

# Nebenfachvereinbarung für den Bachelor-Studiengang Statistik mit dem Nebenfach Physik

## 1) Studien- und Prüfungsleistungen

Im Nebenfach Physik können die Studierenden des Bachelor-Studiengangs Statistik eine von zwei Varianten wählen. Es ist nicht möglich, die beiden Varianten zu kombinieren. Einzelheiten regelt jeweils das Modulhandbuch zum Nebenfach Physik im Anhang.

**Variante A:** Hier sind Studien- und Prüfungsleistungen im Umfang von 30 Leistungspunkten zu erbringen. Dabei handelt es sich um Pflicht-Veranstaltungen, die sich aus folgenden Veranstaltungen und Prüfungen zusammensetzen.

### 1. Modul: Physik A2 (7 CP)

- Nr. 1: Vorlesung Physik A2 (3 Credits)
  - Nr. 2: Ergänzungen zur Physik A2 (1 Credit)
  - Nr. 3: Übungen zur Physik A2 (3 Credits)
- (Prüfungsform: Klausur)

### 2. Modul: Physik B2 (7 CP)

- Nr. 1: Vorlesung Physik B2 (3 Credits)
  - Nr. 2: Ergänzungen zur Physik B2 (1 Credit)
  - Nr. 3: Übungen zur Physik B2 (3 Credits)
- (Prüfungsform: Klausur)

### 3. Modul: Physikalisches Praktikum (6 CP)

- Nr. 1: Physikalisches Praktikum (6 Credits)
- (Prüfungsform: mündliche Prüfung)

### 4. Modul: Theoretische Physik I (Studiengang B.Sc. Medizinphysik, 10CP)

- Nr. 1: Vorlesung (6 Credits)
  - Nr. 2: Übungen (4 Credits)
- (Prüfungsform: Klausur)

**Variante B:** Hier sind die folgenden drei Veranstaltungen mit gesamt 26 Leistungspunkten zu belegen. Die Prüfungsform in Experimentalphysik 1 und 2 ist jeweils eine Klausur.

### 1. Modul: Experimentalphysik 1 (WiSe, 11 CP)

- Nr. 1: Vorlesung Experimentalphysik 1 (6 Credits)
  - Nr. 2: Übungen zur Experimentalphysik 1 (5 Credits)
- (Prüfungsform: Klausur)

### 2. Modul: Experimentalphysik 2 (SoSe, 9 CP)

- Nr. 1: Vorlesung Experimentalphysik 2 (6 Credits)
  - Nr. 2: Übungen zur Experimentalphysik 2 (3 Credits)
- (Prüfungsform: Klausur)

### 3. Modul: Physikalisches Praktikum

- Nr. 1: Physikalisches Praktikum (6 Credits)
- (Prüfungsform: mündliche Prüfung)

## 2) Sonstiges

Die Bildung der Gesamtnote für das Nebenfach Physik erfolgt durch das Prüfungsamt Statistik auf Basis der erbrachten Leistungen als gewichtetes Mittel. Dabei sind die Gewichte proportional zu den Leistungspunkten.

Für die Zahl der Wiederholungen von Prüfungen und die einzuhaltenden Fristen sind die Regelungen des Bachelor-Studiengangs „Statistik“ maßgebend. Über Prüfungsform, Prüfungsvoraussetzungen und Prüfungstermine entscheidet die Fakultät Physik.

Die Anmeldung zu Klausuren erfolgt beim Dozenten, bei mündlichen Prüfungen erfolgt Terminabsprache mit dem Prüfer, danach Anmeldung beim Prüfungsamt für den Studiengang Statistik. Für das Praktikum erfolgt die Anmeldung beim Dozenten in der Vorbesprechung. Die Ergebnisse der Prüfungen werden durch die jeweiligen Dozenten an das Prüfungsamt Statistik gemeldet.

## 3) Inkrafttreten

Diese Nebenfachvereinbarung tritt mit Beginn des Wintersemesters 2022/2023 in Kraft.

Dortmund, den 20.07.2022



Die Dekanin der Fakultät Statistik



Der Dekan der Fakultät Physik

Anhang zu den Nebenfachvereinbarungen zum Nebenfach Physik für  
Statistiker:  
Modulhandbuch

Inhalt:	Seite
Module zum Bachelorstudiengang:	
Physik A2	2
Physik B2	3
Physikalisches Praktikum	4
Theoretische Physik I	5
Experimentalphysik I	7
Experimentalphysik II	8
Module zum Masterstudiengang:	
Theoretische Physik I	5
Theoretische Physik II	6
Experimentalphysik III	9
Computational Physics	10
Struktur der Materie	11
Einführung in die Festkörperphysik	12
Einführung in die Kern- und Teilchenphysik	13
Thermodynamik und Statistik	14

<b>Modul:</b> Physik A2				
<b>Studiengang:</b> B.Sc. Statistik				
<b>Turnus:</b> jährlich zum WS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits</b> 7	<b>Aufwand</b> 210 h

<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Physik A2	V	3	2
	2	Ergänzungen zur Physik A2	V	1	1
	3	Übungen zur Physik A2	Ü	3	2
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte</b> Einleitung: wissenschaftliche Methodik; Größen, Maßeinheiten, Messfehler Mechanik: Kinematik; Dynamik von Massenpunkten; Arbeit und Energie; Stoßprozesse; Dynamik der Drehbewegung; Mechanik in bewegten Bezugssystemen; Hydrostatik und Hydrodynamik Elektro- und Magnetostatik: Ladung und elektrisches Feld; Stationäre Ströme; Magnetfelder; bewegte Ladungen im Magnetfeld; Materie in Feldern				
<b>4</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten behandelten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Physik vertraut sein und können diese anwenden. Sie können die wissenschaftliche Methodik der Physik anwenden und Probleme aus dem Themenkreis der Physik auf lösbare physikalisch-mathematische Modelle zu reduzieren. Sie kennen Modellvorstellungen und grundlegende Konzepte der Physik, können diese gegeneinander abwägen und auf physikalische Problemstellungen anzuwenden.				
<b>5</b>	<b>Prüfungsformen und -leistungen:</b> Schriftliche Modulprüfung				
<b>6</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine				
<b>7</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls</b> Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Statistik mit Nebenfach Physik				
<b>8</b>	<b>Modulbeauftragte/r</b> Dekan Physik		<b>Zuständige Fakultät</b> Physik		

<b>Modul:</b> Physik B2				
<b>Studiengang:</b> B.Sc. Statistik				
<b>Turnus:</b> jährlich zum SS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits</b> 7	<b>Aufwand</b> 210 h

<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Physik B2	V	3	2
	2	Ergänzungen zur Physik B2	V	1	1
	3	Übungen zur Physik B2	Ü	3	2
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte</b> Elektrodynamik: Maxwell'sche Gleichungen; Schwingungen und Wellen in Mechanik und Elektrodynamik Optik: Geometrische Optik; Wellenoptik Atom- und Kernphysik: Versagen der klassischen Physik; Unschärferelation; Wasserstoffatom; Bahn- und Spinmagnetismus; Zeeman- und Starkeffekt; Aufbau der Atome und des Periodensystems; Aufbau der Kerne; Kernreaktionen; Strahlenarten; Anwendungen radioaktiver Stoffe				
<b>4</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten behandelten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Physik vertraut sein und können diese anwenden. Sie können die wissenschaftliche Methodik der Physik anwenden und Probleme aus dem Themenkreis der Physik auf lösbare physikalisch-mathematische Modelle zu reduzieren. Sie kennen Modellvorstellungen und grundlegende Konzepte der Physik, können diese gegeneinander abwägen und auf physikalische Problemstellungen anzuwenden.				
<b>5</b>	<b>Prüfungsformen und -leistungen:</b> Schriftliche Modulprüfung				
<b>6</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine				
<b>7</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls</b> Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Statistik mit Nebenfach Physik				
<b>8</b>	<b>Modulbeauftragte/r</b> Dekan Physik		<b>Zuständige Fakultät</b> Physik		

**Modul:** Physikalisches Praktikum**Studiengang:** B.Sc. Statistik

<b>Turnus:</b> jährlich im SS, vorlesungsfreie Zeit	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits</b> 6	<b>Aufwand</b> 180 h
--	-----------------------------	--------------------------	---------------------	-------------------------

<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Physikalisches Praktikum	P	6	4
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte</b> Es werden 9 grundlegende physikalische Experimente durchgeführt, wobei methodische Gesichtspunkte im Vordergrund stehen. Das Praktikum orientiert sich an den Standardversuchen der Experimentalphysik aus den Bereichen: Mechanik, Elektrizitätslehre, Schwingungen, Optik und spezielle Physik (z.B. Atomphysik, Radioaktivität). Die grundlegenden Versuche werden durch einfache, aktuelle Versuche ergänzt, um moderne Arbeitstechniken zu erlernen.				
<b>4</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden sind in der Lage, einfache physikalische Versuchsaapparaturen nach Anleitung aufzubauen und in Betrieb zu setzen. Sie können Messdaten (computerunterstützt) erfassen und auswerten. Sie können bei Experimenten beobachtete Phänomene mittels Modellvorstellungen aus der Physik deuten und interpretieren. Sie sind in der Lage, Messunsicherheiten der erhaltenen physikalischen Messgrößen durch Fehlerrechnung quantitativ abzuschätzen und die aus den Daten erhaltenen Ergebnisse kritisch zu hinterfragen. Methodenkompetenzen: Nutzung von theoretischem Wissen zur Entwicklung von Lösungsstrategien für die Bearbeitung von praktischen Problemstellungen; Projekt- und Zeitmanagement Sozialkompetenzen: Teamfähigkeit; verantwortungsbewusstes Handeln unter Berücksichtigung gesetzlicher Bestimmungen (Arbeitsschutz- und Umweltgesetzgebung)				
<b>5</b>	<b>Prüfungsformen und -leistungen:</b> Mündliche Abschlussprüfung; Zulassungsvoraussetzung: 9 testierte Praktikumsversuche				
<b>6</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Ein bestandenes Modul Physik (A2 oder B2 bei Variante A, Experimentalphysik 1 oder 2 bei der Variante B)				
<b>7</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls</b> Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Statistik mit Nebenfach Physik				
<b>8</b>	<b>Modulbeauftragte/r</b> Dekan Physik		<b>Zuständige Fakultät</b> Physik		

**Modul:** Theoretische Physik I

**Studiengang:** B.Sc. und M. Sc. Statistik mit Nebenfach Physik

**Turnus:**  
jährlich zum WS

**Dauer:**  
1 Semester

**Studienabschnitt:**

**Credits:**  
10

**Aufwand:**  
270 h

<b>Modulstruktur</b>				
Nr.	Element / Lehrveranstaltung	Typ	Credits	SWS
1	Vorlesung	V	6	4
2	Übungen	Ü	4	2
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch			
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte:</b> <b>Mechanik:</b> Klassische Newton-Mechanik, D'Alembert'sches Prinzip, Hamilton-Lagrange Formalismus, nichtlineare dynamische Systeme: deterministisches Chaos, Kontinuumsmechanik (Elastizitätstheorie) und Fluidynamik  <b>Elektrodynamik:</b> Elektrostatik, Kontinuitätsgleichung, bewegte Ladungen, Magnetostatik, Induktion, Maxwellgleichungen, Feldenergie, Potentiale, Wellengleichung, retardierte Potentiale, Dipolstrahlung  <b>Spezielle Relativitätstheorie:</b> Michelson-Morley-Experiment, Relativitätsprinzip, Lorentztransformation und Konsequenzen daraus, Lorentzinvarianz der Maxwellgleichungen, Raum-Zeit-Kontinuum, relativistische Mechanik			
<b>4</b>	<b>Literatur:</b> Goldstein, Theoretische Mechanik (Wiley) Jackson, Classical Electrodynamics (Wiley)			
<b>5</b>	<b>Kompetenzen:</b> Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der klassischen Theoretischen Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik in den Rahmen abstrakter Modelle einordnen und Zusammenhänge auf gehobenem mathematischen Niveau herstellen.			
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen und -leistungen:</b> Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen			
<b>7</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> Mathematische Vorkenntnisse, z.B. im Umfang der Höheren Mathematik I und II sind notwendig			
<b>8</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Statistik mit Nebenfach Physik			
<b>9</b>	<b>Modulbeauftragte/r:</b> Dekan/in Physik		<b>Zuständige Fakultät:</b> Physik	

<b>Modul:</b> Theoretische Physik II (Quantenphysik)					
<b>Studiengang:</b> M. Sc. Statistik					
<b>Turnus:</b> jährlich zum SS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits:</b> 10	<b>Aufwand:</b> 270 h	
<b>Modulstruktur</b>					
<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>	
1	Vorlesung	V	6	4	
2	Übungen	Ü	4	2	
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte:</b> <b>Spezielle Relativitätstheorie:</b> Michelson-Morley-Experiment, Relativitätsprinzip, Lorentztransformation und Konsequenzen daraus, Lorentzinvarianz der Maxwellgleichungen, Raum-Zeit-Kontinuum, relativistische Mechanik <b>Grenzen der klassischen Physik:</b> Strahlungsgesetze, Photoeffekt <b>Experimente zur Quantenmechanik:</b> Licht als Teilchen, Materiewellen, Doppelspaltversuch und Unschärfe, die „alte“ Quantentheorie: das Bohr'sche Atommodell <b>Die Schrödingergleichung:</b> Wellenpakete, Unschärferelation, Grundprinzipien der Quantenmechanik, Ehrenfest'scher Satz, eindimensionale Probleme: Kastenpotential, Potentialstufe, Tunneleffekt, Alpha-Zerfall, harmonischer Oszillator <b>Mathematische Konzepte der Quantenmechanik:</b> Operatoren, Eigenvektoren, Hilbertraum, Darstellungen; Drehimpuls: Bahndrehimpuls, Spin, „normaler“ Zeemaneffekt <b>Das Wasserstoffatom</b> <b>Zeitunabhängige Störungstheorie</b> <b>Feinstruktur des Wasserstoffs und äußere Felder:</b> Spin-Bahn Kopplung, Hyperfeinstruktur, anomaler Zeemaneffekt, Stark-Effekt <b>Atome mit mehreren Elektronen:</b> identische Teilchen, Pauli-Prinzip, Heliumatom, Periodensystem der Elemente, Atomaufbau				
<b>4</b>	<b>Literatur:</b> Gasiorowicz, Quantum Mechanics (Wiley)				
<b>4</b>	<b>Kompetenzen:</b> Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Prinzipien und Gesetzmäßigkeiten der Quantenphysik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Mikrophysik in den Rahmen abstrakter Modelle einordnen und Zusammenhänge zu Vektor- und Funktionenräumen sowie anderen Konzepten der Mathematik herstellen.				
<b>5</b>	<b>Prüfungsformen und -leistungen:</b> Schriftliche oder mündliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.				
<b>6</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine				
<b>7</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul im Studiengang Medizinphysik				
<b>8</b>	<b>Modulbeauftragte/r:</b> Dekan/in Physik		<b>Zuständige Fakultät:</b> Physik		

<b>Modul:</b> Experimentalphysik I					
<b>Studiengang:</b> B.Sc. Statistik					
<b>Turnus:</b> jährlich zum WS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits:</b> 11	<b>Aufwand:</b> 330 h	
<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	5	3
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungs-sprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte:</b> <b>Einführung:</b> Einleitende Bemerkungen, Messung physikalischer Größen <b>Mechanik:</b> Kinematik, die Newtonschen Axiome und ihre Anwendung, Koordinaten und Bezugssysteme, Arbeit und Energie, der starre Körper, Rotationsbewegungen, Schwingungen, harmonischer Oszillator, mechanische Wellen, Flüssigkeitsmechanik <b>Wärmelehre:</b> Druck und Temperatur, das ideale Gas, Wärmemenge, spezifische Wärme, Hauptsätze der Wärmelehre				
<b>4</b>	<b>Literatur:</b> (weitere Literaturhinweise in der Vorlesung) Demtröder, Experimentalphysik 1 und 2 (Springer) Halliday, Resnick, Walker, Physik (Wiley-VCH) Gerthsen, Meschede, Physik (Springer)				
<b>5</b>	<b>Kompetenzen:</b> Die Studierenden gewinnen ein Verständnis der physikalischen Phänomene, der experimentellen Methodik und der mathematischen Beschreibung der unter 3 genannten Gebiete der klassischen Physik. Sie sind in der Lage, einfache physikalische Probleme selbständig zu bearbeiten.				
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen und -leistungen:</b> Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.				
<b>7</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine				
<b>8</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik				
<b>9</b>	<b>Modulbeauftragte/r:</b> Dekan/in Physik		<b>Zuständige Fakultät:</b> Physik		

<b>Modul:</b> Experimentalphysik II					
<b>Studiengang:</b> B.Sc. Statistik					
<b>Turnus:</b> jährlich zum SS		<b>Dauer:</b> 1 Semester		<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits:</b> 9
					<b>Aufwand:</b> 270 h
<b>1 Modulstruktur</b>					
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>		<b>Typ</b>	<b>Credits</b>
	1	Vorlesung		V	6
	2	Übungen		Ü	3
<b>2 Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch					
<b>3 Lehrinhalte:</b>					
<b>Elektro- und Magnetostatik:</b> Ladung und elektrostatische Felder, elektrischer Strom, magnetische Felder und Magnetostatik					
<b>Elektrodynamik:</b> Zeitlich veränderliche Felder, Wechselstromnetzwerke, die Maxwell'schen Gleichungen, elektromagnetische Wellen und Strahlung, verschiedene Lösungen der Wellengleichung, Grundbegriffe zur Synchrotronstrahlung					
<b>Optik:</b> Licht als elektromagnetische Welle, geometrische Optik, optische Abbildungen und Instrumente, Reflexion, Brechung, Beugung					
<b>4 Literatur:</b> (weitere Literaturhinweise in der Vorlesung) Demtröder, Experimentalphysik 2 (Springer) Halliday, Resnick, Walker, Physik (Wiley-VCH) Gerthsen, Meschede, Physik (Springer)					
<b>5 Kompetenzen:</b> Die Studierenden gewinnen ein Verständnis der physikalischen Phänomene, der experimentellen Methodik und der mathematischen Beschreibung der unter 3 genannten Gebiete der klassischen Physik. Sie sind in der Lage, einfache physikalische Probleme selbständig zu bearbeiten.					
<b>6 Prüfungsformen und -leistungen:</b> Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.					
<b>7 Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine					
<b>8 Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:</b> Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik					
<b>9 Modulbeauftragte/r:</b> Dekan/in Physik				<b>Zuständige Fakultät:</b> Physik	

<b>Modul:</b> Experimentalphysik III					
<b>Studiengang:</b> B.Sc. und M. Sc. Statistik					
<b>Turnus:</b> jährlich zum WS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits:</b> 10	<b>Aufwand:</b> 270 h	
<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	4	2
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<p><b>Transportphänomene:</b> Hydrodynamik, Wärme- und Stofftransport, Diffusion  <b>Wellenphänomene:</b> Wellengleichung, Fourierreihen, Fouriertransformation, Fourierintegral, ebene Wellen, Kugelwellen, Wellenarten (laufende und stehende), Superpositionsprinzip, Huygens' Prinzip, Fraunhofer Beugung, Wellenleiter und Resonatoren  <b>Quantenphänomene:</b> Welle/Teilchendualismus, Schwarzkörperstrahlung, Dispersionsrelation, Elektronenwelle, Unbestimmtheitsrelation, Schrödingergleichung, Wasserstoffatom, Quantenzahlen, Spin, (Hyper-) Feinstruktur, Helium, Aufbau der Elektronenhülle der Elemente, chemische Elemente</p>				
<b>4</b>	<p><b>Literatur:</b>  Demtröder, Experimentalphysik 1-3, M. Alonso, E. J. Finn, Fundamental University Physics III, Haken Wolf, Cohen-Tannoudji</p>				
<b>5</b>	<p><b>Kompetenzen:</b>  Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten der klassischen Physik und einfacher Teilgebiete der modernen Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik einordnen und Zusammenhänge zwischen diesen herstellen</p>				
<b>6</b>	<p><b>Prüfungsformen und -leistungen:</b>  Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen</p>				
<b>7</b>	<p><b>Teilnahmevoraussetzungen:</b>  Eines der Module Experimentalphysik I oder II muss bestanden sein</p>				
<b>8</b>	<p><b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls:</b>  Pflichtmodul im Studiengang B.Sc. Medizinphysik</p>				
<b>9</b>	<b>Modulbeauftragte/r:</b> Dekan/in Physik		<b>Zuständige Fakultät:</b> Physik		

**Modul:** Computational Physics

**Studiengang:** M. Sc. Statistik

<b>Turnus:</b> jährlich im SS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits</b> 10	<b>Aufwand</b> 270 h
----------------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------

<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SW</b>
	1	Computational Physics	V	6	4
	2	Übungen zu Computational Physics	Ü	4	2
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte</b> <b>Grundlegende numerische Techniken, z.B.:</b> Numerische Differentiation, Integration, Lösung von Differentialgleichungen. Grundaufgaben der numerischen linearen Algebra: lineare Gleichungssysteme und Eigenwertprobleme. <b>Spezifische numerische Techniken der Physik, z.B.:</b> Nichtlineare Optimierung in vielen Variablen, Bestimmung dominanter Eigenwerte in hochdimensionalen Räumen, Variationsverfahren, Lösung gekoppelter gewöhnlicher Differentialgleichungen, Molekulardynamik-Simulationen, Lösung partieller Differentialgleichungen, Monte-Carlo-Simulationen und -Integrationen, Lösung stochastischer Differentialgleichungen. <b>Physikalische Anwendungsfelder, z.B.:</b> Nichtlineare Dynamik (Poincaréschnitte, Ljapunow-Exponenten, Attraktoren, Bifurkationen). Elektrodynamik (Potentialgleichung). Optik (Beugung). Quantenmechanik (Stationäre Zustände, Variationsverfahren, Grundzustandsberechnungen, Zeitentwicklung, Streuprobleme, Hartree-Fock-Methode). Quantenfeldtheorie (Gitter-QFT, Funktionalintegrale). Statistische Physik (Transfermatrixmethoden, kritische Punkte und kritische Exponenten, Simulationen von Vielteilchensystemen mit Molekulardynamik und klassischen und quantenmechanischen Monte-Carlo-Methoden, stochastische Dynamik). Festkörperphysik (Dichtefunktionalmethoden, Bandstrukturberechnung). Teilchenphysik. <b>Literatur:</b> Press et al: Numerical Recipes, Schnakenberg: Algorithmen in der Quantentheorie und Statistischen Physik, Thijssen: Computational Physics, Gould-Tobochnik: An Introduction to Computer Simulation Methods				
<b>4</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden können die modernen Methoden der computerunterstützten theoretischen Physik und der Computersimulation auf Beispiele aus der Physik der Elementarteilchen und der kondensierten Materie anwenden. Dies beinhaltet das Erkennen des numerischen Problems, die Wahl des geeigneten Algorithmus und die Umsetzung in ein Programm anhand von Projekten als Hausübungen. Die Bearbeitung der Projekte im Team fördert Teamfähigkeit und Projektmanagement, außerdem die graphische Aufbereitung und Präsentation numerischer Ergebnisse.				
<b>5</b>	<b>Prüfungen</b> Studienleistung: Präsentation der Übungsprojekte. Benotete Modulprüfung, schriftlich oder mündlich (wird zu Beginn der Veranstaltung bekanntgegeben)				
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen und -leistungen</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Modulprüfung: schriftlich oder mündlich</b> <input type="checkbox"/> <b>Teilleistung</b>				
<b>7</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Der vorherige Besuch der Vorlesung "Thermodynamik und Statistik" wird empfohlen, ist aber keine zwingende Voraussetzung.				
<b>8</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls</b> Wahlmodul im Bachelorstudiengang Physik oder im Masterstudiengang Physik.				

9	<b>Modulbeauftragte/r</b> Dekan Physik	<b>Zuständige Fakultät</b> Physik
---	---	--------------------------------------

<b>Modul:</b> Struktur der Materie				
<b>Studiengang:</b> M.Sc. Statistik				
<b>Turnus:</b> jährlich zum WS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits</b> 10	<b>Aufwand</b> 300 h

<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Vorlesung	V	6	4
	2	Übungen	Ü	4	2
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte</b> Die Veranstaltung gliedert sich in 2 Teile: <b>Teil A:</b> Grundlegende Bereiche der Festkörperphysik, die aus heutiger Sicht relevant für die Medizinphysik sind oder werden können. Kristalle. Isolatoren, Halbleiter, Metalle. Supraleitung und Magnetismus (phänomenologisch). Keramische Materialien. Knochen. Weiche Materie. <b>Teil B:</b> Grundlegende Bereiche der Kern- und Elementarteilchenphysik, die aus heutiger Sicht relevant für die Medizinphysik sind oder werden können. Ausgewählte Aspekte der Molekülphysik: Zerfallsarten. Positronen, Paarvernichtung, PET. Tröpfchenmodell des Atomkerns. Wechselwirkung von Strahlung und Materie. Detektoren.				
<b>4</b>	<b>Literatur</b> - Charles Kittel: Einführung in die Festkörperphysik - Wolfgang Demtröder: Experimentalphysik 3: Atome, Moleküle und Festkörper - Wolfgang Demtröder: Experimentalphysik 4: Kern-, Teilchen- und Astrophysik - Skripte der Physik-Fakultät				
<b>5</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden sind mit den in den Lehrinhalten genannten Phänomenen und Gesetzmäßigkeiten der Physik vertraut und können diese anwenden, d.h. sie können Erscheinungen der Physik einordnen und Zusammenhänge zwischen diesen herstellen.				
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen und -leistungen</b> Schriftliche Modulprüfung. Als Zulassungsvoraussetzung ist folgende Studienleistung zu erbringen: Regelmäßige erfolgreiche Bearbeitung der Hausaufgaben und aktive Teilnahme an den Übungen.				
<b>7</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen:</b> keine				
<b>8</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls</b> Pflichtmodul im Studiengang M.Sc. Statistik mit Nebenfach Physik				
<b>9</b>	<b>Modulbeauftragte/r</b> Dekan/in Physik		<b>Zuständige Fakultät</b> Physik		

**Modul:** Einführung in die Festkörperphysik

**Studiengang:** M. Sc. Statistik

<b>Turnus:</b> jährlich zum WS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits</b> 10	<b>Aufwand</b> 270 h
-----------------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------

<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Einführung in die Festkörperphysik	V	6	4
2	Übungen zur Einführung in die Festkörperphysik	Ü	4	2	
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte</b> Grundlagen der Festkörperphysik, mit Schwerpunkt auf kristallinen Systemen; Phänomenologie, theoretische Ansätze und experimentelle Techniken. Symmetrie und Struktur; Bindungen im Festkörper; Gitterschwingungen und Phononen; Freie Elektronen; Fast freie Elektronen: Bandstrukturen; Halbleiter; Magnetismus; Supraleitung. Synchrotronstrahlung und Anwendungen. <u>Literatur:</u> K. Kopitzki: Einführung in die Festkörperphysik; Ch. Kittel: Einführung in die Festkörperphysik; N. Ashcroft, N. Mermin: Solid state physics; Ibach-Lüth; Festkörperphysik.				
<b>4</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden kennen die wichtigsten Stoffklassen, und können die wichtigsten mikroskopischen Modelle zur Diskussion der relevanten Phänomene verwenden. Hierzu zählen die Symmetrieklassen im Kristallbau, und deren Kenntnis als Ausgangspunkt für die folgenden elektronischen Eigenschaften, die sich an den Kristallsymmetrien orientieren. Der kompetente Umgang mit dem Kristallbau ermöglicht den Zugang zum qualitativen Verständnis der möglichen Gitterschwingungen. Darauf aufbauend werden vertiefte Kenntnisse zur elektronischen Struktur und moderne Verfahren zu deren Berechnung erworben. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.				
<b>5</b>	<b>Prüfungen</b> Studienleistungen: Hausaufgaben Modulprüfung: Benotete Modulklausur (180 min). Die bessere Modulnote von PHY521 und PHY522 geht mit einem Gewicht von 8 Leistungspunkten in die Bachelor-Gesamtnote ein, die schlechtere mit einem Gewicht von einem Leistungspunkt.				
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen und –leistungen</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Modulprüfung: Klausur</b>		<input type="checkbox"/> <b>Teilleistung</b>		
<b>7</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Kenntnisse aus Physik I-IV				
<b>8</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls</b> Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik				
<b>9</b>	<b>Modulbeauftragte/r</b> Dekan/in Physik		<b>Zuständige Fakultät</b> Physik		

**Modul:** Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik**Studiengang:** M. Sc. Statistik

<b>Turnus:</b> jährlich zum WS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b>	<b>Credits</b> 10	<b>Aufwand</b> 270 h
-----------------------------------	-----------------------------	--------------------------	----------------------	-------------------------

<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik	V	6	4
	2	Übungen zur Einführung in die Kern- und Elementarteilchenphysik	Ü	4	2
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte</b> Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Detektoren in der Kern- und Teilchenphysik, Dosimetrie, Beschleuniger Kernphysik: Eigenschaften von Kernen, Kernmodelle (z.B. Tröpfchenmodell, Schalenmodell), Kernzerfälle, Kernfusion und –spaltung, Kernreaktoren Teilchenphysik: additive Quantenzahlen, Isospin, Quarkmodell, Diskrete Symmetrien (inkl. P-, CP-, und T-Verletzung) , Eigenschaften von Leptonen, Quarks, Hadronen und Eichbosonen, CKM-Matrix, Schlüsselexperimente, Eigenschaften der fundamentalen Wechselwirkungen, Überblick über das Standardmodell der Teilchenphysik, aktuelles Forschungsprogramm der Teilchenphysik, Verbindung zur Kosmologie <u>Literatur:</u> T. Mayer-Kuckuck; „Kernphysik – Eine Einführung“, B. Povh, K. Rith, C. Scholz, F. Zetsche; „Teilchen und Kerne – Eine Einführung in die physikalischen Konzepte“, W.S.C. Williams; „Nuclear and Particle Physics“, H. Frauenfelder, E.M. Henley; „Teilchen und Kerne, Subatomare Physik“, A. Das, T. Ferbel; „Kern- und Teilchenphysik“, D. Griffith; „Introduction to Elementary Particles“, D.H. Perkins, „Hochenergiephysik“, Ch. Berger; „Elementarteilchenphysik“				
<b>4</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden kennen die Grundlagen der Kern- und Teilchenphysik und können die Quantenmechanik zur Beschreibung zahlreicher Phänomene anwenden. Sie sind mit den experimentellen Methoden zum Nachweis von Kern- und Teilchenreaktionen vertraut, haben einen Überblick über Kernphysik, Radioaktivität, Grundlagen der Kernenergie, das Standardmodell der Teilchenphysik und über den aktuellen Stand der Forschung auf dem Gebiet der Teilchenphysik. In den Übungen lernen die Studierenden durch eigenständiges Lösen von Problemen und Diskussion in der Gruppe einfache physikalische Systeme sowohl formal-mathematisch als auch verbal zu beschreiben und Lösungen zu präsentieren. Sie lernen dabei, ihren Lernerfolg zu überprüfen und an dem der Mitstudierenden zu messen. Um die Teamarbeit zu fördern, werden Hausaufgaben als Gruppenarbeiten von bis zu 3 Studierenden akzeptiert.				
<b>5</b>	<b>Prüfungen</b> Studienleistungen: Hausaufgaben. Modulprüfung: Benotete Modulklausur (180 min). Die bessere Modulnote von PHY521 und PHY522 geht mit einem Gewicht von 8 Leistungspunkten in die Bachelor-Gesamtnote ein, die schlechtere mit einem Gewicht von einem Leistungspunkt.				
<b>6</b>	<b>Prüfungsformen und –leistungen</b> <input checked="" type="checkbox"/> <b>Modulprüfung: Klausur</b> <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> <b>Teilleistung</b></span>				
<b>7</b>	<b>Teilnahmevoraussetzungen</b> Kenntnisse aus Physik I-IV, Experimentelle Übungen I/II				
<b>8</b>	<b>Modultyp und Verwendbarkeit des Moduls</b> Pflichtmodul im Bachelorstudiengang Physik				
<b>9</b>	<b>Modulbeauftragte/r</b> Dekan/in Physik		<b>Zuständige Fakultät</b> Physik		

**Modul:** Thermodynamik und Statistik

**B.Sc.-Studiengang:** Physik

<b>Turnus:</b> jährlich im WS	<b>Dauer:</b> 1 Semester	<b>Studienabschnitt:</b> 5. Semester	<b>Credits</b> 10	<b>Aufwand</b> 270 h
----------------------------------	-----------------------------	---	----------------------	-------------------------

<b>1</b>	<b>Modulstruktur</b>				
	<b>Nr.</b>	<b>Element / Lehrveranstaltung</b>	<b>Typ</b>	<b>Credits</b>	<b>SWS</b>
	1	Thermodynamik und Statistik	V	6	4
2	Übungen zur Thermodynamik und Statistik	Ü	4	2	
<b>2</b>	<b>Lehrveranstaltungssprache:</b> Deutsch, teilweise Englisch				
<b>3</b>	<b>Lehrinhalte</b> Der bewusst von der Statistik abgetrennte Thermodynamik-Teil dient als Beispiel für eine phänomenologische Theorie; der statistische Teil enthält Grundlagen der klassischen und der Quantenstatistik. Zu beiden Teilen gibt es Anwendungen. Thermodynamische Systeme; extensive und intensive Größen; die Hauptsätze, ideales Gas, Carnot-Prozess, Wirkungsgrad, Wärmekraftmaschinen. Thermodynamische Potentiale und Relationen, Thermodynamik bei veränderlicher Teilchenzahl. Phasendiagramme, Phasengleichgewicht. Van-der-Waals-Gas. Mehrstoffsysteme. Massenwirkungsgesetz. Osmotischer Druck. Optional: Thermodynamik in äußeren Feldern. Makroskopische Systeme, Wahrscheinlichkeitsbegriffe, Argumente für eine statistische Beschreibung. Dichteoperatoren für Gleichgewichtsgesamtheiten. Definition der Entropie in der Statistik, Relation zur Thermodynamik. Mikrokanonische, kanonische, großkanonische Gesamtheiten und ihre Äquivalenz. Fluktuationen. Besetzungszahldarstellung mit Anwendung auf die idealen Fermi- und Bose-Gase, Erzeugungs- und Vernichtungsoperatoren, Pseudobosonen, Planck'sches Strahlungsgesetz. Optional: Übergang von der Quantenstatistik zur klassischen. Anwendungen: Klassische Virialentwicklung. Magnetische Momente, Magnetismus. Molekularfeld und Variationsprinzip. Ising-Modell. Landau-Theorie der Phasenübergänge. Kritische Exponenten und Skaleninvarianz. Ginzburg-Landau-Theorie. Renormierungsgruppe. Störungsrechnung in der Quantenstatistik. Lineare Antwort, Dissipations- Fluktuationstheorem. Literatur: Landau-Lifschitz Bd.V; K. Huang: Statistical Mechanics. Vorlesungsskripte Dortmunder Dozenten.				
<b>4</b>	<b>Kompetenzen</b> Die Studierenden können die charakteristischen Phänomene der Thermodynamik erkennen, einordnen und deuten, sowie deren formalen Apparat beherrschen und anwenden. Gleiches gilt für die statistische Untermauerung der Thermodynamik. Die Studierenden verstehen insbesondere, dass erst durch die Quantenstatistik die Paradoxa und Unzulänglichkeiten der Thermodynamik und der klassischen Statistik überwunden werden konnten.				