen</li> <li>• Verfassen von Protokollen zu physikalischen Experimenten.</li> </ul>		
Inhalt	<p>1. Praktikumsteil Physik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 methodenorientierten (zentrale) Versuche</li> <li>• 1 forschungsorientierter (dezentraler) Versuchs in einer Arbeitsgruppe</li> </ul> <p>2. Praktikumsteil Medizinphysik: Praktikumsversuche zur</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Röntgendiagnostik und zu RCT;</li> <li>• Ultraschall Diagnostik;</li> <li>• Dosimetrie;</li> <li>• Magnetresonanz-Tomographie.</li> </ul>		
Prüfungsleistung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mündliche Prüfung vor Beginn jedes Versuchs. Lerninhalt ist jeweils die vorab ausgehändigte Versuchsanleitung.</li> <li>• Schriftliche Berichte zu den durchgeführten Versuchen mit Darlegung und Interpretation der Versuchsergebnisse</li> </ul>		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsanleitungen</li> <li>• Weitere spezielle Literatur wird zu den einzelnen Versuchen angegeben.</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Fortgeschrittenen-Praktikum Physik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	10
Dozent(inn)en	Die Dozent(inn)en der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 5. + 6. FS		
Komponenten	Praktikum Physik	5 SWS	
	Seminar	2 SWS	
Arbeitsaufwand	300 h, davon 105 h Präsenz und 195 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Grundpraktikum (formell) , Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Atomphysik, Thermodynamik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erlernen von zentralen fortgeschrittenen experimentellen Fertigkeiten und Techniken, die in der Physik eine grundlegende Rolle spielen;</li> <li>• Kennenlernen des Alltags zweier experimentellen Arbeitsgruppe des Fachs Physik;</li> <li>• Anwendung der Fachkenntnisse und Fertigkeiten aus den vorgeschalteten Modulen, die in den Voraussetzungen angegeben sind;</li> <li>• Eigenständiges Einarbeiten in die Versuche anhand von schriftlichen Anleitungen</li> <li>• Verfassen von Protokollen zu physikalischen Experimenten</li> <li>• Eigenständiges Erarbeiten und Vortragen eines vorgegebenen wissenschaftlichen Themas im Rahmen des Seminars</li> <li>• Führen einer wissenschaftlichen Diskussion als Dozent und als Mitglied des Auditoriums.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Praktikum Physik: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 methodenorientierten (zentrale) Versuche</li> <li>• 2 forschungsorientierter (dezentralen) Versuchs in einer Arbeitsgruppe</li> </ul> </li> <li>2. Seminar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• der Vorbereitung und Durchführung eines wiss. Vortrags</li> <li>• Wissenschaftsethik</li> <li>• Experimentelle Techniken,</li> <li>• Grundlegende Experimente der Physik</li> </ul> </li> </ol>		
Prüfungsleistung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mündliche Prüfung vor Beginn jedes Versuchs. Lerninhalt ist jeweils die vorab ausgehändigte Versuchsanleitung.</li> <li>• Schriftliche Berichte zu den durchgeführten Versuchen mit Darlegung und Interpretation der Versuchsergebnisse</li> <li>• Seminarvortrag</li> </ul>		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsanleitungen</li> <li>• weitere Literatur wird zu den einzelnen Versuchen speziell angegeben.</li> <li>• Spezialliteratur zur Thematik des Seminarvortrags</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Grundlagen der Medizinischen Physik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	9
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 5. FS B.Sc. Medizinische Physik: 5. FS		
Komponenten	Vorlesung 4 SWS Übung 1 SWS Seminar 1 SWS		
Arbeitsaufwand	270 h, davon 90 h Präsenz und 120 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Optik, Experimentelle Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, Quantenmechanik, Thermodynamik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der grundlegenden Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Medizinischen Physik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Medizinischen Physik;</li> <li>• Anwendung der erlernten Konzepte der Mechanik, Elektrizität und Magnetismus und der Thermodynamik zur Beschreibung und Erklärung der Sachverhalte in der Medizinischen Physik;</li> <li>• Verknüpfung des Fachwissens mit komplementären Darstellungen im Modul Physiologie;</li> <li>• Eigenständiges Erarbeiten und Vortragen eines vorgegebenen wissenschaftlichen Themas im Rahmen des Seminars</li> <li>• Führen einer wissenschaftlichen Diskussion als Dozent und als Mitglied des Auditoriums.</li> </ul>		
Inhalt	1. Vorlesung: Biomechanik : Statik, Dynamik und Hydrodynamik; Physik der Sinne; Ultraschall; Bio-Elektromagnetismus; Ionisierende Strahlung; Röntgendiagnostik; Nuklearmedizin; Magnetresonanztomographie 2. Seminar: Vorträge zu der Vorbereitung und Durchführung eines wiss. Vortrags, zur Wissenschaftsethik und zu aktuellen Themen der Medizinischen Physik		
Prüfungsleistung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In der Regel schriftliche Modulabschlussprüfung (Voraussetzungen für die Prüfungszulassung werden vom Dozenten (von der Dozentin) zu Beginn der Veranstaltungen bekannt gegeben)</li> <li>• Benoteter mündlicher Seminarvortrag</li> </ul>		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bille, Schlegel: <i>Medizinische Physik 1-3</i>, Springer (2001,2004,2005).</li> <li>• Skript zur Vorlesung</li> <li>• Spezialliteratur zu den Seminarvorträgen</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Grundpraktikum 1</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>5</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(inn)en der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. D. Schumacher		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 1. FS B.Sc. Medizinische Physik: 1. FS		
Komponenten	Praktikum	4 SWS	
Arbeitsaufwand	150 h, davon 60 h Präsenz und 90 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Experimentelle Mechanik, Optik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende experimentelle Techniken und Fertigkeiten, Konzepte des Experimentierens in der Physik;</li> <li>• Verknüpfung und der Fachkenntnisse aus den Modulen Experimentelle Mechanik und Optik mit der Zielsetzung der Experimente, Anwendung dieser Fachkenntnisse zur Durchführung und Erläuterung der Praktikumsversuche;</li> <li>• Anfertigen von Versuchsprotokollen, Umgang mit Messdaten, Fehleranalyse;</li> <li>• Mündliches und schriftliches Erläutern des Versuchs, seiner Ergebnisse und dessen Erklärung.</li> </ul>		
Inhalt	<p>1. Funktionsweise physikalischer Instrumente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalmultimeter,</li> <li>• Speicheroszilloskop,</li> <li>• Sensoren,</li> <li>• Operationsverstärker,</li> <li>• Spektrometer,</li> <li>• Laser,</li> <li>• Schrittmotor u.a..</li> </ul> <p>2. Methoden physikalischen Experimentierens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computer zur Datenerfassung,</li> <li>• Speicherung,</li> <li>• Auswertung und graphische Darstellung von Resultaten,</li> <li>• Optische Signalverarbeitung,</li> <li>• Digital-Analog-Wandler,</li> <li>• Computersteuerung von Experimenten.</li> </ul>		
Prüfungsleistung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Testate zur Bewertung der experimentellen Arbeit</li> <li>• Schriftliche Abschlussprüfung</li> </ul>		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versuchsanleitungen</li> <li>• F. Kohlrausch., G. Lautz, <i>Praktische Physik Bd. 1-3</i>, Teubner (1996).</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Grundpraktikum 2</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>7</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(inn)en der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. D. Schumacher		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 2. FS B.Sc. Medizinische Physik: 2. FS		
Komponenten	Projektpraktikum		
Arbeitsaufwand	210 h		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Experimentelle Mechanik, Optik (inhaltlich), Grundpraktikum 1		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende experimentelle Techniken und Fertigkeiten, Konzepte des Experimentierens in der Physik;</li> <li>• Anwendung der Fachkenntnisse und Fertigkeiten aus den Modulen Experimentelle Mechanik, Optik und Grundpraktikum 1 zur Planung und Durchführung eines ersten selbst überlegten und entworfenen physikalischen Experiments;</li> <li>• Typische organisatorische und methodische Strategien zur Planung, Vorbereitung und zum Aufbau von Experimenten;</li> <li>• Durchführung und Interpretation eines physikalischen Versuchs, bei dem das Ergebnis nicht vorab bekannt ist;</li> <li>• Mündliches und schriftliches Erläutern des Versuchs, seiner Ergebnisse und dessen Erklärung im Rahmen einer Posterpräsentation.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Planung eines kleinen Forschungsprojekts;</li> <li>2. Umfassende Durchführung des kleinen Projekts in einer Arbeitsgruppe von ca. 6 Studierenden;</li> <li>3. Vorstellung der Projektergebnisse in Form eines Posters.</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Mündliche Modulabschlussprüfung in Form einer Disputation der Studierenden mit 2 Prüfern		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spezialliteratur zum jeweiligen Projekt</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Humangenetik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>3</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(inn)en der Biologie an der HHU D		
Verantwortliche(r)	Prof. Dr. B. Royer-Prokora, Prof. Dr. H. Rieder		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: 5. FS		
Komponenten	Vorlesung                    1 SWS Praktikum                    1 SWS		
Arbeitsaufwand	90 h, davon 30 h Präsenz und 60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Einführung in die Biologie (inhaltlich)		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Fachkenntnisse der Humangenetik gemäß der Inhaltsangabe, Kenntnis und Verständnis der elementaren Fachbegriffe;</li> <li>• Umsetzung dieser Fachkenntnisse und Erlernen elementarer labortechnischer Fertigkeiten der Humangenetik im Praktikum;</li> <li>• Anwendung einiger Konzepte der Biologie auf die Humangenetik.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Molekulare Grundlagen der Humangenetik</li> <li>2. Mutationen und ihre Folgen für die Gesundheit</li> <li>3. Chromosomen des Menschen</li> <li>4. Chromosomenstörungen</li> <li>5. Formale Genetik und multifaktorielle Beerbung</li> <li>6. Genetische Diagnostik und Beratung</li> <li>7. Angeborene Fehlbildungen und Dysmorphiesyndrome</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Schriftliche Klausur. Wiederholungsklausuren können auch mündlich durchgeführt werden.		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wird vom Dozenten bekannt gegeben</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Informatik 1 - Grundlagen der Softwareentwicklung und Programmierung</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Professoren der Informatik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. V. Aurich, Prof. A. McHardy, Prof. M. Schöttner		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 3. FS B.Sc. Medizinische Physik: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	Aneignung von Fähigkeiten zum Verständnis der wichtigsten Grundlagen der Praktischen Informatik; Erwerb von Programmierkenntnissen; Aneignung der Fähigkeit zum selbstständigen Lösen einfacher algorithmischer Probleme.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlegende Begriffe der Informatik, insb. Algorithmus und Programm</li> <li>2. Algorithmenparadigmen: imperativ/prozedural und objektorientiert</li> <li>3. Einführung in die Konzepte (u.a. Objektorientierung) einer höheren Programmiersprache</li> <li>4. Ausgewählte Standard-Algorithmen (z.B. Such- und Sortierverfahren) sowie deren Umsetzung in einer höheren Programmiersprache</li> <li>5. Analyse der Zeitkomplexität von Algorithmen</li> <li>6. Abstrakte Datentypen, sowie grundlegende dynamische Datenstrukturen und ihre Realisierung in einer höheren Programmiersprache</li> </ol> (siehe auch Modulhandbuch zum B. Sc. Informatik)		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H.-P. Gumm, M. Sommer: <i>Einführung in die Informatik</i>, Oldenbourg-Verlag, 2002</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Informatik 2 - Grundlagen der Technischen Informatik</b>	Leistungspunkte (ECTS)	8
Dozent(inn)en	Die Professoren der Informatik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. S. Conrad, Prof. M. Mauve		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 4. FS B.Sc. Medizinische Physik: 4. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	Ziel der Veranstaltung Informatik II ist das Vermitteln eines Grundverständnisses der Funktionsweise moderner Computer. Zur Illustration werden konkrete Prozessoren und Rechnersysteme vorgestellt. Parallel zur Vorlesung wird im Rahmen praktischer Übungen die Programmierung in x86 Assembler mit NASM (Netwide Assembler) erlernt.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Logik</li> <li>2. digitale Schaltungen</li> <li>3. Mikroarchitekturen</li> <li>4. Mikroprogrammierung</li> <li>5. Assembler-Programmierung</li> <li>6. Betriebssysteme</li> <li>7. Programmierung in x86 Assembler mit NASM</li> </ol> <p>(siehe auch Modulhandbuch zum B. Sc. Informatik)</p>		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andrew S. Tanenbaum, <i>Structured Computer Organization</i>, Prentice Hall; 5th Edition; 2006</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Kernphysik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. T. Heinzel		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 6. FS B.Sc. Medizinische Physik: 6. FS		
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 (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der grundlegenden Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Kernphysik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Kernphysik;</li> <li>• Wissenstransfer: Anwendungen der Kernphysik in Technik und Medizin</li> <li>• Anwendung der erlernten Konzepte der Mechanik, Elektrizität und Magnetismus, der Atomphysik, der Quantenmechanik und der Thermodynamik zur Beschreibung und Erklärung der Sachverhalte in der Kernphysik.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atomare Struktur, Rutherford-Experiment</li> <li>2. Kernbausteine und Starke Wechselwirkung</li> <li>3. Stabilität von Kernen und Radioaktivität</li> <li>4. Kernreaktionen</li> <li>5. Beschleuniger und Detektoren</li> <li>6. Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie</li> <li>7. Spaltungs- und Fusionsreaktoren</li> <li>8. Kernspin-Resonanz</li> <li>9. Neutrinophysik</li> <li>10. Kern-Astrophysik</li> <li>11. Übersicht über Elementarteilchen</li> <li>12. Das Standardmodell der Elementarteilchenphysik</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• H. Frauenfelder, E.M. Henley, Teilchen und Kerne, Oldenbourg;</li> <li>• D.H. Perkins, Introduction to High Energy Physics, Addison-Wesley;</li> <li>• W. Demtröder, Experimentalphysik 4, Kern-, Teilchen- und Astrophysik, Springer;</li> <li>• T. Mayer-Kuckuk, Kernphysik, Teubner.</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Lineare Algebra 1</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Professoren der Mathematik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. K. Köhler		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 3. FS B.Sc. Medizinische Physik: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	Die Studierenden verstehen die Begriffsbildungen und Grundlagen der Linearen Algebra. Sie argumentieren auf der Grundlage von Definitionen und Sätzen und haben gelernt, intuitive Vorstellungen zu präzisieren. Sie können dazu selbständig und in Gruppenarbeit Übungsaufgaben lösen. Sie sind in der Lage, Lösungen in Übungsgruppen zu präsentieren und zu diskutieren. Sie verfügen über Methoden der schnellen, systematischen und effizienten Wissensaneignung.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Äquivalenzrelationen,</li> <li>2. Gruppen,</li> <li>3. Ringe, Körper, Vektorräume,</li> <li>4. Lineare Abbildungen, Basen, Austauschatz von Steinitz,</li> <li>5. Lineare Gleichungssysteme, Gauß'sches Eliminationsverfahren, Determinante, Leibnizformel, Eigenwerte,</li> <li>6. Trigonalisierbarkeit, Diagonalisierbarkeit,</li> <li>7. Skalarprodukträume,</li> <li>8. Selbstadjungierte und unitäre Endomorphismen (siehe auch Modulhandbuch des B.Sc. Mathematik)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Bosch: Lineare Algebra</li> <li>• G. Fischer: Lineare Algebra</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Lineare Algebra 2</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Professoren der Mathematik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. K. Köhler		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 3. FS B.Sc. Medizinische Physik: 3. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Lineare Algebra 1, Analysis 1 (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	Die Studierenden verstehen die zentralen Sätze der Linearen Algebra und haben den Umgang mit algebraischen Konzepten gelernt. Sie argumentieren auf der Grundlage von Definitionen und Sätzen und haben gelernt, intuitive Vorstellungen zu präzisieren. Sie können selbständig und in Gruppenarbeit Übungsaufgaben lösen. Sie sind in der Lage, Lösungen in Übungsgruppen zu präsentieren und zu diskutieren. Sie verfügen über Methoden der schnellen, systematischen und effizienten Wissensaneignung.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jordansche Normalform;</li> <li>2. Tensorprodukt, äußeres Produkt, symmetrisches Produkt;</li> <li>3. symmetrische Bilinearformen;</li> <li>4. affine und projektive Geometrie;</li> <li>5. Matrixgruppen;</li> <li>6. endlich erzeugte abelsche Gruppen (siehe auch Modulhandbuch des B.Sc. Mathematik)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S. Bosch: Lineare Algebra</li> <li>• G. Fischer: Lineare Algebra</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Mathematische Methoden der Physik 1</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. D. Bruss		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 1. FS B.Sc. Medizinische Physik: 1. FS		
Komponenten	Vorlesung                      3 SWS Übung                            3 SWS Ergänzung                      1 SWS (fakultativ)		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 90-105 h Präsenz und 75-90 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der grundlegenden, in der Inhaltsangabe spezifizierten Mathematischen Methoden, die in der Physik Verwendung finden;</li> <li>• Erste Beispielanwendungen der erlernten Methoden in der Physik;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben aus der Experimentellen Mechanik in den Übungsgruppen.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Funktionen einer reellen Variablen, Differentiation, Integration</li> <li>2. Komplexe Zahlen, Funktionen einer komplexen Variablen</li> <li>3. Vektoren, Matrizen und Tensoren</li> <li>4. Funktionen mehrerer reeller Variabler</li> <li>5. Krummlinige Koordinatensysteme</li> <li>6. Grundlagen der Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung</li> <li>7. Gewöhnliche Differentialgleichungen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• K. Weltner, <i>Mathematik für Physiker (Band 1 und 2)</i>, Springer-Verlag (2008);</li> <li>• C. Lang und N. Pucker, <i>Mathematische Methoden in der Physik</i>, Spektrum Akademischer Verlag (2005);</li> <li>• H. Kerner und W. Von Wahl, <i>Mathematik für Physiker</i>, Springer-Verlag (2007).</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Mathematische Methoden der Physik 2</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>4</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. A. Pukhov		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 2. FS B.Sc. Medizinische Physik: 2. FS		
Komponenten	Vorlesung                    2 SWS Übung                        2 SWS Ergänzung                 1 SWS (fakultativ)		
Arbeitsaufwand	120 h, davon 60-75 h Präsenz und 45-60 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Mathematische Methoden der Physik 1 (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der grundlegenden, in der Inhaltsangabe spezifizierten Mathematischen Methoden, die in der Physik Verwendung finden;</li> <li>• Verknüpfungen der Lehrinhalte mit denjenigen aus Mathematische Methoden 1 ;</li> <li>• Beispielanwendungen der erlernten Methoden in der Physik</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben aus der Experimentellen Mechanik in den Übungsgruppen.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einfache partielle Differentialgleichungen</li> <li>2. Separation der Variablen</li> <li>3. Komplexe Zahlen, elementare Funktionentheorie</li> <li>4. Variationsprinzipien</li> <li>5. Fourier-Reihen</li> <li>6. Green'sche Funktionen</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• K. Weltner, Mathematik für Physiker, Vieweg (2001);</li> <li>• C. Swartz, Praktische Mathematik, dtv (1979);</li> <li>• B. van der Waerden, Mathematik für Naturwissenschaftler, BI</li> <li>• Hochschul-Taschenbücher (1975).</li> </ul>		

Modul	Numerik 1	Leistungspunkte (ECTS)	9
Dozent(inn)en	Die Professoren der Mathematik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. F. Jarre		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 4. FS B.Sc. Medizinische Physik: 4. FS		
Komponenten	Vorlesung 4 SWS Übung 2 SWS Programmierübungen 1 SWS		
Arbeitsaufwand	270 h, davon 105 h Präsenz und 165 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Analysis 1-2, Lineare Algebra 1, Computergestützte Mathematik zur Linearen Algebra (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	Die Studierenden verfügen über Grundkenntnisse der zentralen Methoden und Konzepte der numerischen Mathematik. Sie können selbständig und in Gruppenarbeit Übungsaufgaben lösen. Sie sind in der Lage, Lösungen in Übungsgruppen zu präsentieren und zu diskutieren. Sie können abstrakt vorgestellte Algorithmen zu einem konkreten Programm umsetzen. Sie verfügen über Methoden der schnellen, systematischen und effizienten Wissensaneignung.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Numerische Integration: Ordnung und Fehler von Quadraturformeln, Orthogonalpolynome, Gauß-Quadratur, adaptive Verfahren, Konvergenzbeschleunigung mit dem <math>\varepsilon</math>-Algorithmus;</li> <li>2. Interpolation und Approximation: Newtonsche Interpolationsformel, Tschebyscheff- und Spline-Interpolation, Fehlerabschätzungen;</li> <li>3. Lineare Gleichungssysteme: Gauß-Elimination, Stabilität, Cholesky-Zerlegung, Lineare Ausgleichsrechnung, QR-Zerlegung, Singulärwertzerlegung und Pseudoinverse;</li> <li>4. Nichtlineare Gleichungssysteme: Fixpunktiteration, Newton-Verfahren, vereinfachtes und gedämpftes Newton-Verfahren, Sekantenverfahren (siehe auch Modulhandbuch zum B. Sc. Mathematik)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• R.W. Freund, R.H.W. Hoppe, Stoer/Bulirsch: Numerische Mathematik 1</li> <li>• M. Hanke-Bourgeois, Grundlagen der Numerischen Mathematik und des Wissenschaftlichen Rechnens</li> <li>• A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Numerische Mathematik 1 und 2</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Optik und Wellenlehre</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. A. Görlitz		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 1. FS B. Sc. Medizinische Physik: 1. FS		
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	keine		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der grundlegenden Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Optik und Wellenlehre gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben aus Optik und Wellenlehre in den Übungsgruppen.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Huygens'sches Prinzip</li> <li>2. Geometrische Optik (Brechung und Reflexion, Strahlverlaufsberechnungsmethoden)</li> <li>3. Optische Instrumente (Mikroskop, Teleskope, Spiegeloptiken)</li> <li>4. Abbildungsfehler (geometrisch, chromatisch, Blenden und Pupillen)</li> <li>5. Schwingungen</li> <li>6. Wellen</li> <li>7. Doppler-Effekt</li> <li>8. Beugung und Interferenz</li> <li>9. Polarisations-eigenschaften von Licht</li> <li>10. Lichtwellen in Materie</li> <li>11. Totalreflexion</li> <li>12. Lichtwellen in anisotropen Medien (Doppelbrechung, Dichroismus)</li> <li>13. Teilcheneigenschaften von Licht (Fotoeffekt, Compton-Streuung)</li> <li>14. Ausgewählte Themen mit Bezug zur medizinischen Physik (im Rahmen der Ergänzung)</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• E. Hecht, <i>Optik</i>, Addison-Wesley (1994);</li> <li>• W. Demtröder, <i>Experimentalphysik 2: Elektrizität und Optik</i>, Springer (2004);</li> <li>• D. Halliday et al. <i>Physik</i>, Wiley-VCH (2009)</li> </ul>		

Modul	Physiologie	Leistungspunkte (ECTS)	9
Dozent(inn)en	Die Dozent(inn)en der Medizin an der HHU D		
Verantwortliche(r)	Prof. Dr. U. Decking		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik: 5.+6. FS		
Komponenten	Vorlesung Physiologie 1      2 SWS Vorlesung Physiologie 2      2 SWS Vorlesung Pathophysiologie   2 SWS		
Arbeitsaufwand	180 h, davon 90 h Präsenz und 90 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Grundlagen der Biologie		
Lernziele	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundlegende Fachkenntnisse der Physiologie und der Pathophysiologie gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Kenntnis elementarer physiologischer Fachbegriffe;</li> <li>• Anwendung der Kenntnisse aus der Grundlagen der Biologie auf Fragestellungen der Physiologie;</li> <li>• Verknüpfung des Erlernten mit komplementären Darstellungen im Modul Grundlagen der Medizinischen Physik.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Physiologie 1: Grundlagen der Neurophysiologie: Membran- und Aktionspotential, Synaptische Übertragung, Signalverarbeitung im Gehirn, Endokrinologie, Muskel, Motorik, Somatosensorik, Vegetatives Nervensystem;</li> <li>2. Physiologie 2: Grundlagen der vegetativen Physiologie: Blut, Gerinnung, Immunologie, Herz, Kreislauf, Atmung, Niere, Energiehaushalt, Ernährung und Verdauung.</li> <li>3. Pathophysiologie Störungen der physiologischen Funktionen und deren klinische Bedeutung</li> </ol>		
Prüfungsleistung	Bestehen der Klausuren zu den einzelnen Vorlesungen.		
Literatur	Klinka, Pape, Silbernagel: <i>Lehrbuch der Physiologie</i> . Silbernagel, Lang: <i>Taschenatlas der Pathophysiologie</i> .		



<b>Modul</b>	<b>Prinzipien der Organischen Chemie</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Chemie an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. T.J.J. Müller		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 4. FS B. Sc. Medizinische Physik: 4. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	240 h, davon 90 h Präsenz und 150 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	keine		
Lernziele, Kompetenzen	Grundkenntnisse über wichtige Substanzklassen, Reaktionen und Reaktionsmechanismen der Organischen Chemie.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bindungsverhältnisse,</li> <li>2. Strukturen,</li> <li>3. Stereochemie,</li> <li>4. Nomenklatur,</li> <li>5. Funktionelle Gruppen und Stoffklassen,</li> <li>6. grundlegende Reaktionstypen (Autoxidation, SRad, SN1, SN2, Additionen an olefinische C=C-Bindungen, <math>\beta</math>-Eliminierungen, SE-Ar, Carbonylchemie, Redox-Reaktionen),</li> <li>7. bedeutende Industrieverfahren.</li> </ol> <p>(siehe auch Modulhandbuch des B.Sc. Chemie)</p>		
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>• K. P. C. Vollhardt, / N. E. Schore, Organische Chemie. Wiley-VCH, Weinheim, 4. Auflage, 2005.</li> <li>• N. E. Schore, Arbeitsbuch Organische Chemie. Wiley-VCH Weinheim, 4. Auflage, 2006.</li> <li>• J. McMurry, Organic Chemistry. Brooks/Cole (Thomson Learning), Fifth Edition, 2000.</li> <li>• S. McMurry, Study Guide and Solutions Manual for McMurry's. Brooks/Cole (Thomson Learning), Fifth Edition, 2000.</li> <li>• K. Schwetlick, Organikum. Wiley-VCH Weinheim, 2001.</li> </ul>		

Modul	Quantenmechanik	Leistungspunkte (ECTS)	8
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. R. Egger		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 4. FS B.Sc. Medizinische Physik: 4. FS		
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, Elektrizität und Magnetismus, Analysis 1+2, Theoretische Mechanik, Optik, Elektrodynamik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der Postulate, Konzepte und Erkenntnisse der Quantenmechanik gemäß der Inhaltsangabe, Kenntnis der grundlegenden Beobachtungen, die im Widerspruch zur klassischen Physik stehen;</li> <li>• Verknüpfung der Konzepte der Quantenmechanik mit denjenigen der klassischen Physik und der Atomphysik;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Quantenmechanik.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teilchen und Wellen (Doppelspalt, Materiewellen, Wellenpakete)</li> <li>2. Heisenbergsche Unschärferelation</li> <li>3. Schrödinger-Gleichung und einfache Beispiele für Potenziale</li> <li>4. Hilbertraumformulierung, Darstellungstheorie</li> <li>5. Prinzipien der Quantentheorie (Postulate, Wahrscheinlichkeitsdeutung, Unschärferelationen allgemein)</li> <li>6. Schrödinger-/Heisenbergbild, unitäre Transformationen</li> <li>7. Quantenmechanischer Harmonischer Oszillator</li> <li>8. Drehimpulse + Spin, Zweiniveausystem</li> <li>9. Das Wasserstoffatom</li> <li>10. Störungstheorie, Fermis Goldene Regel</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• F. Schwabl, <i>Quantenmechanik</i>, Springer (1998);</li> <li>• L. Landau, E. Lifschitz, <i>Lehrbuch der theoretischen Physik 3: Quantenmechanik</i>, Akademie-Verlag (1986);</li> <li>• J. Sakurai, <i>Modern Quantum Mechanics</i>, Addison-Wesley (1993).</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		
Verantwortliche(r)	PD Dr. H. Wittsack		
Zuordnung	B.Sc. Medizinische Physik, Spezialisierung: 5. FS M.Sc. Medizinische Physik, WPP, W: 1. /3. FS		
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 Kenntnisse der Radiologischen Bildgebung und ihrer Anwendung in der Medizin gemäß Inhaltsangabe;</li> <li>• Transfer und Verknüpfung von Kenntnissen aus den in den Voraussetzungen angegebenen Modulen mit Fragestellungen der radiologischen Bildgebung;</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>Statistische Mechanik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. R. Egger		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 5. FS M.Sc. Medizinische Physik: 1. FS		
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 Kenntnis der Konzepte und Erkenntnisse der Statistischen Mechanik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Anwendung der Kenntnisse aus den in den Voraussetzungen angegebenen Modulen auf die Konzepte der Statistischen Mechanik;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Statistischen Mechanik.</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	In der Regel 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>• F. Schwabl, Statistische Physik, Springer, 2000</li> <li>• T. Fliessbach, Statistische Physik, Spektrum Verlag, 1999</li> <li>• D. Chandler, Statistical Physics, Oxford University Press, 1987</li> <li>• H. Callen, Thermodynamics and an Introduction to Thermostatistics, John Wiley, 1985</li> </ul>		



<b>Modul</b>	<b>Theoretische Mechanik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>8</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Theoretischen Physik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. H. Löwen		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 2. FS B.Sc. Medizinische Physik: 2. FS		
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, Analysis 1, Experimentelle Mechanik, (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der Konzepte und Erkenntnisse der Theoretischen Mechanik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Anwendung der Kenntnisse aus den Modulen Mathematische Methoden 1 und 2 sowie Analysis 1 auf Fragestellungen der theoretischen Mechanik;</li> <li>• Verknüpfung der Kenntnisse aus dem Modul Experimentelle Mechanik mit den Ergebnissen der Theoretischen Mechanik;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer Probleme und Aufgaben der Theoretischen Mechanik.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Newton-Mechanik, Lagrange-Gleichungen 1. Art (Zwangsbedingungen)</li> <li>2. Lagrange-Mechanik, Lagrange-Gleichungen 2. Art, Hamiltonprinzip</li> <li>3. Starre Körper, Kreisel</li> <li>4. Hamilton-Mechanik</li> <li>5. Hamilton-Jacobi-Theorie, integrable Systeme</li> <li>6. Stabilität und Chaos</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• L. Landau, E. Lifschitz, Lehrbuch der theoretischen Physik 1: Mechanik, Akademie-Verlag (1979).</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Thermodynamik</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>6</b>
Dozent(inn)en	Die Dozent(innen) der Experimentalphysik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. S. Egelhaaf		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 4. FS B.Sc. Medizinische Physik: 4. FS		
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	Mathematische Methoden 1+2, Experimentelle Mechanik, Analysis 1 (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundierte Kenntnis der Konzepte, Experimente und Erkenntnisse der Thermodynamik gemäß der Inhaltsangabe;</li> <li>• Anwendung der Kenntnisse aus den Modulen mathematische Methoden, Experimentelle Mechanik und Analysis 1 auf zentrale Fragestellungen der Thermodynamik;</li> <li>• Eigenständiges Lösen und Vermitteln typischer thermodynamischer Probleme und Aufgaben.</li> </ul>		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Thermodynamische Zustandsgrößen</li> <li>2. Zustandsgleichungen</li> <li>3. Zustandsänderungen</li> <li>4. Hauptsätze der Wärmelehre</li> <li>5. Kinetische Gastheorie</li> <li>6. Entropie</li> <li>7. Kreisprozesse, insbes. Carnot-Prozess</li> <li>8. Materietransport: Diffusion</li> <li>9. Wärmetransport: Wärmeleitung, -strahlung, -übergang</li> <li>10. Aggregatzustände</li> <li>11. Zustandsänderungen und Phasenübergänge</li> <li>12. Thermodynamische Potenziale</li> </ol>		
Prüfungsleistung	In der Regel 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>• C. Kittel, H. Krömer, Thermodynamik, Oldenbourg (2001);</li> <li>• D. Meschede, Gerthsen Physik, Springer (2004).</li> </ul>		

<b>Modul</b>	<b>Wahrscheinlichkeitstheorie</b>	<b>Leistungspunkte (ECTS)</b>	<b>9</b>
Dozent(inn)en	Die Professoren der Mathematik an der HHU Düsseldorf		
Verantwortliche(r)	Prof. A. Janssen		
Zuordnung	B.Sc. Physik: 4. FS B.Sc. Medizinische Physik: 4. FS		
Komponenten	Vorlesung	4 SWS	
	Übung	2 SWS	
Arbeitsaufwand	270 h, davon 90 h Präsenz und 180 h Selbststudium		
Sprache	Deutsch		
Voraussetzungen	Analysis 1-3, Lineare Algebra 1-2, Einführung in die Stochastik (inhaltlich)		
Lernziele, Kompetenzen	Die Studierenden beherrschen die Grundbegriffe und Grundtatsachen der Wahrscheinlichkeitstheorie auf der Basis der Maßtheorie.		
Inhalt	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Grundlagen der Maß- und Integrationstheorie,</li> <li>2. Produktmaße und Unabhängigkeit,</li> <li>3. schwache, stochastische und fast sichere Konvergenz,</li> <li>4. Gesetze der großen Zahlen,</li> <li>5. Fouriertransformation,</li> <li>6. zentraler Grenzwertsatz,</li> <li>7. Poissonprozess,</li> <li>8. Brownsche Bewegung,</li> <li>9. Martingale.</li> </ol> (siehe auch Modulhandbuch zum B. Sc. Mathematik)		
Prüfungsleistung	Modulabschlussprüfung (in der Regel schriftlich) (Voraussetzung für die Prüfungszulassung: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen)		
Literatur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• H. Bauer: Wahrscheinlichkeitstheorie</li> <li>• W. Feller: An Introduction to Probability and Its Applications</li> <li>• P. Gänsler und W. Stute: Wahrscheinlichkeitstheorie</li> <li>• H.-O. Georgii: Stochastik</li> <li>• A. Klenke: Wahrscheinlichkeitstheorie</li> </ul>		