

# Modulhandbuch

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Modulhandbuch des Bachelorstudiengangs Biophysik</b>	<b>5</b>
1.1	Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik . . . . .	5
1.1.1	Physik . . . . .	5
1.1.2	Mathematik . . . . .	16
1.1.3	Biophysik . . . . .	17
1.1.4	Chemie . . . . .	22
1.1.5	Biologie . . . . .	32
1.2	Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik . . . . .	36
1.2.1	Wahlpflichtbereich Biophysikalische Methoden . . . . .	36
1.2.2	Wahlpflichtbereich Biologie . . . . .	49
1.2.3	Wahlpflichtbereich Programmierung und wissenschaftliche Datenverarbeitung . . . . .	68
1.2.4	Wahlpflichtbereich Naturwissenschaftliche Vertiefung . . . . .	80
1.2.5	Wahlpflichtbereich Studium Generale . . . . .	95
1.3	Abschlussmodul mit Bachelorarbeit . . . . .	97
<b>2</b>	<b>Tabelle der Pflicht-, Wahlpflicht- und Importmodule</b>	<b>99</b>
<b>3</b>	<b>Indices</b>	<b>100</b>
	Index 1: Modulkürzel . . . . .	101
	Index 2: Modultitel . . . . .	102

## Erläuterungen

Im Feld “Verwendbarkeit” wird aufgeführt, ob ein Modul im Bachelor Biophysik, im Master Biophysik oder in beiden Studiengängen verwendet werden kann. Für die Verwendbarkeit von Importmodulen in anderen als den Biophysik-Studiengängen sei auf die Beschreibung des Moduls in der Herkunftsstudienordnung im Feld “Zuordnung” verwiesen.

Die Fachsemester-Tabelle der Lehrveranstaltungen in jedem Modul (rechts unten in der Modulbeschreibung) zeigt per *X*-Markierung an, in welchen Fachsemestern die entsprechende Lehrveranstaltung belegt werden *können*. Es ist daher beispielsweise möglich, dass für eine einsemestrige Lehrveranstaltung, die regelmäßig im Wintersemester stattfindet, Kreuze in mehreren Spalten, beispielsweise im 1., 3. und 5. Fachsemester auftreten.



# 1 Modulhandbuch des Bachelorstudiengangs Biophysik

## 1.1 Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik

### 1.1.1 Physik

VEX1A	<b>Experimentalphysik 1a: Mechanik</b> (Experimental Physics 1a: Mechanics)	6 CP (insg.) = 180 h		SWS 5
		Kontaktstudium 70 h	Selbststudium 110 h	
<b>Inhalte</b> Mechanik: Massepunktnäherung, Kräfte, Gravitation, Newton'sche Gesetze, Bewegungsgleichung, Impuls- und Energieerhaltung, Stoßgesetze, trockene Reibung, Reibung im Fluid, harmonischer Oszillator (ungedämpft und gedämpft), starre Körper, Drehmoment, Drehimpuls, Bewegungsgleichung der Rotation, Drehimpulserhaltung, Scheinkräfte bei Rotation, Keplersche Gesetze. Hydrodynamik (diese Inhalte können aus Zeitgründen auch später, zum Beispiel zu Beginn der Elektrodynamik, wo sie auch zur Veranschaulichung von Vektorfeldern dienen können, gebracht werden): Quellen und Senken von Vektorfeldern, Kontinuitätsgleichung, Eulergleichung, Bernoulligleichung, Strömung in Röhren, Wirbel, Oberflächenspannung.				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Das Modul ist das erste der Serie von vier Modulen der Experimentalphysik, das die klassische Physik behandelt. Es ist der Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper sowie Elementen der Hydrodynamik gewidmet. Da die Studierenden des ersten Semesters einen sehr heterogenen Bildungshintergrund haben, beginnt die Behandlung der Mechanik mit einer Wiederholung von Schulstoff und entwickelt daraus systematisch — veranschaulicht durch viele Demonstrationsexperimente — Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Mechanik und der allgemeinen Physik. Die Studierenden lernen, konsequent mit vektoriellen Größen zu operieren und Bewegungsvorgänge der Translation und Rotation durch die Aufstellung von Bewegungsgleichungen und deren Lösung zu analysieren. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung der Fallbeispiele. Darüber hinaus werden in den Übungen auch die "Soft Skills" des wissenschaftlichen Diskutierens und des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt. Die in der Vorlesung erworbenen Kenntnisse werden in den Folgesemestern in den Praktika und in der Theorievorlesung VTH2 vertieft.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				

*Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Physik*

<b>Modulkoordination:</b> Roskos										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>										
Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen										
Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen										
Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b>										
Modulabschlussprüfung, unbenotet										
bestehend aus: mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min., i.d.R. 90 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentalphysik 1a: Mechanik (Experimental Physics 1a: Mechanics) (die Lehrveranstaltung erstreckt sich in der Form V5+Ü2 über zwei Drittel des Semesters)	V+Ü	5	6	Pf	X					
Summe		5	6							

<b>VEX2</b>	<b>Experimentalphysik 2: Elektrodynamik</b>	8 CP (insg.) = 240 h		SWS  6
	(Experimental Physics 2: Electrodynamics)	Kontaktstudium 90 h	Selbststudium 150 h	
<b>Inhalte</b>				
Veranschaulichung von Vektorfeldern anhand hydrodynamischer Beispiele, Elektrostatik, Potential und potentielle Energie, Satz von Gauß, Faraday-Käfig, van-de-Graaff-Generator, Feldelektronenmikroskop, Kondensator, Dielektrika, elektrischer Strom, Ohmsches Gesetz (mikroskopisch und makroskopisch), Kirchhoffsche Gesetze, Magnetostatik, magnetische Materialeigenschaften, Halleffekt, Amperesches Gesetz, Biot-Savart-Gesetz, Spule, Elektromotor, magnetische Induktion, Wirbelströme, Magnetismus, zeitlich veränderliche Felder, komplexer Widerstand, Rolle der Phase, Transformator, Schwingkreis, Maxwellsche Gleichungen, elektromagnetische Wellen, Dipolstrahlung, Wellenleiter und Resonatoren, Lorentztransformation der Felder.				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>				
Das Modul behandelt die klassische Physik. Die Studierenden lernen Grundbegriffe und elementare Zusammenhänge der Physik veranschaulicht durch viele Demonstrationsexperimente kennen. Die Übungen ermöglichen die aktive Anwendung der Grundbegriffe und die Einübung der mathematischen Behandlung der Fallbeispiele. Darüberhinaus werden in den Übungen auch die "Soft Skills" des wissenschaftlichen Diskutierens und des Vortragens in einer kleinen Runde vermittelt.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>				
keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>				
keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Reifarth				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>				
Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen				
Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen				
Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung				
<b>Modulprüfung</b>				
Modulabschlussprüfung, benotet				

*Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik*  
*Physik*

bestehend aus: mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min., i.d.R. 90 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentalphysik 2: Elektrodynamik (Experimental Physics 2: Electrodynamics)	V+Ü	4+2	8	Pf		X				
Summe		6	8							

<b>VEX3</b>	<b>Experimentalphysik 3: Optik, Atome und Quanten</b>	8 CP (insg.) = 240 h		SWS
	(Experimental Physics 3: Optics, Atoms and Quanta)	Kontaktstudium 90 h	Selbststudium 150 h	6
<b>Inhalte</b>				
<p><i>Experimentalphysik 3a: Optik:</i> Wellenoptik, ebene Wellen, Polarisation, elektromagnetische Wellen in Materie, komplexer Brechungsindex, Übergang von einem Material in ein anderes, Fresnel-Gleichungen, Interferenz, geometrische Optik, Fermatsches Prinzip, optische Abbildung, optische Instrumente, Beugung, beugungsbegrenztes Auflösungsvermögen, Grundzüge der Abbeschen Abbildungstheorie, quantenoptischer Ansatz, optisches Pumpen und Laserübergänge.</p> <p><i>Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten:</i> Größe und Nachweis von Atomen, das Photon, Photoeffekt, Comptoneffekt, Hohlraumstrahlung, Rutherfordstreuung, Teilchen als Wellen, Unschärferelation, Bohrsches Atommodell, Grundlagen der Quantenmechanik, Wellenfunktion, Schrödingergleichung, Potentialkasten, harmonischer Oszillator, Tunneleffekt, Quantenmechanik des Wasserstoffatoms, Spin, Feinstruktur, Lambshift, Hyperfeinstruktur, Zeemaneffekt, Paschen-Back-Effekt, Stern Gerlach Experiment, Pauliprinzip, das H<sub>2</sub><sup>+</sup>-Molekül</p>				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>				
<p>Im Modul lernen Studierende den Paradigmenwechsel von der klassischen zur modernen Physik kennen. Dabei werden Kernkompetenzen abstrakter Problemlösung außerhalb unserer Alltagserfahrung vermittelt. Dieses Modul der experimentellen Physik erweitert den in den Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2</i> vermittelten Kanon von Schlüsselexperimenten und -phänomenen, die die Grundlage der technischen Kompetenz der Physikerin oder des Physikers bilden.</p>				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>				
keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>				
Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1–2</i>				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Dörner				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>				
Teilnahmenachweise: keine				
Leistungsnachweise: keine				
Prüfungsvorleistungen: keine				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesungen, Übungen				
<b>Modulprüfung</b>				
kumulative Modulprüfung, benotet				
bestehend aus: Klausuren (45–120 Min.) oder mündliche Prüfungen (20–40 Min.) für alle Modulteile				

*Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Physik*

Bildung der Modulnote: nach CP gewichtetes, arithmetisches Mittel der Einzelnoten										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Experimentalphysik 3a: Optik (Experimental Physics 3a: Optics)	V+Ü	2+1	4	Pf			X			
Experimentalphysik 3b: Atome und Quanten (Experimental Physics 3b: Atoms and Quanta)	V+Ü	2+1	4	Pf			X			
Summe		6	8							

<b>PBPHEX</b>	<b>Anfängerpraktikum Physik für Biophysiker</b> (Elementary Lab Class for Biophysicists)	8 CP (insg.) = 240 h				SWS  4				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 180 h							
<b>Inhalte</b> Versuche zur Mechanik, Optik, Wärmelehre, Elektrizitätslehre										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Im diesem Modul erlernen die Studierenden Grundtechniken des Experimentierens. Die Experimente werden in Zweiergruppen durchgeführt. Dadurch wird Teamarbeit und die kritische Diskussion physikalischer und technischer Probleme eingeübt. Das Praktikum vermittelt auch die Fähigkeit zur kritischen Einschätzung der Verlässlichkeit experimenteller Daten, einer Kernkompetenz jedes Naturwissenschaftlers und jeder Naturwissenschaftlerin. Das Anfängerpraktikum Physik für Biophysiker besteht aus einer Auswahl der Lehrinhalte der Module PEX1 und PEX2 im Studiengang BSc Physik.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1</i> oder <i>Experimentalphysik 2</i>										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jedes Semester										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Jacoby										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Abgabe von Praktikumsprotokollen										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Anfängerpraktikum Physik für Biophysiker (Basic Lab Class for Biophysicists)	P	4	8	Pf			X			
Summe		4	8							

<b>VTH1</b>	<b>Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik</b>  (Theoretical Physics 1: Mathematical Methods of Theoretical Physics)	8 CP (insg.) = 240 h				SWS					
		Kontaktstudium 98 h	Selbststudium 142 h		6.5						
<b>Inhalte</b> Vektorrechnung (Beispiel: Newtonsche Bewegungsgleichungen, Kreisbewegung, Drehimpuls), lineare Differentialgleichungen, komplexe Zahlen (Beispiel: harmonischer Oszillator), elementare Vektoranalysis und Kurvenintegrale (Beispiel: konservative Kräfte), krummlinige Koordinaten, Koordinatentransformationen (Beispiel: Galilei-Transformation, Scheinkräfte), Matrizen (Beispiel: Drehmatrizen, spezielle Relativitätstheorie), einfache Eigenwertprobleme.											
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Das Modul legt die mathematischen Grundlagen für alle weiteren Vorlesungen der theoretischen Physik. Die Studierenden lernen die wichtigsten Techniken zur Lösung der physikalischen Grundgleichungen in praktischen Problemen aus dem Bereich Mechanik. Außerdem werden die physikalischen Grundkonzepte für die Beschreibung der Natur eingeführt, wie Raum und Zeit, Naturgesetze als Differentialgleichungen und typische Abstraktionen der Physik wie Punktteilchen.											
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine											
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine											
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik											
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie											
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich											
<b>Dauer:</b> einsemestrig											
<b>Modulkoordination:</b> Maruhn											
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch											
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen oder mündliche Prüfung oder Klausur, unbenotet											
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung											
<b>Modulprüfung</b> keine											
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester						
					1	2	3	4	5	6	
Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik (Theoretical Physics 1: Mathematical Methods of Theoretical Physics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf	X						
Summe		6.5	8								

<b>VTH2</b>	<b>Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik</b>	8 CP (insg.) = 240 h				SWS				
	(Theoretical Physics 2: Classical Mechanics)	Kontaktstudium 98 h	Selbststudium 142 h			6.5				
<b>Inhalte</b> Newtonsche Bewegungsgleichungen, Erhaltungssätze, Keplerproblem, Lagrangesche und Hamiltonsche Formulierung der Mechanik, Poisson-Klammern, starrer Körper, kräftefreier Kreisel, gekoppelte Oszillatoren, klassische Feldtheorie (schwingende Saite).										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> In diesem Modul wird die klassische Mechanik auf einem höheren Abstraktionsniveau behandelt. Die Studierenden lernen die Anwendung generalisierter Koordinaten sowie die Formulierung der Bewegungsgleichungen im Phasenraum oder als Variationsprobleme. Die Studierenden lernen die wissenschaftliche Diskussion komplexer theoretischer Zusammenhänge. In den Übungen wird das Lernen in der Gruppe und die Vermittlung eigenen Wissens erlernt.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalt der Veranstaltung <i>Theoretische Physik 1</i>										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Greiner										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min., i.d.R. 90 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik (Theoretical Physics 2: Classical Mechanics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf		X				
Summe		6.5	8							

<b>VTH3</b>	<b>Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik</b>  (Theoretical Physics 3: Classical Electrodynamics)	8 CP (insg.) = 240 h				SWS				
		Kontaktstudium 98 h	Selbststudium 142 h	6.5						
<b>Inhalte</b> Elektrostatik, Magnetostatik, elektromagnetische Wellen, Maxwellsche Gleichungen und ihre Anwendung, Poynting-Satz und Maxwell-Tensor, Eichung, Elemente der theoretischen Optik, Hohlleiter, Antennen, Lagrange-Formulierung, spezielle Relativitätstheorie der elektromagnetischen Phänomene. Mathematische Methoden: orthogonale Funktionensysteme, spezielle Funktionen, partielle Differentialgleichungen, Greensfunktionen, Residuensatz.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> In diesem Modul wird mit der klassischen Elektrodynamik eine erste Bekanntschaft mit Feldtheorien vermittelt. Die Studierenden lernen die Grundlagen der Lösungen partieller Differentialgleichungen, spezielle Funktionen und die relativistische Formulierung der Theorie inklusive der Konsequenzen des relativistischen Weltbildes in Bezug auf die Raumzeit und Kausalität.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1-2</i>										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Rischke										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min., i.d.R. 90 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik (Theoretical Physics 3: Classical Electrodynamics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf			X			
Summe		6.5	8							

<b>VTH4</b>	<b>Theoretische Physik 4: Quantenmechanik</b>	8 CP (insg.) = 240 h				SWS				
	(Theoretical Physics 4: Quantum Mechanics)	Kontaktstudium 98 h	Selbststudium 142 h	6.5						
<b>Inhalte</b> mathematische Grundlagen, Schrödingergleichung, Matrizenformulierung, Messprozess und Unschärfe, Zeitentwicklung, eindimensionale Probleme, harmonischer Oszillator und Wasserstoffatom, Störungstheorie, Spin										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> In diesem Modul wird die Quantenmechanik als wichtigster Bestandteil der modernen Physik vorgestellt. Neben dem mathematischen Apparat und den erkenntnistheoretischen Konsequenzen stehen die wichtigsten Anwendungen der elementaren Quantenmechanik im Vordergrund.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1-3</i>										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, BSc Biophysik, BSc Meteorologie										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Kopietz										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min., i.d.R. 90 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 4: Quantenmechanik (Theoretical Physics 4: Quantum Mechanics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf				X		
Summe		6.5	8							

### 1.1.2 Mathematik

VBPHMA	Mathematik für Biophysiker (Mathematics for Biophysicists)	5 CP (insg.) = 150 h				SWS 4
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 90 h			
<b>Inhalte</b> Differential- und Integralrechnung von Funktionen mehrerer Veränderlicher, Vektorräume, lineare Operatoren, Eigenwertprobleme, Funktionentheorie, Fourieranalyse, Variationsrechnung						
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden sollen die mathematischen Grundlagen erwerben, die sie für das Verständnis anderer Module benötigen. Die für die Biophysik wichtigen mathematischen Methoden werden kennengelernt. In Übungen wird der Stoff selbstständig vertieft.						
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine						
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine						
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik						
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik						
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich						
<b>Dauer:</b> einsemestrig						
<b>Modulkoordination:</b> Engel						
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch						
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen						
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung						
<b>Modulprüfung</b> keine						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Mathematik für Biophysiker (Mathematics for Biophysicists)		V+Ü	3+1	5	Pf	X
Summe			4	5		

### 1.1.3 Biophysik

<b>BPH1N</b>	<b>Biophysik 1: Einführung in die Biophysik</b>	4 CP (insg.) = 120 h				SWS  3					
	(Biophysics 1: Introduction to Biophysics)	Kontaktstudium 45 h	Selbststudium 75 h								
<b>Inhalte</b> Strukturelle Grundlagen: die Zelle, Proteine, Membranen, Nukleinsäuren, Polysaccharide; Systeme: Photosynthese, Atmungskette, Proteinbiosynthese, Erregungsleitung, molekulare Motoren, Lichtrezeption; Methoden: Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie, Röntgenstrukturanalyse, Polymerasekettenreaktion, Elektrophysiologie, Rasterkraftmikroskopie, UV/Vis-, IR-, NMR-, Fluoreszenzspektroskopie											
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erhalten aufbauend auf dem vorhandenen Schulwissen einen Überblick über wichtige Untersuchungsobjekte, Fragestellungen und Methoden der Biophysik. Sie werden an eine biophysikalisch-analytische Arbeits- und Denkweise herangeführt und erhalten eine Basis, auf der die zukünftigen Lerninhalte in Physik, Chemie und Biologie in den biophysikalischen Kontext eingeordnet werden können. Die begleitenden Übungen leiten zum selbständigen Arbeiten an.											
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine											
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine											
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik											
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik											
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich											
<b>Dauer:</b> einsemestrig											
<b>Modulkoordination:</b> Bredenbeck											
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch											
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: Bearbeitung der Übungsaufgaben Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise											
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung											
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (90 min)											
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester						
					1	2	3	4	5	6	
Biophysik 1 (Biophysics 1: Introduction to Biophysics)	V+Ü	2+1	4	Pf	X						
Summe		3	6								

<b>BPH2N</b>	<b>Biophysik 2: Modellbildung</b> (Biophysics 2: Generation of Models)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS 4				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h							
<b>Inhalte</b> Wechselwirkungen in Biomolekülen, biologische Relevanz von Wasser, der hydrophobe Effekt, Thermodynamik und Kinetik der Strukturbildung von Proteinen, funktionelle Proteindynamik und Proteinkinetik, statistische Mechanik, Membranbiophysik, molekulare Motoren										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden können reduktionistische Konzepte zur Erstellung von biophysikalischen Modellen anwenden, die es erlauben, trotz der Komplexität biologischer Materie zu quantitativen Aussagen zu gelangen. Sie haben ein vertieftes Verständnis der physikalischen und physikochemischen Grundlagen chemischer und biologischer Prozesse und vernetzen und integrieren so das Wissen aus den drei Fachgebieten.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalte des Moduls BPH1N										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Mäntele										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: Bearbeitung der Übungsaufgaben Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (90 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Biophysik 2 (Biophysics 2: Generation of Models)	V+Ü	3+1	6	Pf			X			
Summe		4	6							

<b>BPH3N</b>	<b>Biophysik 3: Methoden</b> (Biophysics 3: Methods)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS 4					
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h								
<b>Inhalte</b> Mikroskopie: optische Mikroskopie, hochauflösende Mikroskopie, Elektronenmikroskopie; Einzelmolekültechniken: Fluoreszenzmethoden, Rastersondenmethoden, Patch-Clamp-Techniken, Optical Tweezer; Spektroskopie: UV/Vis-Spektroskopie, IR-Spektroskopie, NMR-Spektroskopie, EPR-Spektroskopie; Beugungsmethoden: Röntgenbeugung, Röntgenkristallstrukturanalyse, Elektronenbeugung, Neutronenbeugung, Röntgenkleinwinkelstreuung, statische und dynamische Lichtstreuung; Simulationsverfahren: Moleküldynamische Verfahren, quantenchemische Verfahren; Weitere: Massenspektroskopie, analytische Ultrazentrifugation											
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden haben ein vertieftes Verständnis der biophysikalischen Methoden, insbesondere ihrer Funktionsprinzipien, Anwendungsbereiche und Limitationen. Sie sind in der Lage, für konkrete Fragestellungen ein sinnvolles Vorgehen zur Bearbeitung zu wählen und die richtigen Methoden zu wählen. In Übungen wird der Stoff selbstständig vertieft.											
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine											
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalte der Module BPH1N und BPH2N											
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik											
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik											
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich											
<b>Dauer:</b> einsemestrig											
<b>Modulkoordination:</b> Mäntele											
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch											
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: Bearbeitung der Übungsaufgaben Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise											
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung											
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: mündliche Prüfung (30 min) oder Klausur (90 min)											
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
						1	2	3	4	5	6
Biophysik 3 (Biophysics 3: Methods)		V+Ü	3+1	6	Pf				X		
Summe			4	6							

<b>BPH4N</b>	<b>Biophysik 4: Praktikum, Seminar, Ringvorlesung zu aktuellen Themen</b>	13 CP (insg.) = 390 h		SWS  6
	(Biophysics 4: Lab Course, Seminar, Lecture Series on current topics)	Kontaktstudium 90 h	Selbststudium 285 h	
<b>Inhalte</b>				
<p><i>Biophysik-Praktikum:</i> Das Praktikum umfasst Versuche aus den Gebieten der molekularen, medizinischen und physiologischen Biophysik.</p> <p><i>Seminar Biophysik:</i> Das Seminar behandelt aktuelle Themen der Biophysik, die von den Studierenden aus der Fachliteratur (Zeitschriftenpublikationen, Monografien) erarbeitet und präsentiert werden. In der Lehrveranstaltung wird neben den fachlichen Aspekten auch das ethisch korrekte Verhalten in der Wissenschaft thematisiert (Quellenangaben, statistisch valider Umgang mit empirischen Daten, ethische Aspekte experimenteller Techniken wie Tierversuche oder gentechnische Verfahren).</p> <p><i>Biophysik 4 (Ringvorlesung):</i> In der Ringvorlesung stellen Dozenten aus verschiedenen Arbeitsgruppen mit biophysikalischem Schwerpunkt ihre jeweiligen Arbeitsmethoden und aktuellen Forschungsschwerpunkte vor. Sie dient als Orientierung für die Studierenden im Hinblick auf die bald anstehende Bachelorarbeit.</p>				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>				
<p>Im Praktikum lernen die Studierenden biophysikalische Experimente aus verschiedenen Themengebieten selbstständig zu planen, vorzubereiten, durchzuführen, zu protokollieren und kritisch auszuwerten. Im Seminar Biophysik üben die Studierenden die selbständige Aufarbeitung und korrekter Referenzierung aktueller Fachliteratur, das Ausarbeiten eines Seminarvortrags und die Präsentationskompetenz als <i>soft skill</i>.</p> <p>Durch die Ringvorlesung, in der Vertreter der biophysikalisch orientierten Arbeitsgruppen der Universität und angrenzender Institute spezielle Methoden und aktuelle Forschungsthemen vorstellen, erhalten die Studierenden einen Überblick über die methodische und thematische Vielfalt des Fachs mit besonderem Augenmerk auf mögliche Themen für eine Bachelorarbeit.</p>				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>				
Modul BPH3N für die Teilnahme am Biophysik-Praktikum				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>				
Inhalte der Module BPH1N und BPH2N. Inhalt des Moduls BPH3N für Ringvorlesung und Praktikum				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> zweisemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Wille				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>				
Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an Ringvorlesung, Seminar und Praktikum				
Leistungsnachweise: keine				
Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Teilnahmenachweise				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Seminar, Praktikum				
<b>Modulprüfung</b>				
kumulative Modulprüfung, benotet				

bestehend aus: benoteter Vortrag im Seminar, Praktikumsnote über benotete Protokolle

Bildung der Modulnote: nach CP gewichtetes, arithmetisches Mittel der Einzelnoten

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Biophysik-Praktikum (Lab Class Biophysics)	P	4	8	Pf					X	
Seminar Biophysik (Seminar Biophysics)	S	1	3	Pf				X		
Biophysik 4 (Ringvorlesung) (Biophysics 4 (Lecture Series on current topics))	S	1	2	Pf					X	
Summe		6	13							

### 1.1.4 Chemie

VBPHAC	<b>Grundlagen der Allgemeinen und Anorganischen Chemie für Naturwissenschaftler</b>  (Foundations of General and Inorganic Chemistry for Natural Scientists)	7 CP (insg.) = 210 h		SWS  5
		Kontaktstudium 75 h	Selbststudium 135 h	
<b>Inhalte</b> Grundlagen in allgemeiner und anorganischer Chemie: Atombau, Periodensystem, Molekülstrukturen, kovalente Bindung, Ionenbindung, van der Waals-Bindung, Metalle, chemisches Gleichgewicht, Redoxgleichungen, stöchiometrisches Rechnen, Reaktionskinetik, Gase, Flüssigkeiten, Feststoffe, Kristallstrukturen, Lösungen, Säuren und Basen, Elektrochemie, Chemie der Hauptgruppenelemente (ausführlich), Chemie der Nebengruppenelemente, Grundlagen der analytischen Chemie				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden können für eine gegebene Molekularformel die korrekte Lewisformel aufstellen. Sie kennen den Atombau, das Periodensystem und die wichtigsten Stoffe und Reaktionen. Sie kennen die Sprache der Chemie. Sie sind in der Lage, Reaktionsgleichungen aufzustellen und die Stöchiometrie zu errechnen. Die Beschäftigung mit grundlegenden Stoffen, Eigenschaften und Reaktionen anorganischer Verbindungen bringt ihnen die Logik der Chemie nahe. Organisatorisches: Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs finden Übungen in Gruppen statt. Darin werden vorgegebene Übungsaufgaben besprochen. Es wird erwartet, dass sich die Studierenden damit auseinandergesetzt haben und sich an den Übungen aktiv beteiligen.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Chemie <sup>1</sup> / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik, BSc Biowissenschaften, BSc Geowissenschaften, BSc Biochemie, BSc/MSc Meteorologie, BSc/MSc Geographie, BSc/MSc Physik, Lehramt L2/L3 Chemie, BSc/MSc Mathematik, BSc/MSc Informatik, MSc Umweltwissenschaften u.a.				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. M. U. Schmidt				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen				

<sup>1</sup>Für die Absolvierung des Moduls gelten die Bedingungen (Anmelde- und Rücktrittsfristen, Wiederholungsmöglichkeiten etc.) der Bachelorprüfungsordnung Chemie mit folgenden Ausnahmen und Besonderheiten: 1.) Eine nicht bestandene Modulabschlussprüfung kann dreimal wiederholt werden, unabhängig davon, wann der erste Versuch war. Fehlversuche bei inhaltlich äquivalenten Modulen oder Teilmodulen an anderen Hochschulen werden angerechnet. Die Wiederholung muss jeweils bis zum Ende des darauffolgenden Semesters erfolgen; andernfalls gilt die Prüfung als nicht bestanden. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss des Studienganges, in dem der/die Studierende immatrikuliert ist. 2.) Eine bestandene Modulabschlussprüfung kann zum Zwecke der Notenverbesserung einmal wiederholt werden, wobei die bessere Leistung angerechnet wird (Freiwillige Wiederholung). Die Wiederholung der Prüfung muss bis zum Ende des darauf folgenden Semesters erfolgen. Über Ausnahmen entscheidet der Prüfungsausschuss des Studienganges, in dem der/die Studierende immatrikuliert ist. Diese Regelung darf innerhalb des Nebenfaches Chemie höchstens einmal in Anspruch genommen werden. 3.) Im Gegensatz zum Bachelorstudiengang Chemie besteht nicht die Möglichkeit, eine nichtbestandene Modulprüfung durch ein zusätzliches Wahlpflichtmodul auszugleichen. *Die aktuelle Fassung dieser Regelungen ist zu finden unter [https://www.uni-frankfurt.de/53637900/NaWi\\_AAC](https://www.uni-frankfurt.de/53637900/NaWi_AAC) sowie in den dort verlinkten Modulbeschreibungen.*

Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen										
Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b>										
Modulabschlussprüfung, benotet										
bestehend aus: Klausur (ca. 120 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Allgemeine und Anorganische Chemie für Naturwissenschaftler und Lehramtskandidaten (Foundations of General and Inorganic Chemistry for Natural Scientists)	V+Ü	4+1	7	Pf	X					
Summe		5	7							

<b>VBPHOC</b>	<b>Grundlagen der Organischen Chemie</b> (Foundations of Organic Chemistry)	7 CP (insg.) = 210 h		SWS 5
		Kontaktstudium 75 h	Selbststudium 135 h	
<b>Inhalte</b> Beschreibung von Molekülstrukturen; Konstitution, Konfiguration und Konformation; Konstitutionsisomere; Stereoisomere; Fischer-Projektion; R/S- und D/L-Notation; absolute und relative Konfiguration; Anzahl von Stereoisomeren; optische Aktivität, Chiralität und Symmetrie; Prochiralität; Racemisierung; Enantiomerentrennung; Topizität (homotope, enantiotope und diastereotope Gruppen); Konfigurationsanalyse am Beispiel der Kohlenhydrate; Konformationsanalyse (Butan, Cyclohexan und anellierte Ringsysteme, Cyclopentan, Cycloalkene, Pyranosen und Furanosen); Baeyer-, Pitzer- und Newman-Spannung; Torsionswinkel (Klyne/Prelog-Notation); Konformation von Polymeren; Grenzen des klassischen Strukturmodells (anomerer Effekt, Benzolproblem, energetische Betrachtungen); Atom- und Molekülorbitale (Ein- und Mehrelektro-nensysteme, Korrelationsdiagramme); HMO-Modell; aromatische Verbindungen (Hückel-Regel); Einführung in organische Reaktionen (reversible und irreversible Reaktionen, Übergangszustand, Nucleophile / Elektrophile); Carbonylchemie (nucleophile Addition, Reaktivität von Carbonylverbindungen); metallorganische Verbindungen (Grignard- und Organolithiumverbindungen); Wittig-Reaktion; Reaktionen von Enolen und Enolaten; 1,3-Dicarbonylverbindungen; $\alpha$ , $\beta$ -ungesättigte Carbonylverbindungen; Aldolreaktion; Claisen-Esterkondensation; Michael-Addition; Diels-Alder-Reaktion Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung in kleineren Gruppen statt. Darin werden vorgegebene Übungsaufgaben besprochen. Es wird erwartet, dass sich die Studierenden damit auseinandergesetzt haben und sich aktiv beteiligen.				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden können für eine gegebene Molekularformel die korrekte Anzahl von Stereoisomeren bestimmen und zwischen chiralen und achiralen Verbindungen unterscheiden. Sie sind in der Lage, aus einer gegebenen Konfigurationsformel die energetisch günstigsten Konformere abzuleiten, und lernen, ein Strukturproblem mit einem geeigneten Modell zu analysieren. Die Beschäftigung mit grundlegenden Reaktionen organischer Moleküle bringt ihnen die Logik der Reaktionsmechanismen nahe. Dabei lernen sie einige wichtige Reaktionstypen der Organischen Chemie kennen.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Kenntnisse der allg. und anorganischen Chemie, z.B. aus Modul VBPHAC				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Harald Schwalbe				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: Abschlussklausur (Studienleistung)				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung				
<b>Modulprüfung</b>				

*Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Chemie*

keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Organische Chemie I: Struktur und Reaktionen (Foundations of Organic Chemistry)	V+Ü	4+1	7	Pf		X				
Summe		5	7							

<b>PBPHOC</b>	<b>Praktikum Organische Chemie für Biophysik</b>	6 CP (insg.) = 180 h		SWS 9
	(Lab Class Organic Chemistry for Biophysics)	Kontaktstudium 75 h	Selbststudium 52 h	
<b>Inhalte</b> <i>Praktikum Organische Chemie:</i> Praxis der wichtigsten organisch-chemischen Reaktionen <i>Seminar zum organisch-chemischen Praktikum für Biophysiker:</i> Theorie der wichtigsten organisch-chemischen Reaktionen; Grundprinzipien der stereoselektiven Chemie; Grundprinzipien der Strukturaufklärung mit spektroskopischen Methoden				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erwerben solide Kenntnisse der wichtigsten organisch-chemischen Reaktionen und ihrer Mechanismen. Sie lernen, die Reaktivität von Verbindungen aus der Struktur vorherzusagen, einfache Synthesen zu planen und den Reaktionsverlauf analytisch zu überprüfen. Im Praktikum, in dem sie organisch-chemische Präparate selbstständig herstellen, werden sie außerdem mit den handwerklichen Grundlagen des organisch-chemischen Experimentierens und dem sicheren Umgang mit Gefahrstoffen vertraut gemacht. Organisatorisches: Für das Praktikum ist eine Anmeldung erforderlich. Voraussetzung für die Teilnahme ist der Besuch der Sicherheits- und Einführungskurse. Die Praktikumsregularien <sup>2</sup> werden vor Beginn des Praktikums bekannt gegeben.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> bestandene Module VBPHAC (Grundlagen der Allgemeinen und Anorganischen Chemie für Naturwissenschaftler) und VBPHOC (Grundlagen der Organischen Chemie)				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Modul VBPHAC und Vorlesung Grundlagen der Organischen Chemie				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Harald Schwalbe				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme Leistungsnachweise: Leistungsnachweis zum Praktikum lt. Praktikumsregularien Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum, Seminar				
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet				

<sup>2</sup>Die aktuelle Praktikumsordnung ist zu finden unter [http://schwalbe.org.chemie.uni-frankfurt.de/teaching/oc1\\_praktikum](http://schwalbe.org.chemie.uni-frankfurt.de/teaching/oc1_praktikum). Für Studierende der Biophysik geltende Abweichungen hiervon werden verbindlich vor dem Praktikum bekannt gegeben.

*Pflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Chemie*

bestehend aus: mündliche Prüfung (30–45 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Praktikum Organische Chemie (Lab Class Organic Chemistry for Biophysics)	P	8	4	Pf				X		
Seminar zum organisch-chemischen Praktikum für Biophysiker (Lab Class Organic Chemistry for Biophysicists)	S	1	2	Pf				X		
Summe		9	6							

VBPHPC	Thermodynamik (Thermodynamics)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS 4				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h							
<b>Inhalte</b> ideales und reales Gas; kinetische Gastheorie; Hauptsätze der Thermodynamik; Zustandsfunktionen; Phasengleichgewichte; chemische und elektrochemische Gleichgewichte										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden lernen die wesentlichen Grundlagen der Thermodynamik und der Elektrochemie kennen. Durch selbstständiges Erarbeiten an ausgewählten Beispielen wird der Stoff vertieft. Die Diskussion in den Übungsgruppen führt zu einem tiefer gehenden Verständnis für die zugrunde liegenden Konzepte. Qualifikationsziel ist es, dass die Studierenden diese Konzepte auch auf unbekannte Probleme anwenden können.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> gute Kenntnisse mathematischer Verfahren										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Josef Wachtveitl										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: Klausur (120–180 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physikalische Chemie 1 - Thermodynamik (Thermodynamics)	V+Ü	3+1	6	Pf		X				
Summe		4	6							

<b>PBPHPC</b>	<b>Praktikum Physikalische Chemie für Biophysik</b>	5 CP (insg.) = 150 h				SWS				
	(Lab Class Physical Chemistry for Biophysicists)	Kontaktstudium 90 h	Selbststudium 60 h	6						
<b>Inhalte</b> Praktikumsversuche aus den Gebieten der Thermodynamik, Elektrochemie, Kinetik und Spektroskopie										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Im Praktikum sollen die in den Vorlesungen vermittelten Grundlagen durch eigene Versuche zur Thermodynamik und Elektrochemie, zur Kinetik und Spektroskopie vertieft werden. Die Biophysik-Studierenden führen eine Auswahl von Versuchen der Praktika PC 1 und 2 des BSc-Studiengangs Chemie (ohne Seminar) durch.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Module VBPHAC, VBPHPC										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Vorlesung Physikalische Chemie 1, Kenntnisse in Quantenmechanik (z.B. TC4) sind wünschenswert										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Josef Wachtveitl										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Leistungsnachweis lt. Praktikumsordnung <sup>3</sup> (Protokolle und Zwischenkolloquien). Prüfungsvorleistungen: Vorliegen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: Praktikumsprotokoll für jeden durchgeführten Versuch										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Praktikum Physikalische Chemie für Biophysik (Lab Class Physical Chemistry for Biophysicists)	P	6	5	Pf					X	
Summe		6	5							

<sup>3</sup>Die aktuelle Praktikumsordnung ist zu finden unter  
<http://www.ptc.uni-frankfurt.de/pc-praktikum>

<b>VBPHTC</b>	<b>Moderne Methoden der Theoretischen Chemie</b>	5 CP (insg.) = 150 h		SWS
	(Modern Methods in Theoretical Chemistry)	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 90 h	
<b>Inhalte</b> Hartree-Fock (HF)-Theorie: Self-Consistent-Field (SCF)-Verfahren, Restricted vs. Unrestricted HF-Theorie; Behandlung der Elektronenkorrelation: Konfigurationswechselwirkung, Moller-Plesset-Störungstheorie; Dichtefunktionaltheorie (DFT): Hohenberg-Kohn-Theoreme, Dichtefunktionale, Kohn-Sham-Ansatz; Überblick über quantenchemische Rechenverfahren: Basissätze, semiempirische Verfahren, DFT, ab-initio-Verfahren; Kerndynamik auf Born-Oppenheimer-Potentialflächen: Quantendynamik vs. klassische Dynamik; gemischt quanten-klassische Verfahren (Surface-Hopping); Grundlagen der Molekulardynamik (MD): Kraftfelder, Integration der klassischen Bewegungsgleichungen, Ensembles (NVT, NPT); Grundlagen der Quantendynamik: Wellenpaketpropagation, Gaussische Wellenpakete, Gitterverfahren; angeregte elektronische Zustände und Zusammenbruch der Born-Oppenheimer-Näherung; nichtadiabatische Effekte, Implikationen für die Photochemie und Ultrakurzzeitspektroskopie				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden lernen die aktuellen Methoden der Theoretischen Chemie kennen, sowohl im Bereich der elektronischen Strukturberechnung (z.B. Post-Hartree-Fock-Methoden, Dichtefunktionalmethoden) als auch im Bereich der Kerndynamik (klassische Molekulardynamik (MD), Wellenpaketdynamik). Sie lernen zu beurteilen, welche Methode am besten an eine gegebene Fragestellung angepasst ist und wo die Grenzen der jeweiligen Verfahren liegen. Die Behandlung elektronisch angeregter Zustände schafft eine Verbindung zur modernen Photochemie und Ultrakurzzeitspektroskopie. Neben den theoretischen Grundlagen sollen die Studierenden an den konkreten Einsatz der verschiedenen Methoden herangeführt werden. Organisatorisches: Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffes findet eine Übung statt. Darin werden vorgegebene Übungsaufgaben besprochen sowie quantenchemische und MD-Rechnungen am Computer durchgeführt. Für Studierende der Biophysik ist die Teilnahme an den praktischen Übungen freiwillig, <i>wird aber ausdrücklich empfohlen.</i>				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Modul VTH4 (Theoretische Physik 4: Quantenmechanik)				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> gute mathematische und theoretische Kenntnisse, insbesondere Quantenmechanik				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> MSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Irene Burghardt				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung				
<b>Modulprüfung</b>				

Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: Klausur (120–180 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Chemie 2 (Modern Methods in Theoretical Chemistry)	V(+Ü)	3(+1)	5	Pf						X
Summe		3(4)	5							

### 1.1.5 Biologie

<b>BSCBIOW7</b>	<b>Biochemie und Tierphysiologie</b>	6 CP (insg.) = 180 h		SWS 4
	Biochemistry and Animal Physiology	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	
<b>Inhalte</b>				
<p>Das Modul vermittelt die Grundlagen der Biochemie und der Tierphysiologie unter besonderer Berücksichtigung der beide Themenfelder integrierenden Aspekte. Wesentliche Inhalte der Vorlesung sind Aminosäuren und Proteinstrukturen, Enzyme und ihre Funktionsweise, der Primär-Fettsäure- und Aminosäurestoffwechsel, Energiegewinnung, stoffwechselphysiologische Funktionssysteme (Atmung, Herz-Kreislaufsystem, Exkretion, Verdauung, Thermoregulation, Blut, Fortpflanzung, integrative Steuerung etc.). Evolutive, ontogenetische und ökophysiologische Aspekte werden mit dargestellt.</p> <p><b>Besondere Hinweise:</b> Der erfolgreiche Abschluss des Moduls ist Voraussetzung für die Teilnahme an den Modulen BSc-Biow-12B und BSc-Biow-14C.</p>				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>				
<p>Dieses Modul gibt eine Einführung in die molekulare Funktionsweise von Zellen in die Physiologie tierischer Körperfunktionen, stoffwechselphysiologische Funktionsweisen (vegetative Physiologie) von Zellen und Organsystemen in ihrer evolutiven und interspezifischen Vielfalt.</p> <p>Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die chemische Struktur der Basismoleküle des Lebens (Aminosäuren, Zucker, Fettsäuren etc.) kennen.</li> <li>• sind in der Lage, die primären Stoffwechselwege der Energiegewinnung zu verstehen.</li> <li>• lernen die Verbindung zwischen molekularen Lebensvorgängen und der Zellstruktur bzw. -organisation zu erkennen.</li> <li>• lernen die Strukturen stoffwechselphysiologischer Funktionssysteme auf Zell- und Organniveau kennen.</li> <li>• verstehen die Physiologie von Körperfunktionen aufgrund deren zellulärer und molekularer Organisation.</li> <li>• lernen den Zusammenhang zwischen Organstruktur und deren Funktion zu erkennen.</li> <li>• überblicken Organsysteme vergleichbarer Funktion auf unterschiedlichen tierischen Organisationsstufen.</li> <li>• sind in der Lage, die funktionalen Aspekte inkl. der integrativen Steuerung der o.g. Systeme zu verstehen.</li> <li>• verstehen evolutive und ontogenetische Entwicklungen physiologischer Systeme.</li> <li>• lernen, mögliche Einflussbereiche interner (z.B. Hormonfaktoren) und externer Faktoren (z.B. Medikamente) zu erkennen.</li> </ul>				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>				
keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>				
keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik				

<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> 1. Hälfte WS										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Sven Klimpel										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: Klausur (90 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Biochemie und Tierphysiologie (Biochemistry and Animal Physiologie)	V	4	6	Pf					X	
Summe		4	6							

<b>BSCBIOW8</b>	<b>Molekularbiologie und Genetik</b> Molecular Biology and Genetics	6 CP (insg.) = 180 h		SWS 4
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	
<p><b>Inhalte</b> Das Modul gibt eine Übersicht über die verschiedenen Bereiche der Molekularbiologie und der klassischen und molekularen Genetik. Dazu zählen die Expression des genetischen Materials (Transkription, Translation), Protein-,targeting“, Replikation, Mutationsentstehung und -reparatur, Genomaufbau und Vererbungsmechanismen, mobile genetische Elemente, genetische Determination von Krankheiten, Populationsgenetik u.a. Die zur Analyse oder für die Konstruktion gentechnisch veränderter Organismen verwendeten Methoden werden besprochen und ihre Aussagekraft wird diskutiert (Kreuzungsanalyse, Hybridisierungsverfahren, Genomsequenzierung, genetischer Fingerabdruck, Knock-out-Tiere usw.). Außerdem werden das Gentechnikgesetz/Patentrecht und ethische und gesellschaftliche Aspekte der modernen Molekularbiologie thematisiert. <b>Besondere Hinweise:</b> Der erfolgreiche Abschluss des Moduls ist Voraussetzung für die Teilnahme an den Modulen BSc-Biow-14C und BSc-Biow-15C.</p>				
<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erlangen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• eine Übersicht über die verschiedenen Teilgebiete der Molekularbiologie und Genetik,</li> <li>• die Fähigkeit, die Auswirkung der Molekularbiologie und der Genetik auf den Alltag fachlich kompetent beurteilen zu können (Genetischer Fingerabdruck, Aussagekraft von Genomsequenzen, gentechnisch veränderte Organismen, Klonen von Tieren, Pflanzenzucht) und ihre Chancen und Risiken einzuschätzen.</li> </ul>				
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine</p>				
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine</p>				
<p><b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften</p>				
<p><b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik</p>				
<p><b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich</p>				
<p><b>Dauer:</b> einsemestrig</p>				
<p><b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Jörg Soppa</p>				
<p><b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch</p>				
<p><b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine</p>				
<p><b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung</p>				
<p><b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet</p>				

bestehend aus: Klausur (90 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Molekularbiologie und Genetik (Molecular Biology and Genetics)	V	4	6	Pf				X		
Summe		4	6							

## 1.2 Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik

### 1.2.1 Wahlpflichtbereich Biophysikalische Methoden

ITMR	<b>Einführung in die Theorie der Magnetischen Resonanz</b>	4–12 CP (insg.) = 120–360 h		SWS
	(Introduction to the Theory of Magnetic Resonance)	Kontaktstudium 30–90 h	Selbststudium 90–270 h	2–6
<b>Inhalte</b> Grundlagen der NMR- und EPR-Spektroskopie; isotrope und anisotrope Wechselwirkungen in der magnetischen Resonanz (MR) und ihre quantenmechanische Beschreibung; Einführung in die 2D-NMR-, 3D-NMR- und EPR- Spektroskopie sowie ihre Anwendungen; Einführung in die MR-Relaxationstheorie Studenten im Studiengang BSc/MSc Biophysik wählen eine, zwei oder alle drei LV im Modul aus.				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden werden in die quantenmechanischen und mathematischen Grundlagen der Magnetresonanz-Spektroskopie eingeführt. Sie können danach einfache Pulsabfolgen analytisch beschreiben und verstehen. Sie lernen, Strukturparameter aus den Magnetresonanz-Spektren zu extrahieren.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> MSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc und MSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> zweisemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Clemens Glaubitz, Prof. Dr. Thomas Prisner, Prof. Dr. Harald Schwalbe				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch/Englisch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: Übungsaufgaben oder Ausarbeitungen Prüfungsvorleistungen: Erbringen der Leistungsnachweise				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung				
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, unbenotet				

*Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Biophysikalische Methoden*

bestehend aus: mündliche Prüfung (30–45 Min.) oder Hausarbeit oder Klausur (120–180 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die EPR-Spektroskopie (Introduction to the Theory of Magnetic Resonance)	V	2	4	WP				X	X	X
Einführung in die Festkörper-NMR-Spektroskopie (Introduction to the Theory of Magnetic Resonance)	V	2	4	WP				X	X	X
Mathematische Grundlagen der NMR-Spektroskopie (Introduction to the Theory of Magnetic Resonance)	V	2	4	WP				X	X	X
Summe		2–6	4–12							

<b>IPMR</b>	<b>Einführung in die Praxis der Magnetischen Resonanz</b>	7–10 CP (insg.) = 210–300 h		SWS
	(Introduction to the Practice of Magnetic Resonance)	Kontaktstudium 75–120 h	Selbststudium 135–180 h	
<b>Inhalte</b>				
<p><i>NMR-Spektroskopie:</i> Zuordnung von nD-NMR-Spektren von Naturstoffen, synthetischen Molekülen (mit Beispielen aus synthetisch arbeitenden Arbeitsgruppen) und Biomakromolekülen (Proteine, Peptide, RNA, DNA, Oligosaccharide)</p> <p><i>EPR-Spektroskopie:</i> Analyse von Puls-EPR-Spektren; Korrelation mit MO-Rechnungen; Hyperfeinspektroskopie; Doppelresonanzmessverfahren; Abstandsmessungen im Nanometer-Bereich; Anwendungen auf Enzyme, Membranproteine und Oligonukleotide</p> <p>Studenten im Studiengang BSc/MSc Biophysik wählen zusätzlich zum Seminar eins oder beide der Praktika. Die Praktika finden als Blockveranstaltung statt. Dafür ist eine Anmeldung erforderlich. Die Praktikumsregularien werden zu Beginn des jeweiligen Praktikums bekannt gegeben.</p>				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>				
Die Studierenden erlernen die Interpretation von „state of the art“ NMR- und EPR-Experimenten sowie die Bestimmung von Konformation und Dynamik an Beispielen. Sie erlernen außerdem den Umgang mit wichtigen Programmen zur Spektreninterpretation. Im Seminar werden sie mit neuen Experimenten vertraut gemacht.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>				
Modul Struktur und Funktion (CHSTRUFU) oder ein Leistungsnachweis aus dem Modul Einführung in die Theorie der Magnetischen Resonanz				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>				
Modul Struktur und Funktion (CHSTRUFU) oder Modul Einführung in die Theorie der Magnetischen Resonanz				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> MSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc und MSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> 1–2 Semester				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Clemens Glaubitz, Prof. Dr. Thomas Prisner, Prof. Dr. Harald Schwalbe				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch/Englisch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>				
Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme am Seminar				
Leistungsnachweise: Leistungsnachweis zu einem Praktikum oder beiden Praktika (siehe Praktikumsregularien)				
Prüfungsvorleistungen: Erbringen der Leistungsnachweise				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Seminar, Praktikum				
<b>Modulprüfung</b>				
kumulative Modulprüfung, unbenotet				
bestehend aus: Referat im Seminar; Protokoll und Abschlussgespräch für jedes absolvierte Praktikum				

*Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Biophysikalische Methoden*

Bildung der Modulnote: arithmetisches Mittel der Einzelnoten										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Moderne Anwendungen der Magnetischen Resonanz (Introduction to the Practice of Magnetic Resonance)	S	2	4	Pf				X	X	X
NMR-Intensivkurs (Introduction to the Practice of Magnetic Resonance)	P	3	3	WP				X	X	X
EPR-Intensivkurs (Introduction to the Practice of Magnetic Resonance)	P	3	3	WP				X	X	X
Summe		5-8	7-10							

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Biophysikalische Methoden

<b>VMOL-SPEK</b>	<b>Molekulare Spektroskopie</b>	5 CP (insg.) = 150 h				SWS				
	(Molecular Spectroscopy)	Kontaktstudium 45 h	Selbststudium 105 h	3						
<b>Inhalte</b> Molekülbau; Molekülorbital-Ansatz; theoretische Näherungen; zeitabhängige Quantenmechanik; Störungsrechnung für die Wechselwirkung mit Licht; Rotations-, Schwingungs- und optische Spektroskopie; Raman- und Photoelektronenspektroskopie; Auswahlregeln und Anwendungen; Photophysik und Photochemie Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung statt. Darin werden vorgegebene Übungsaufgaben besprochen. Es wird erwartet, dass sich die Studierenden daran aktiv beteiligen.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden lernen die Grundlagen der molekularen Spektroskopie kennen. Durch selbstständiges Erarbeiten an ausgewählten Beispielen wird der Stoff vertieft. Die Diskussion in den Übungsgruppen führt zu einem tiefer gehenden Verständnis für die zugrunde liegenden Konzepte. Qualifikationsziel ist es, dass die Studierenden diese Konzepte auch auf unbekannte Probleme anwenden können.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik, MSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Mike Heilemann										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: bestandene Abschlussklausur (Studienleistung)										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Vorlesung Physikalische Chemie 3 (Molecular Spectroscopy)	V+Ü	2+1	5	Pf			X		X	
Summe		3	5							

<b>VLASER- CHEM</b>	<b>Laserchemie</b>	5 CP (insg.) = 150 h				SWS				
	(Laser Chemistry)	Kontaktstudium 45 h	Selbststudium 105 h	3						
<b>Inhalte</b> Laserprinzipien; Lasertypen; spezielle Eigenschaften von kohärentem Laserlicht; Vertiefung der mathematischen Beschreibung; grundlegende Prinzipien der linearen und nichtlinearen Optik; Realisierung von hochstabilen Dauerstrichlasern sowie gepulsten Laserquellen; spektroskopische Methoden (insbesondere elektronische Spektroskopie und Schwingungsspektroskopie); apparative Realisierung von spektroskopischen Prinzipien; Anwendung auf chemische Fragestellungen; gezielter Einsatz der Laserspektroskopie in den Biowissenschaften.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden lernen Anwendungsmöglichkeiten von Lasern und die erforderliche Instrumentierung kennen. Sie erfahren, welche wissenschaftlichen Fragestellungen mit Lasern untersucht werden können und welche Laserinstrumente dafür verfügbar sind. Insbesondere werden anhand aktueller Publikationen neue Forschungsergebnisse vorgestellt und diskutiert. Hierbei werden moderne Konzepte der molekularen Dynamik erarbeitet. Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffes findet eine Übung statt. Diese beinhaltet die Beschäftigung mit Übungsaufgaben bzw. aktuelle Literaturbesprechungen und Laborführungen. Es wird erwartet, dass sich die Studierenden daran aktiv beteiligen.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> MSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie										
<b>Verwendbarkeit:</b> MSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Braun										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme und Bearbeitung der Übungsaufgaben Leistungsnachweise: regelmäßige Teilnahme und Bearbeitung der Übungsaufgaben										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Prinzipien und Anwendungen von Lasern in der Chemie (Laser Chemistry)	V+Ü	2+1	5	Pf				X		X
Summe		3	5							

<b>SMSHRMI</b>	<b>Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie</b>	5 CP (insg.) = 150 h		SWS
	(Single molecule spectroscopy and high resolution microscopy)	Kontaktstudium 45 h	Selbststudium 105 h	
<b>Inhalte</b> spektroskopische und mikroskopische Verfahren der Einzelmolekülfluoreszenz: Lokalisierung einzelner Moleküle, Tracking, single-molecule FRET, Fluoreszenzlöschung; Anwendungen von Einzelmolekülmethoden zur Untersuchung der Dynamik (z.B. Diffusion, Konformation, Bindungsstudien) einzelner Moleküle (z.B. Proteine, Nukleinsäuren, Liganden) in vitro und im zellulären Kontext; Methoden zur Überwindung der optischen Auflösungsgrenze in der Fluoreszenzmikroskopie (z.B. SIM, STED, STORM / PALM); Anwendung hochauflösender Fluoreszenzmikroskopie zur Untersuchung zellulärer Strukturen; quantitative, hochauflösende Fluoreszenzmikroskopie sowie gezielte Markierungsstrategien; Anwendung von Einzelmolekülmethoden zur Messung der Dynamik von Biomolekülen; korrelative Mikroskopiemethoden mit molekularer Auflösung				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Ziel dieses Moduls ist, den Studierenden Einsichten in „state of the art“-Methoden der experimentellen Einzelmolekültechniken sowie in die hochauflösende Fluoreszenzmikroskopie zu geben. Es wird vermittelt, welche Fragestellungen wie beantwortet werden können und wo die Grenzen bzw. Schwachpunkte der jeweiligen Methoden liegen. Der methodische Hintergrund wird durch Beispiele aus der aktuellen Forschung ergänzt und vertieft. Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs wird die Vorlesung von einer Übung und eigenständiger Literaturarbeit begleitet.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> MSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> MSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Mike Heilemann				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung				
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, unbenotet				

*Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Biophysikalische Methoden*

bestehend aus: mündliche Prüfung (30–45 Min.) oder Klausur (120–180 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie (Single molecule spectroscopy and high resolution microscopy)	V+Ü	2+1	5	Pf				X		X
Summe		3	5							

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Biophysikalische Methoden

<b>ISSBPH</b>	<b>Internationale Sommerschule Biophysik</b>  (International Summer School in Biophysics)	5 CP (insg.) = 150 h				SWS				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 90 h	5						
<b>Inhalte</b> Die Internationale Sommerschule Biophysik wird in einer Kooperation der Goethe-Universität Frankfurt und der Fudan-Universität Shanghai alternierend an beiden Orten ausgerichtet. Wechselnde Dozenten beider Einrichtungen halten Blockkurse zu speziellen Themen der Biophysik und angrenzender Themengebiete für Studierende aus beiden Hochschulen.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> <i>Ziele:</i> Neben dem Verständnis des behandelten Stoffs dient das Modul zur Knüpfung von Kontakten mit ausländischen Dozenten und Studierenden. Die Durchführung eines Praktikums oder der Bachelor- bzw. Masterarbeit im Ausland kann angebahnt werden. <i>Kompetenzen:</i> Die Studierenden sollen das vermittelte Wissen sicher anwenden können. Das wissenschaftliche Englisch wird in den Vorlesungen und Diskussionsrunden geübt.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Abschluss der Module BPH2N, VEX3, VTH3. Die Teilnehmerzahl ist beschränkt.										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Das Modul eignet sich für Studierende im Masterstudiengang sowie für Studierende im Bachelorstudiengang ab dem 4. Fachsemester										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik, MSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> unregelmäßig, i.d.R. jährlich in der vorlesungsfreien Zeit nach dem SoSe										
<b>Dauer:</b> zweiwöchiger Blockkurs										
<b>Modulkoordination:</b> Wille										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Englisch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung, Seminar, Praktikum										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, unbenotet bestehend aus: Klausur (120 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Internationale Sommerschule Biophysik (International Summer School in Biophysics)	VÜSP	5	5	Pf				X		X
Summe		5	5							

<b>BPBWPS1</b>	<b>Spezialisierung Biophysikalische Methoden</b>	6–12 CP (insg.) = 180–360 h		SWS
	Specialization Biophysical Methods	Kontaktstudium 60–120 h	Selbststudium 120–240 h	4–8
<p><b>Inhalte</b> abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:</p> <p><i>Einführung in die biologische Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung:</i> Vorlesung: Die Vorlesungen werden eine Übersicht über die Grundlagen der Transmissionselektronenmikroskopie geben und verschiedene Präparationsmethoden für biologische Proben darstellen. Weiterhin werden grundlegende Bildverarbeitungsmethoden mit einem Schwerpunkt auf Strukturaufklärung mittels Elektronentomographie diskutiert. <i>Nur zusammen mit dem Praktikum absolvierbar.</i></p> <p><i>Einführung in die biologische Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung:</i> Praktikum: In den Praktika werden die Studierenden in kleinen Gruppen von maximal 3 Studierenden arbeiten. Es werden Negativkontrastierungs- und Kryofixationsmethoden eingeübt. Der Prozess der Ultramikrotomie mittels Diamantmessern wird demonstriert und die Studierenden werden selbstständig Ultradünnschnitte erstellen. Die Studierenden werden Bilder ihrer zum Teil zuvor selbst hergestellten Proben an Transmissionselektronenmikroskopen der modernsten Generation aufnehmen. Abschließend werden tomographische Daten im Computer rekonstruiert und die weiteren Bildverarbeitungsschritte an Beispielen diskutiert. <i>Nur zusammen mit der Vorlesung absolvierbar.</i></p> <p><i>Angewandte Elektronik für die Laborpraxis:</i> Schaltpläne, Schaltkreisdimensionierung, Schaltungsaufbau, Bauteilauswahl, Spannungsversorgungen, Halbleiterschaltungen, Signalverarbeitung, Filter, MSR-Anwendungen</p> <p><i>Biochemische Methoden in der Biophysik:</i> Die vorgestellten Techniken beinhalten: Methoden der Molekularbiologie (Identifikation und Isolierung von Genen, Sequenzierung, Synthese, Klonierung, Mutagenese, Expression von rekombinanten Genen); Proteinchemische Methoden (lösliche Expression, Rückfaltung von denaturierten Proteinen, Besonderheiten bei Membranproteinen, chromatographische Trennverfahren, Pufferaustausch und Konzentrieren, Immobilisieren, Kristallisieren); Analytische Methoden (Konzentrations- und Reinheitsbestimmung, Elektrophorese, Bestimmung von Bindungskonstanten und Aktivitäten); Markierungstechniken (<i>Tags</i>, chemische Label, Isotopenlabel, künstliche Aminosäuren); biochemisch relevante Datenbanken und Software</p> <p><i>Biomolekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden:</i> Experimentelle Methoden werden vorgestellt aus den Bereichen: Ultrakurzzeitspektroskopie; nichtlineare Laserspektroskopie; Einzelmolekülspektroskopie; Einzelmolekülmikroskopie; Kraftmikroskopie; Optische Pinzetten; zeitaufgelöste NMR-Spektroskopie; Massenspektrometrie; zeitaufgelöste Röntgenbeugung, Kristallographie und Elektronenbeugung. Der Informationsgehalt der verschiedenen Experimente wird anhand wichtiger Beispiele erläutert. Diese umfassen unter anderem: Protonentransfer; Bruch und Bildung chemischer Bindungen; Katalysatoren; Bildung transientser Strukturen in Flüssigkeiten; Energietransfer in Molekülen; Proteinfaltung; Enzymfunktion; Photorezeptoren; Molekulare Motoren; Photosynthese.</p> <p><i>Elektrophysiologie:</i> Das Modul vermittelt Grundkenntnisse in der Elektrophysiologie, wobei elektrochemische Prinzipien und Grundlagen zusammengestellt werden, die für das Verständnis dieses Themas wichtig sind, und es werden verschiedene elektrophysiologische Methoden sowie Möglichkeiten der Datenanalyse dargestellt. Die wichtigsten elektrischen Leitfähigkeiten einer Zellmembran bezüglich ihrer charakteristischen Eigenschaften und die Grundlagen der Erregbarkeit werden beschrieben. An Hand von Beispielen wird aufgezeigt, wie elektrophysiologische Methoden zur funktionellen Charakterisierung von Kanal- und Carriermolekülen genutzt werden können. Die Kombination von Elektrophysiologie, Molekularbiologie und Pharmakologie wird als eine wichtige Vorgehensweise dargestellt, um Erkenntnisse über Struktur, Funktion und Regulation der Membranpermeabilitäten zu gewinnen, die die Grundlage für viele zelluläre Funktionen bilden.</p>				

*Infrarotspektroskopie an Biomolekülen:* theoretische Grundlagen der Infrarotspektroskopie, praktische Ausführung der modernen Infrarotspektroskopie, Probenformen für die Infrarotspektroskopie, experimentelle und theoretische Zuordnung von Infrarotsignalen, Beispiele für die Infrarotspektroskopie in den Lebenswissenschaften oder in der Biotechnologie. Übungsaufgaben sind in die Vorlesung integriert.

*Laser- und Optoelektronik:* Mathematische Beschreibung elektromagnetischer Felder, Fourier-Transformationen, zeitliche und räumliche Wellenausbreitung, Gauß-Strahlen, geometrische Optik, optische Resonatoren, Wellendispersion. Lasergrundlagen: Strahlende Übergänge, spektrale Verbreiterung, Verstärkungssättigung, Dauerstrich- und gepulster Laserbetrieb, Modenkopplung, verschiedene Lasertypen (Gas, Festkörper, Farbstoff), Halbleiterlaser. Nichtlineare Optik: Oberwellenerzeugung, Phasenanpassung, elektrooptische Modulation, Selbstphasenmodulation, Messung optischer Pulse, Detektion optischer Strahlung.

**Die Liste von möglichen Lehrveranstaltungen für dieses Modul mit deren Kombinationsmöglichkeiten kann gemäß §12 StO ergänzt werden.**

**Sollen im Modul mehrere Lehrveranstaltungen belegt werden, so muss jede dieser Lehrveranstaltungen mit wenigstens einer der anderen im Modul zu belegenden Lehrveranstaltungen kombinierbar sein. Die Kombinierbarkeit wird in der Tabelle durch ein „X“ angezeigt.**

\*\*\*\*\* Hier wird die Kreuzchentabelle eingefügt \*\*\*\*\*

#### **Lernergebnisse / Kompetenzziele**

Das Modul ermöglicht eine weitergehende fachliche Spezialisierung zu experimentellen und theoretischen biophysikalische Arbeitsmethoden durch eine Reihe von vertiefenden Lehrveranstaltungen, aus denen die Studierenden geleitet von ihren Interessen und im Hinblick auf die Erfordernisse des Bachelorprojekts auswählen. Diese Lehrveranstaltungen bauen auf den Inhalten der Pflicht- und Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs auf und vermitteln Kenntnisse zur Herstellung eigener biophysikalischer Versuchsaufbauten und Proben, der Untersuchung dieser Proben hinsichtlich ihrer spektroskopischen, strukturellen und dynamischen Eigenschaften, sowie der Verfahren zur Datenanalyse und -auswertung und deren theoretischem Hintergrund.

Nach der Absolvierung des Moduls können die Studierenden:

- die Funktionsprinzipien der vorgestellten Methoden erläutern
- typische Anwendungsfälle der vorgestellten Methoden benennen
- für eine gegebene Fragestellung eine geeignete Methode auswählen
- Vor- und Nachteile einer Methode im Vergleich mit möglichen Alternativen abwägen
- Limitationen einer Methode erkennen
- mit einer Methode gewonnene Ergebnisse hinsichtlich ihrer Aussagekraft und Limitationen zu bewerten

#### **Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls**

keine

#### **Empfohlene Vorkenntnisse:**

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:

*Einführung in die biologische Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung* : Grundlagenkenntnisse in Optik (z.B. Lichtmikroskopie)

*Einführung in die biologische Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung* : Grundlagenkenntnisse in Optik (z.B. Lichtmikroskopie)

*Angewandte Elektronik für die Laborpraxis* : Grundbegriffe der Elektrizitätslehre und Elektrodynamik (Elektrisches Potenzial, Spannung, Strom, Widerstand, Leistung, elektrische Netzwerke, Kondensator, Spule, Induktion, Wechselspannung, Impedanz). Grundbegriffe der Atom- und Quantenphysik (Atomaufbau, Valenzelektronen, Absorption und Emission, Potenzialtöpfe). Grundkenntnisse der Halbleiterphysik (Leitungs- und Valenzband, Dotierung, pn-Übergänge) sind wünschenswert.

*Biochemische Methoden in der Biophysik* : Grundbegriffe der allg. und anorganischen Chemie (Begriffe: Stoffmenge, Konzentration, Reaktionsgeschwindigkeit und -gleichgewicht, pH-Wert; Funktionsweise von Puffern), Struktur von Nukleinsäuren und Proteinen, Grundlagen der elektronischen Spektroskopie (Absorptionskoeffizient, Lambert-Beer'sches Gesetz, Fluoreszenz) Grundkenntnisse der Biochemie (Stoffwechsel von Pro- und Eukaryoten) und der organischen Chemie (grundlegende Reaktionstypen) sind wünschenswert

*Biomolekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden* : keine  
*Elektrophysiologie* : Inhalte der Vorlesungen Biophysik I oder Biophysik Nebenfach

*Infrarotspektroskopie an Biomolekülen* : Grundlagen des Aufbaus und der Eigenschaften biologischer Moleküle, beispielsweise aus den Vorlesungen Biophysik I oder der Vorlesung Biophysik Nebenfach

*Laser- und Optoelektronik* : Inhalt der Veranstaltungen *Experimentalphysik 1-4, Theoretische Physik 1-4, Anfängerpraktikum 1-2*

**Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):** BSc Biophysik / FB Physik

**Verwendbarkeit:** BSc Biophysik

**Häufigkeit des Angebots:** jedes Sem.

**Dauer:** ein- oder zweisemestrig

**Modulkoordination:** Mäntele

**Unterrichts-/Prüfungssprache:** Deutsch

**Studiennachweise**

Teilnahmenachweise: im Fall von Lehrveranstaltungen mit begleitenden Übungen regelmäßige Teilnahme an den Übungen, ansonsten keine

Leistungsnachweise: im Fall von Lehrveranstaltungen mit begleitenden Übungen regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen, ansonsten Nachweise für die Studienleistungen gemäß §15(6) StO nach Festlegung des Lehrveranstaltungsleiters zu Beginn der Veranstaltung

**Lehr-/Lernformen:** Vorlesungen, Übungen, Seminare, Praktika

**Modulprüfung**

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Biophysikalische Methoden

keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die biologische Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung (Introduction to Biological Electron Cryo Microscopy and Image Analysis)	V	1	1.5	WP				X	X	X
Einführung in die biologische Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung (Introduction to Biological Electron Cryo Microscopy and Image Analysis)	P	1	1.5	WP				X	X	X
Angewandte Elektronik für die Laborpraxis (Practical Electronics for Laboratory Applications)	V+Ü	2	3	WP				X		X
Biochemische Methoden in der Biophysik (Biochemical Methods in Biophysics)	V	2	3	WP		X		X		X
Biomolekulare Dynamik — Messmethoden und Anwendungen von Femtosekunden bis Sekunden (Biomolecular Dynamics — Measuring Methods and Applications from Femtoseconds to Seconds)	V	2	3	WP		X		X		X
Elektrophysiologie (Electrophysiology)	V	2	3	WP			X		X	
Infrarotspektroskopie an Biomolekülen (Infrared Spectroscopy of Biomolecules)	V+Ü	2	3	WP			X		X	
Laser- und Optoelektronik (Laser and Optoelectronics)	V	2	3	WP					X	
Summe		4–8	6–12							

## 1.2.2 Wahlpflichtbereich Biologie

BPHBIO1	<b>Biologie 1: Struktur und Funktion der Organismen</b>	6 CP (insg.) = 180 h		SWS 4
	(Biology 1: Structure and Function of Organisms)	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	
<b>Inhalte</b> In dieser Veranstaltung wird eine Einführung in die Biologie gegeben. Wichtige Kenntnisse über den Bau und die Funktion pflanzlicher und tierischer Zellen werden in Bezug gesetzt zu Bauplänen von Organismen, wobei funktionelle und evolutionäre Zusammenhänge auf den unterschiedlichen Organisationsebenen der belebten Natur behandelt werden. Die Inhalte umfassen Zellbiologie, funktionelle Organisation der Pflanzen, funktionelle Organisation der Tiere, Evolution und Anthropologie. <b>adaptiert nach Modulbeschreibung in BSc Biowissenschaften</b>				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erarbeiten sich in der Vorlesung und der selbständigen Vor- und Nachbereitung komplexes Faktenwissen über den Bau und die Funktion pflanzlicher und tierischer Organismen. Sie lernen, Kenntnisse über den Bau und die Funktion pflanzlicher und tierischer Zellen in Bezug zu setzen mit den Bauplänen von Organismen, wobei funktionelle und evolutionäre Zusammenhänge auf den unterschiedlichen Organisationsebenen der belebten Natur behandelt werden.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Claudia Büchel, Prof. Dr. Manfred Kössl				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung				
<b>Modulprüfung</b> kumulative Modulprüfung, unbenotet bestehend aus: zwei Klausuren (je 60 Min.)				

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Biologie

Bildung der Modulnote: arithmetisches Mittel der Einzelnoten										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Struktur und Funktion der Organismen (Biology 1: Structure and Function of Organisms)	V	4	6	Pf	X		X		X	
Summe		4	6							

<b>BSCBIOW9</b>	<b>Ökologie und Evolutionsbiologie</b>	6 CP (insg.) = 180 h		SWS 4
	Ecology and Evolutionary Biology	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	
<p><b>Inhalte</b> Die Vorlesung gibt eine Einführung in den gesamten Bereich der Ökologie und behandelt Evolutionsprozesse von der Entstehung des Lebens auf der Erde bis heute. Es werden ökologische Grundbegriffe und Grundtatsachen (Ökologiebegriff, Autökologie, Populationsökologie, Evolutionsökologie, Wechselbeziehungen zwischen Arten, Biozönosen und Ökosysteme) einführend behandelt. Darüber hinaus werden wichtige Ökosysteme (Meere, Flüsse, Seen, Wälder, Ökosysteme der Kulturlandschaft, Siedlung) vorgestellt. Großer Wert wird auch auf die angewandte Ökologie (Bioindikation/Biomonitoring, Umweltschutz, Ökotoxikologie, nachhaltige Entwicklung, Arten- und Biotopschutz) und die Zusammenhänge zwischen Physiologie und Ökologie gelegt. Daneben werden grundlegende Prozesse behandelt, die dem Evolutionsgeschehen zugrunde liegen: Replikation, Mutation, Variation, Drift, Selektion, Gen-Genealogie, Artbildung und Makroevolution. Auch der Aussagegehalt fossiler Funde und ihre Interpretation werden kritisch präsentiert. Weitere Themen sind Genotyp-Phänotyp-Wechselwirkungen, die Evolution von Entwicklungsgenen, Coevolution und die Evolution der Menschen. Es wird gezeigt, wie Aussterbeereignisse und neue adaptive Radiationen zur heutigen biologischen Vielfalt (Biodiversität) geführt haben und wie der menschliche Einfluss auf Ökologie- und Evolutions-Prozesse vielfältig wirksam ist.</p> <p><b>Besondere Hinweise:</b> Der erfolgreiche Abschluss des Moduls ist Voraussetzung für die Teilnahme an den Modulen BSc-Biow-12A, BSc-Biow-13A, BSc-Biow-14A und BSc-Biow-15A.</p>				
<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden kennen ökologische Grundbegriffe und verstehen grundlegende ökologische Zusammenhänge. Sie kennen die flächenmäßig bedeutendsten Ökosysteme und können aktuelle Umweltprobleme einschätzen und diskutieren. Sie erkennen die vielfältigen Wechselbeziehungen und auch Unterschiede zwischen ökologischen und evolutionsbiologischen Prozessen. Die Studierenden verstehen die erkenntnistheoretische Grundlage moderner evolutionsbiologischer Erklärungsmodelle und auch die Grenzen der Erkenntnis; sie kennen die Grundbegriffe und Konzepte. Sie haben Fragestellungen, Untersuchungsansätze und Methoden anhand ausgewählter rezenter Evolutionsprozesse erlernt und einen Überblick über den Ablauf der biologischen Evolution und der biologischen Vielfalt im Laufe der Erdgeschichte erworben.</p>				
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine</p>				
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Erfolgreicher Abschluss von Modul BSc-Biow-1 und BSc-Biow-6a und BSc-Biow-6b</p>				
<p><b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften</p>				
<p><b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik</p>				
<p><b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich</p>				
<p><b>Dauer:</b> 2. Hälfte WS</p>				
<p><b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Wolfgang Brüggemann</p>				
<p><b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch</p>				
<p><b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine</p>				

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Biologie

<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung										
<b>Modulprüfung</b>										
Modulabschlussprüfung, unbenotet										
bestehend aus: Klausur (90 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Ökologie und Evolutionsbiologie (Ecology and Evolutionary Biology)	V	4	6	Pf			X		X	
Summe		4	6							

<b>BSC- BIOW10</b>	<b>Neurobiologie, Zell- und Entwicklungs- biologie</b>	6 CP (insg.) = 180 h		SWS  4
	Neurobiology , Cell- and Developmental Bio- logy	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	
<p><b>Inhalte</b> Das Modul vermittelt die Grundlagen der Zell- und Entwicklungsbiologie sowie der zellulären und systemischen Neurobiologie. Wesentliche Inhalte der Vorlesungen sind Aufbau von Zellmembranen, Struktur, Funktion und Biogenese von Zellorganellen, Transport von Proteinen, Mechanismen der zellulären Signalübertragung, Funktion und Aufbau des Cytoskeletts, die Zell-Zellerkennung und die molekulare Biologie des Zellzyklus, Struktur und Funktion von Nervenzellen, Gliazellen und von Nervensystemen, Entstehung von Membranpotential und Aktionspotentialen, synaptische Übertragung, Neurotransmitter und ihre Rezeptoren, einfache neuronale Verschaltungen, funktioneller Aufbau des Vertebratenhirns, neuronale Plastizität und Gedächtnis, Sinnesphysiologie und Sinnesverarbeitung an ausgewählten Beispielen. Evolutionäre, ontogenetische und ökophysiologische Aspekte werden mit dargestellt.</p> <p><b>Besondere Hinweise:</b> Der erfolgreiche Abschluss des Moduls ist Voraussetzung für die Teilnahme an den Modulen BSc-Biow-13B, BSc-Biow-13B, BSc-Biow-15B.</p>				
<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Dieses Modul gibt eine Einführung in die molekulare und strukturelle Funktionsweise von Zellen und die Funktionsweise von Nervensystemen in ihrer evolutiven und interspezifischen Vielfalt. Die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lernen die chemische Struktur der Basismoleküle des Lebens (Aminosäuren, Zucker, Fettsäuren etc.) kennen.</li> <li>• sind in der Lage, die primären Stoffwechselwege der Energiegewinnung zu verstehen.</li> <li>• verstehen den Aufbau und die Organisation von Zellen.</li> <li>• lernen die Verbindung zwischen molekularen Lebensvorgängen und der Zellstruktur bzw. -organisation zu erkennen.</li> <li>• überblicken die molekularen Grundlagen der Signaltransduktion und des Zellzyklus.</li> <li>• verstehen die molekularen Zusammenhänge zwischen Störungen des Zellstoffwechsels, des Zellzyklus und der Entstehung von Krankheiten.</li> <li>• lernen die Strukturen neuronaler Funktionssysteme auf Zell- und Organniveau kennen.</li> <li>• überblicken Nervensysteme unterschiedlicher tierischer Organisationsstufen.</li> <li>• sind in der Lage, die funktionalen Aspekte inkl. der integrativen Steuerung von Nervensystemen zu verstehen.</li> <li>• verstehen evolutionäre und ontogenetische Entwicklungen von Nervensystemen.</li> <li>• lernen, mögliche Einflussbereiche interner (z.B. Hormonfaktoren) und externer Faktoren (z.B. Medikamente) auf das Gehirn zu erkennen.</li> </ul>				
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine</p>				
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine</p>				
<p><b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften</p>				

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Biologie

<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> 1. Hälfte SS										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Manfred Kössl										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet bestehend aus: Klausur (90 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Neurobiologie, Zell- und Entwicklungsbiologie (Neurobiology, Cell and Developmental Biology)	V	4	6	Pf				X		
Summe		4	6							

<b>BSc- BIOW11</b>	<b>Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie</b>	6 CP (insg.) = 180 h		SWS
	Plant Physiology and Microbiology	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	4
<p><b>Inhalte</b>                  In der Vorlesung werden folgende Inhalte vermittelt: Funktionen der Kompartimente in Pflanzenzellen, primäre und sekundäre Reaktionen der Photosynthese; C4- und CAM-Pflanzen; photosynthetischer Energiestoffwechsel, Bildung, Transport, Speicherung und Mobilisierung von Assimilaten, Besonderheiten des pflanzlichen Lipid-, Protein- und Kohlenhydrat-Stoffwechsels, Wasserhaushalt und Wassertransport, Aufnahme und Transport von Mineralstoffen, Stickstoff- und Schwefelstoffwechsel, Mykorrhiza- und Wurzelknöllchen-Symbiosen, Regulation der Pflanzenentwicklung; Hormone, Lichtrezeptoren, Photomorphogenese, Anpassungen von Pflanzen an abiotische Stressfaktoren und Schaderreger, Struktur und Funktion der prokaryotischen Zelle, Wachstum mikrobieller Populationen, Struktur, Klassifikation und Ökologie von Hyphenpilzen und Hefen sowie ihre Bedeutung für den Menschen, Diversität des aeroben, heterotrophen Stoffwechsels, Gärungen und ihre Anwendung, Anaerobe Atmungen, Evolution, Systematik und Physiologie von Archaeen, Systematik und Physiologie ausgewählter Bakterien, Biogeochemie: Stoffzyklen, Biotechnologie, Mikrobielle Ökologie, Interaktionen von Pflanzen und Mikroben, Interaktionen von Tieren/Menschen und Mikroben.  <b>Besondere Hinweise:</b> Der erfolgreiche Abschluss des Moduls ist Voraussetzung für die Teilnahme an den Modulen BSc-Biow-12C und BSc-Biow-13C.</p>				
<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>                  Die Studierenden sollen über ein sicheres und strukturiertes Wissen über die wesentlichen Inhalte der Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie verfügen. Die einschlägigen Fachbegriffe werden beherrschbar und können richtig angewendet werden. Die Kombination beider Themengebiete erlaubt einen Einblick in die physiologischen Prozesse und deren Koordination auf der molekularen, zellulären und organismischen Ebene.</p>				
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>                  keine</p>				
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>                  keine</p>				
<p><b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften</p>				
<p><b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik</p>				
<p><b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im WS</p>				
<p><b>Dauer:</b> einsemestrig</p>				
<p><b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Volker Müller</p>				
<p><b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch</p>				
<p><b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b>                  Teilnahmenachweise: keine                  Leistungsnachweise: keine                  Prüfungsvorleistungen: keine</p>				
<p><b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung</p>				
<p><b>Modulprüfung</b>                  Modulabschlussprüfung, unbenotet</p>				

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Biologie

bestehend aus: Klausur (90 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie (Plant Physiology and Microbiology)	V	4	6	Pf			X		X	
Summe		4	6							

<b>BPBWPS2</b>	<b>Ergänzung Biologie</b>	6–9 CP (insg.) = 180–270 h		SWS
	Complementary Topics in Biology	Kontaktstudium 60–90 h	Selbststudium 120–180 h	
<p><b>Inhalte</b> abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:</p> <p><i>Biophysikalische Grundlagen biologischer Energiewandlung:</i> Grundlagen der Thermodynamik für offene Systeme; Grundlagen der Gewinnung chemischer Energie aus Spaltungsreaktionen; Grundlagen der Photosynthese; Strukturen, Funktion und Reaktionsmechanismen von ATPasen; Aufbau und Funktion der Atmungskette; Grundlagen von molekularen Motoren; Grundlagen der Biolumineszenz; Struktur, Funktion und Dynamik von Retinalproteinen</p> <p><i>Strahlen- und Umweltbiophysik:</i> Grundlagen der Wechselwirkung ionisierender und nichtionisierender Strahlung mit Materie; Grundbegriffe von Dosis, Dosimetrie; gesetzliche Grundlagen des Strahlenschutzes; Anwendungen von Teilchenstrahlung und elektromagnetischer Strahlung in der Medizin; natürliche und künstliche Radioaktivität; nicht-ionisierende Strahlung. Übungen sind in die Vorlesung integriert.</p> <p><i>Ökotoxikologie:</i> Eintragspfade von Schadstoffen in Ökosysteme, Verhalten von Schadstoffen in Umweltkompartimenten, Langstreckentransport von Chemikalien, Persistenz und abiotische Umwandlung, Toxikokinetik und Toxikodynamik, Aufnahme und Akkumulation von Schadstoffen, Verteilung, Umwandlung und Ausscheidung durch Organismen, Charakterisierung von Vergiftungen, Wirkmechanismen und Dosis-Wirkungsbeziehungen, Biologische Testverfahren, Umweltrisikobewertung von Chemikalien, Grenzwerte und ihre Ableitung, Biomonitoring und Bioindikation, Fallbeispiele für Schadstoffwirkungen</p> <p><i>Einführung in die Humantoxikologie:</i> In der Vorlesung wird eine Einführung in alle Bereiche der Humantoxikologie gegeben. Neben den toxikologischen Grundlagen (Allgemeine Toxikologie; Teil 1 der Vorlesung) wird die Toxikologie wichtiger Organsysteme (Teil 2) und exemplarischer Substanzgruppen (Teil 3) als Grundlegung der Speziellen Toxikologie vermittelt. Im Teil 1 werden die Aufgaben der Toxikologie charakterisiert und Toxikodynamik und Toxikokinetik als die beiden Hauptdisziplinen der Toxikologie näher beleuchtet. Allgemeine Regeln der Wirkungscharakterisierung von Schadstoffen und der Beschreibung von Wirkungsmechanismen werden thematisiert. In der Toxikokinetik werden Gesetzmäßigkeiten von Aufnahme, Verteilung, Abbau und Ausscheidung toxischer Substanzen durch den menschlichen Organismus dargestellt. Schließlich sind die Toxizitätsbewertung gefährlicher Substanzen und die Behandlung von Vergiftungen weitere Themenkreise. Im Teil 2 werden toxische Wirkungen von Substanzen auf die Verdauungs- und Ausscheidungsorgane, das Blut und die blutbildenden Organe, das Immun- und Nervensystem (inkl. Sinnesorgane) sowie Haut und Lunge dargestellt. Besonders Augenmerk wird auf fruchtschädigende (teratogene), krebserregende (kanzerogene) und hormonähnliche (endokrine) Wirkungen von gefährlichen Stoffen gelegt. Im letzten Vorlesungsabschnitt werden exemplarisch unterschiedliche Substanzgruppen und ihre toxischen Wirkungen vorgestellt. Hierzu gehören neben den Metallen und Metalloiden auch aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, organische Stickstoffverbindungen, halogenierte Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Ether, Phosphorsäureester, Carbamate und Alkylanzien.</p> <p><b>Die Liste von möglichen Lehrveranstaltungen für dieses Modul mit deren Kombinationsmöglichkeiten kann gemäß §12 StO ergänzt werden. Sollen im Modul mehrere Lehrveranstaltungen belegt werden, so muss jede dieser Lehrveranstaltungen mit wenigstens einer der anderen im Modul zu belegenden Lehrveranstaltungen kombinierbar sein. Die Kombinierbarkeit wird in der Tabelle durch ein „X“ angezeigt.</b></p> <p>***** Hier wird die Kreuzchentabelle eingefügt *****</p>				

**Lernergebnisse / Kompetenzziele**

Das Modul bietet eine Ergänzung zu den obligatorischen Biologiemodulen des Studiengangs mit Schwerpunkten bei Fragestellungen zum Stoffwechsel verschiedener Organismenklassen oder bei ökologischen und toxikologischen Themen. Aus den angebotenen Lehrveranstaltungen wählen die Studierenden geleitet von ihren Interessen und im Hinblick auf die Erfordernisse des Bachelorprojekts aus. Einige der Vorlesungen in diesem Modul sind darüber hinaus Voraussetzungen für die Teilnahme an Praktika im Wahlpflichtbereich Biologie.

Nach der Absolvierung des Moduls können die Studierenden:

- die evolutionäre, strukturelle und chemische Vielfalt biologischer Systeme überblicken und Systeme einordnen
- wichtige Eigenschaften der besprochenen biologischen Systeme benennen
- Triebkräfte von Veränderungen in biologischen Systemen benennen
- in den Lehrveranstaltungen besprochene abstrakte Konzepte an konkreten biologischen Systemen anwenden
- die zeitliche Entwicklung eines biologischen Systems und seine Reaktion auf äußere Einflüsse qualitativ beschreiben
- energetische Größen bei Stoffwechselprozessen abschätzen
- den theoretischen Hintergrund für experimentelle Untersuchungsmethoden biologischer Systeme erläutern

**Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls**  
keine

**Empfohlene Vorkenntnisse:**

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:

*Biophysikalische Grundlagen biologischer Energiewandlung* : Grundlagen der chemischen Thermodynamik, beispielsweise aus der Vorlesung Physikalische Chemie I, sowie Grundlagen des Aufbaus biologischer Makromoleküle, beispielsweise aus den Vorlesungen Biophysik I und Biochemie

*Strahlen- und Umweltbiophysik* : Grundlagen des Atommodells und des Aufbaus der Atomkerne, beispielsweise aus der Vorlesung Experimentalvorlesung 3 (Atome und Quanten)

*Ökotoxikologie* : keine

*Einführung in die Humantoxikologie* : keine

**Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):** BSc Biophysik / FB Biowissenschaften; Chemie, Biochemie und Pharmazie; Physik

**Verwendbarkeit:** BSc Biophysik

**Häufigkeit des Angebots:** jedes Sem.

**Dauer:** ein- oder zweisemestrig

**Modulkoordination:** Mäntele

**Unterrichts-/Prüfungssprache:** Deutsch

**Studiennachweise**

Teilnahmenachweise: im Fall von Lehrveranstaltungen mit begleitenden Übungen regelmäßige Teilnahme an den Übungen, ansonsten keine

Leistungsnachweise: im Fall von Lehrveranstaltungen mit begleitenden Übungen regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen, ansonsten Nachweise für die Studienleistungen gemäß §15(6) StO nach Festlegung des Lehrveranstaltungsleiters zu Beginn der Veranstaltung										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesungen, Übungen, Seminare										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Biophysikalische Grundlagen biologischer Energiewandlung (Biophysical Foundations of Biological Energy Conversion)	V	2	3	WP		X		X		X
Strahlen- und Umweltbiophysik (Radiation and Environmental Biophysics)	V+Ü	2	3	WP		X		X		X
Ökotoxikologie (Ecotoxicology)	V	2	3	WP			X		X	
Einführung in die Humantoxikologie (Introduction to human toxicology)	V	2	3	WP		X		X		X
Summe		4-6	6-9							

*Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik*  
*Wahlpflichtbereich Biologie*

Vorlesungen, die Teilnahmevoraussetzungen für die in den nachfolgenden Modulen „**BIOW**—“ enthaltenen biologischen Praktika darstellen, sind in den Modulen „**BSCBIOW**—“ enthalten, die auf den vorangegangenen Seiten beschrieben sind.

<b>BIOW12C</b>	<b>Spezialisierung 1 — Molekulare Mikrobiologie</b>  (Specialization 1 — Molecular Microbiology)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS  4				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h							
<b>Inhalte</b> Vermittlung und Erlernen grundlegender Methoden der molekularen Mikrobiologie und mikrobiellen Biochemie einschließlich grundlegender Untersuchungsmethoden zur Stoffwechselregulation und mikrobiellen Genetik.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erlernen grundlegende mikrobiologische, molekulare, genetische und biochemische Labortechniken. Zudem sind die Studierenden zu einer quantitativen Auswertung und kritischen Betrachtung der Versuchsergebnisse sowie zur problembezogenen Planung von Versuchsansätzen als Voraussetzung auf eine entsprechende Bachelorarbeit befähigt.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Voraussetzung für die Teilnahme ist der erfolgreiche Abschluss der Module 1 (Struktur und Funktion der Organismen), 5 (Statistik), 6a und 6b (Diversität der Organismen) und der erfolgreiche Abschluss des Moduls 11 (Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie). Abweichungen von diesen Voraussetzungen für Studierende anderer Studiengänge als BSc Biowissenschaften sind nach Rücksprache mit dem/der Modulverantwortlichen <i>vor</i> der Teilnahme am Modul möglich.										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biowissenschaften										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im SoSe										
<b>Dauer:</b> 1/2 Semester										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Beate Averhoff										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Protokolle										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum, Seminar										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Molekulare Mikrobiologie (Specialization 1 — Molecular Microbiology)	P+S	4	6	Pf				X		X
Summe		6	6							

<b>BIOW13B</b>	<b>Spezialisierung 2 — Neurobiologie I</b> (Specialization 2 — Neurobiology I)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS 4				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h							
<b>Inhalte</b> Vermittlung und Erlernen grundlegender Methoden der Neurobiologie, einschließlich histologischer Untersuchungen von Nervengewebe und von Sinnesorganen, grundlegender elektrophysiologischer Versuchsaufbauten, psychophysischer Untersuchungsansätze, Simulation von neuronaler Aktivität.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erlernen grundlegende neurobiologische Arbeitsweisen zum Verständnis experimenteller Herangehensweisen in der Neurobiologie und zur Vorbereitung auf eine entsprechende Bachelorarbeit.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Voraussetzung für die Teilnahme ist der erfolgreiche Abschluss des Moduls 1 (Struktur und Funktion der Organismen) und der erfolgreiche Abschluss der Vorlesung „Neurobiologie“ des Moduls 10 (Neurobiologie und Tierphysiologie). Abweichungen von diesen Voraussetzungen für Studierende anderer Studiengänge als BSc Biowissenschaften sind nach Rücksprache mit dem/der Modulverantwortlichen <i>vor</i> der Teilnahme am Modul möglich.										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Modul 5 (Statistik), 6a und 6b (Diversität der Organismen) und die Vorlesung „Tierphysiologie“ des Moduls 10.										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biowissenschaften										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im SoSe										
<b>Dauer:</b> 1/2 Semester										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Bernd Grünewald										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Protokolle										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum, Seminar										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Neurobiologie I (Specialization 2 — Neurobiology I)	P+S	4	6	Pf				X		X
Summe		6	6							

<b>BIOW13C</b>	<b>Spezialisierung 2 — Molekulare Pflanzenphysiologie</b>	6 CP (insg.) = 180 h				SWS				
	(Specialization 2 — Molecular Plant Physiology)	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	4						
<b>Inhalte</b> Vermittlung und Erlernen grundlegender Methoden der molekularen Pflanzen- sowie Entwicklungsphysiologie, einschließlich grundlegender Untersuchungsmethoden zur pflanzlichen Biochemie und zur Stoffwechselregulation.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erlernen grundlegende pflanzenphysiologische, biochemische und biophysikalische Labortechniken. Zudem sind die Studierenden zu einer quantitativen Auswertung und kritischen Betrachtung der Versuchsergebnisse sowie zur problembezogenen Planung von Versuchsansätzen als Voraussetzung auf eine entsprechende Bachelorarbeit befähigt.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Voraussetzung für die Teilnahme ist der erfolgreiche Abschluss der Module 1 (Struktur und Funktion der Organismen), 2a/b (Allgemeine und anorganische Chemie), 3 (Bioorganische Chemie), 5 (Statistik) und der erfolgreiche Abschluss des Moduls 11 (Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie). Abweichungen von diesen Voraussetzungen für Studierende anderer Studiengänge als BSc Biowissenschaften sind nach Rücksprache mit dem/der Modulverantwortlichen vor der Teilnahme am Modul möglich.										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Der erfolgreiche Abschluss der 6a und 6b (Diversität der Organismen) und die bestandene Teilklausur Ökologie des Moduls 9 wird empfohlen.										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biowissenschaften										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im SoSe										
<b>Dauer:</b> 1/2 Semester										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Claudia Büchel										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Protokolle										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum, Seminar										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Molekulare Pflanzenphysiologie (Specialization 2 — Molecular Plant Physiology)	P+S	4	6	Pf				X		X
Summe		6	6							

<b>BIOW14B</b>	<b>Spezialisierung 3 — Zellbiologie</b> (Specialization 3 — Cell Biology)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS 4				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h							
<b>Inhalte</b> In dem Praktikum werden typische experimentelle Ansätze des Faches praktisch durchgeführt. Dazu zählen z.B. verschiedene mikroskopische Verfahren, Färbetechniken und Einsatz von niedermolekularen Substanzen zur Beeinflussung der zellulären Funktionen.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden kennen den Aufbau von eukaryontischen und prokaryontischen Zellen und verstehen die Funktionsweise der verschiedenen Zellbestandteile. Sie erarbeiten sich vertiefende Kenntnisse über verschiedene Zelltypen, ihre Differenzierung und Entwicklung.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Voraussetzung für die Teilnahme ist der erfolgreiche Abschluss der Module 1 (Struktur und Funktion der Organismen), 5 (Statistik), 6a und 6b (Diversität der Organismen) und der erfolgreiche Abschluss des Moduls 7 (Biochemie und Zellbiologie). Abweichungen von diesen Voraussetzungen für Studierende anderer Studiengänge als BSc Biowissenschaften sind nach Rücksprache mit dem/der Modulverantwortlichen <i>vor</i> der Teilnahme am Modul möglich.										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Der erfolgreiche Abschluss der 6a und 6b (Diversität der Organismen) und die bestandene Teilklausur Ökologie des Moduls 9 wird empfohlen.										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biowissenschaften										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im WS										
<b>Dauer:</b> 1/2 Semester										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Anna Starzinski-Powitz										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Protokolle										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum, Seminar										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Zellbiologie (Specialization 3 — Cell Biology)	P+S	4	6	Pf					X	
Summe		6	6							

<b>BIOW14C</b>	<b>Spezialisierung 3 — Genetik</b> (Specialization 3 — Genetics)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS 4
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h			
<b>Inhalte</b> In dem Praktikum Genetik werden Methoden der klassischen wie der molekularen Genetik durchgeführt. Typische Methoden der rekombinanten DNA-Technologie werden verwendet.						
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erlangen eine Übersicht über die Methoden der klassischen und molekularen Genetik (Selektionsverfahren, Rekombinante DNA-Technologie, Erzeugung gentechnisch veränderter Organismen) und verstehen die molekularen Mechanismen der Vererbung und der Expression des genetischen Materials.						
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Voraussetzung für die Teilnahme ist der erfolgreiche Abschluss der Module 1 (Struktur und Funktion der Organismen), 5 (Statistik), 6a und 6b (Diversität der Organismen) und der erfolgreiche Abschluss des Moduls 8 (Molekularbiologie und Genetik). Abweichungen von diesen Voraussetzungen für Studierende anderer Studiengänge als BSc Biowissenschaften sind nach Rücksprache mit dem/der Modulverantwortlichen <i>vor</i> der Teilnahme am Modul möglich.						
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>						
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften						
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biowissenschaften						
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im WS						
<b>Dauer:</b> 1/2 Semester						
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Karl-Dieter Entian						
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch						
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Protokolle						
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum, Seminar						
<b>Modulprüfung</b> keine						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Genetik (Specialization 3 — Genetics)		P+S	4	6	Pf	X
Summe			6	6		

<b>BIOW15B</b>	<b>Spezialisierung 4 — Neurobiologie II</b> (Specialization 4 — Neurobiology II)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS 4				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h							
<b>Inhalte</b> Es werden grundlegende Methoden der Neurobiologie praktisch angewendet. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der zellulären und molekularen Neurobiologie										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erarbeiten sich unter Anwendung zellbiologischer und molekularbiologischer Untersuchungstechniken einen Überblick über die molekularen Funktionen von Nervenzellen und ihrer Interaktionen mit anderen Zellen.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Voraussetzung für die Teilnahme ist der erfolgreiche Abschluss der Module 1 (Struktur und Funktion der Organismen), 5 (Statistik), 6a und 6b (Diversität der Organismen) und der erfolgreiche Abschluss des Moduls 10 (Neurobiologie und Tierphysiologie). Abweichungen von diesen Voraussetzungen für Studierende anderer Studiengänge als BSc Biowissenschaften sind nach Rücksprache mit dem/der Modulverantwortlichen vor der Teilnahme am Modul möglich.										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biowissenschaften										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im WS										
<b>Dauer:</b> 1/2 Semester										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Amparo Acker-Palmer										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Protokolle										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum, Seminar										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Neurobiologie II (Specialization 4 — Neurobiology II)	P+S	4	6	Pf					X	
Summe		6	6							

<b>BIOW15C</b>	<b>Spezialisierung 4 — Molekularbiologie</b>	6 CP (insg.) = 180 h				SWS				
	(Specialization 4 — Molecular Biology)	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h							
<b>Inhalte</b> In dem Praktikum werden ausgewählte Arbeitstechniken der Molekularbiologie angewendet, um ein molekulares Verständnis zellulärer Vorgänge zu erreichen.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden wenden verschiedene Methoden der Molekularbiologie an und erlangen ein tiefgehendes Verständnis des Aufbaus, der Funktionen und Interaktionen verschiedener Arten von Biomolekülen.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> Voraussetzung für die Teilnahme ist der erfolgreiche Abschluss der Module 1 (Struktur und Funktion der Organismen), 5 (Statistik), 6a und 6b (Diversität der Organismen) und der erfolgreiche Abschluss des Moduls 8 (Molekularbiologie und Genetik). Abweichungen von diesen Voraussetzungen für Studierende anderer Studiengänge als BSc Biowissenschaften sind nach Rücksprache mit dem/der Modulverantwortlichen <i>vor</i> der Teilnahme am Modul möglich.										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biowissenschaften / FB Biowissenschaften										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biowissenschaften										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im WS										
<b>Dauer:</b> 1/2 Semester										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Jörg Soppa										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: aktive Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: Protokolle										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum, Seminar										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Molekularbiologie (Specialization 4 — Molecular Biology)	P+S	4	6	Pf					X	
Summe		6	6							

### 1.2.3 Wahlpflichtbereich Programmierung und wissenschaftliche Datenverarbeitung

<b>BIOINF</b>	<b>Bioinformatik</b> (Foundations of Bioinformatics)	6 CP (insg.) = 180 h		SWS 4
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	
<b>Inhalte</b> Grundlagen der Struktur und Funktion biologischer Makromoleküle, Aufbau und Erstellung von Sequenz- und Strukturdatenbanken, Daten-Retrieval, www-basierte Bioinformatikdienste. Mustersuche in Sequenzen, Signalsequenzen, Sekundärstrukturelemente, Prinzipien von lokalen und globalen Alignmentmethoden, BLAST, FASTA, Signifikanzabschätzung für Sequenzalignments, strukturelles Alignment, hierarchische und nicht-hierarchische Clusterverfahren, Berechnung von Dendrogrammen, Homologiemodellierung. Prinzipien der Rezeptor-Liganden Wechselwirkung, Pharmakophorkonzept, chemische Ähnlichkeitssuche, SMILES, Prinzipien der Berechnung physikochemischer Moleküleigenschaften, physikalische und wissenschaftsbasierte Kraftfeldmodelle, Konformerenergieberechnung, Dockingverfahren, Grundlagen molekularer Graphen und Graphalgorithmen, Strukturnormalisierung, Prinzipien des Moleküldesigns. Datenskalierung, Hauptkomponentenanalyse (PCA), t-Test, KS-Test. Prinzipien maschineller Lernverfahren, Funktionenschätzung, lineare Klassifizierer, Perzeptron, mehrschichtige Feed-Forward-Netze, Backpropagation-of-Errors, RBF-Netze, probabilistische neuronale Netze (PNN), Support-Vector-Machine Konzept, Self-Organizing-Map (SOM), QSAR-Modellierung. Prinzip stochastischer Optimierungsverfahren, Monte-Carlo Ansatz, Evolutionsstrategie, Genetische Algorithmen, Particle Swarm Optimization. Vorstellung des Berufsbilds Bioinformatiker/in.				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden sollen Prinzipien bioinformatischer Algorithmen kennenlernen und diese hinsichtlich ihrer Einsatzmöglichkeiten beurteilen und einsetzen können.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Grundlagen des Aufbaus und der Eigenschaften biologischer Moleküle				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Bioinformatik / FB Mathematik, Informatik				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik, MSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> als Block nach Ankündigung				
<b>Modulkoordination:</b>				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung				
<b>Modulprüfung</b>				

*Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik*  
*Wahlpflichtbereich Programmierung und wissenschaftliche Datenverarbeitung*

Modulabschlussprüfung, unbenotet bestehend aus: Klausur (120 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Strukturelle Bioinformatik (Foundations of Bioinformatics)	V+Ü	2+2	6	Pf		X		X		X
Summe		4	6							

VCPSM	Computational Physics and Simulations in Matlab	6 CP (insg.) = 180 h				SWS				
		Kontaktstudium 90 h	Selbststudium 90 h	6						
<b>Inhalte</b> Programmieren und Visualisieren in Matlab, numerische Simulationen physikalischer Fragestellungen: Ableitung und Integration, Optimierung and Minimierung, gewöhnliche Differentialgleichungen, chaotische Dynamik, Fraktale, Zufallsbewegungen, Eigenwertprobleme, Matrixzerlegungen, partielle Differentialgleichungen, Perkolation, Monte-Carlo-Methoden, neuronale Netze.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Im Rahmen des Tutoriums wird die Anwendung der vorgestellten Algorithmen auf konkrete physikalische Problemstellungen vermittelt. Dabei erlernen und verwenden die Studierenden die Programmierumgebung MATLAB, die auch bei geringen Vorkenntnissen effiziente Simulationen und Visualisierung ermöglicht.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Grundlagen der Analysis und der linearen Algebra, sowie der Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1-2</i> , insbesondere Newton- und Hamilton-Mechanik, Phasenraum, Wellengleichung. Grundlagen der Analysis und der linearen Algebra, sowie der Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1-2</i> , insbesondere Newton- und Hamilton-Mechanik, Phasenraum, Wellengleichung.										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> unregelmäßig										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Hofstetter										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden benotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min., i.d.R. 90 min) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Computational Physics and Simulations in Matlab	V+Ü	3+3	6	Pf					X	
Summe		6	6							

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Programmierung und wissenschaftliche Datenverarbeitung

<b>VNUMP</b>	<b>Numerische Methoden der Physik</b> (Numerical Methods in Physics)	6 CP (insg.) = 180 h				SWS 5
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h			
<b>Inhalte</b> Darstellung von Zahlen, Rundungsfehler; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Anfangswertprobleme; Einheitenbehaftete/dimensionslose Größen; Nullstellensuche, lösen nicht-linearer Gleichungen; Gewöhnliche Differentialgleichungen, Randwertprobleme; Lösen linearer Gleichungssysteme; Numerische Integration; Eigenwertprobleme; Verwendung numerischer Bibliotheken; Interpolation, Extrapolation, Approximation; Funktionsminimierung, Optimierung; Monte Carlo-Simulation statistischer Zustandssummen.						
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Das Modul vermittelt auf einer praktischen Ebene die wichtigsten numerischen Verfahren, die in physikalischen Rechnungen eingesetzt werden. Die Studierenden erlangen die Kompetenz, selbst Methoden zu implementieren und aus Programmbibliotheken kritisch die für ein Problem geeigneten Verfahren auszuwählen.						
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine						
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Mathematische Kenntnisse etwa aus den Modulen VTH1-VTH4; Programmierkenntnisse in einer numerischen Sprache, etwa Fortran, Java, C, C++						
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik						
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik						
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> unregelmäßig						
<b>Dauer:</b> einsemestrig						
<b>Modulkoordination:</b> Wagner						
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch oder Englisch						
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet						
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung						
<b>Modulprüfung</b> keine						
Lehrveranstaltungen des Moduls		LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester
						1 2 3 4 5 6
Numerische Methoden der Physik (Numerical Methods in Physics)		V+Ü	3+2	6	Pf	??? ??? ??? ??? ??? ???
Summe			5	6		

<b>LEMIKRO</b>	<b>Licht- und Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung</b>	6 CP (insg.) = 180 h		SWS
	(Light and Electron Microscopy with Image Processing)	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	
<p><b>Inhalte</b></p> <p><i>Licht- und Elektronenmikroskopie:</i> Moderne Visualisierungsverfahren in Forschung und Entwicklung in Biologie und Medizin erfordern die Verschmelzung verschiedener mikroskopischer Verfahren. In der Vorlesung werden verschiedene mikroskopische Verfahren ausführlich dargestellt und ihr mathematischer und physikalischer Hintergrund detailliert erläutert. Wir bieten eine Einführung in Mikroskopietechniken, beginnend bei konventioneller Lichtmikroskopie und Fluoreszenzmikroskopie, und weiter zur Transmissionselektronenmikroskopie und -tomografie. Die Vorlesung wird begleitet von einem Praktikum, in dem die Studierenden die Entwicklung von Softwarealgorithmen in MATLAB und/oder C++ üben.                  Schlüsselworte: Lichtmikroskopie (verschiedene Anwendungen), Elektronenmikroskopie (verschiedene Anwendungen), Fourier-Transformation</p> <p>Modern visualization of samples in research and development in biology and medicine can only be performed through the merging of different microscopy methods. Here we offer a lecture, which comprehensively addresses several microscopy techniques, and explains their physical and mathematical background in detail. We give a comprehensive introduction to microscopy techniques, starting from conventional light microscopy and fluorescence light microscopy and proceeding to transmission electron microscopy and tomography. Accompanying to the lecture we run a practical course to train students in the development of new software algorithms on platforms like MATLAB and/or C++.</p> <p>Keywords: light microscopy (various applications), electron microscopy (various applications), Fourier transform</p> <p><i>Licht- und Elektronenmikroskopie: Bildverarbeitung mit MATLAB:</i> Moderne Visualisierungsverfahren in Forschung und Entwicklung in Biologie und Medizin erfordern die Verschmelzung verschiedener mikroskopischer Verfahren. Begleitend zur Vorlesung <i>Licht- und Elektronenmikroskopie</i> bieten wir dieses Praktikum an, in dem die Studierenden die Entwicklung von Softwarealgorithmen in MATLAB und/oder C++ üben. Übungen für die Folgewoche werden eine Woche vorher ausgegeben. In den zwei Stunden des Praktikums werden die Algorithmen und Ergebnisse der Studierenden detailliert mit den Tutoren besprochen. Die Hausaufgaben sollen in der anschließenden Woche fertig bearbeitet sein, wonach sich die Schrittfolge wiederholt. Auf diese Weise wird die Komplexität der Algorithmen schrittweise erhöht und eine gute Lernerfahrung erreicht. Wir bieten technische und inhaltliche Beratung während der ganzen Woche, so dass alle Übungen erfolgreich bearbeitet werden können.                  Schlüsselworte: Lichtmikroskopie (verschiedene Anwendungen), Elektronenmikroskopie (verschiedene Anwendungen), Fourier-Transformation, MATLAB-Programmierung, C/C++ -Programmierung</p> <p>Modern visualization of samples in research and development in biology and medicine can only be performed through the merging of different microscopy methods. Accompanying to the lecture <i>Light and Electron Microscopy</i> we run this practical course to train students in the development of new software algorithms on platforms like MATLAB and/or C++.</p> <p>Exercises for the following week are given to the students one week ahead. In the two hours of the practical course, the algorithms and results of the students are being discussed in detail with the tutors. The students are expected to have finished their homework by the following week, where the procedure is repeated again. In this way we maintain a stepwise increase in the complexity of the algorithms, and a great learning experience. We offer support both in terms of hardware and consulting throughout the week, such that all exercises are completed successfully.</p> <p>Keywords: electron microscopy (various applications), light microscopy (various applications), Fourier Transform, MATLAB programming, C/C++ programming</p>				

<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>  Mikroskopische Verfahren sind unerlässlich für Diagnose, Analyse und Untersuchung einer großen Vielfalt an Proben auf allen Auflösungsstufen, beginnend bei Molekülen, über einzelne Zellen hin zu kompletten Organismen.  Vorlesung: Ziel der Vorlesung ist die Vermittlung eines breiten Spektrums moderner mikroskopischer Verfahren, wie sie in Forschung und Industrie eingesetzt werden. Nach der Vorlesung können die Studierenden die Anwendungsfelder, Ähnlichkeiten und Unterschiede dieser Verfahren benennen. Darüberhinaus sind die Studierenden in der Lage, die richtigen Methoden für eine gegebene Anwendung auszuwählen und zu kombinieren; sie verstehen die Einschränkungen bei der Probenpräparation und können selbstständig Experimente für medizinische und biologische Fragestellungen entwerfen.  Praktikum: Die Themen der Vorlesung werden im praktischen Kurs vertieft, in dem die Studierenden in moderne Softwareentwicklung eingeführt werden und lernen, mit modernen High-Level-Programmiersprachen wie MATLAB zu programmieren.  Microscopy methods are indispensable in diagnosis, analysis and investigation of a large variety of samples across the resolution scale, starting from molecules to single cells to complete organisms.  Vorlesung: The aim of the lecture is to teach a wide spectrum of modern microscopy techniques, as being used in cutting-edge research and industry. At the end of this lecture the students should be able to understand the areas of application for the above-mentioned techniques, their similarities and differences. Furthermore, the students should be able to choose and combine the proper technique for their specific application, understand the preparation caveats and being able to independently design experiments in order to address various medical and biological questions.  Praktikum: The topics of the lecture can be deepened in the accompanying practical course which trains the students in modern programming higher-level languages (e.g. MATLAB), and teaches them modern software development.</p>
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine</p>
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Module VEX1A, VEX1B</p>
<p><b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik, MSc Biophysik / FB Physik</p>
<p><b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik, MSc Biophysik</p>
<p><b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich</p>
<p><b>Dauer:</b> einsemestrig</p>
<p><b>Modulkoordination:</b> Frangakis</p>
<p><b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Englisch (Deutsch auf Wunsch)</p>
<p><b>Studiennachweise</b>  Teilnahmenachweise: Praktikum: regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme  Leistungsnachweise: Vorlesung: gemäß Studienordnung Physik, unbenotet</p>
<p><b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Praktikum</p>
<p><b>Modulprüfung</b></p>

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Programmierung und wissenschaftliche Datenverarbeitung

keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Licht- und Elektronenmikroskopie (Light and Electron Microscopy)	V	2	3	Pf			X		X	
Licht- und Elektronenmikroskopie: Bildverarbeitung mit MATLAB (Light and Electron Microscopy: Image Processing with MATLAB)	P	2	3	Pf			X		X	
Summe		4	6							

<b>IMPRO</b>	<b>Bildverarbeitung</b>	6 CP (insg.) = 180 h		SWS 4
	(Image Processing)	Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 120 h	
<p><b>Inhalte</b></p> <p>Image processing is currently one of the most exciting fields of research and development. Modern imaging techniques used in medicine and biology are not possible without dedicated and highly specialized image processing algorithms and hardware. Meanwhile image processing is also essential in various fields such as social networks, intelligent car design, and the 3D movie industry. The lecture comprehensively addresses all basic image processing algorithms and provides the platform for designing new and improved ones. Both the mathematical background as well as the implementation is discussed. Given the great expertise of the Goethe University in imaging techniques, the algorithms will be associated to modern imaging methods like medical tomography, fluorescence light microscopy and transmission electron microscopy.</p> <p>Parallel to the lecture Image Processing, a lab class trains students in the development of new software algorithms on platforms like MATLAB and/or C/C++. Exercises for the following week are given to the students one week ahead. In the two hours of the lab class, the algorithms and results of the students are being discussed in detail with the tutors. The students are expected to have finished their homework by the following week, in which the procedure is repeated again. In this way we ensure a stepwise increase in the complexity of the algorithms and an optimized learning experience. Throughout the week we offer support both in terms of hardware and consulting, so that all exercises can be completed successfully.</p> <p>Topics include: Fourier Transform, Imaging Methods, Image Reconstruction Methods, Denoising methods, Image manipulation methods, MATLAB programming, C/C++ programming</p> <p>Bildverarbeitung ist gegenwärtig eines der spannendsten Gebiete in Forschung und Entwicklung. Moderne Bildgebungsverfahren in Medizin und Biologie sind ohne dezidierte und hoch spezialisierte Bildverarbeitungsalgorithmen und Hardware unmöglich. Mittlerweile ist Bildverarbeitung auch essentiell in so verschiedenen Gebieten wie sozialen Netzwerken, der Entwicklung intelligenter Automobile und der 3D-Filmindustrie.</p> <p>Die Vorlesung behandelt umfassend alle grundlegenden Bildverarbeitungsalgorithmen und legt die Basis für die Entwicklung neuer und verbesserter Algorithmen. Sowohl der mathematische Hintergrund als auch die Implementation werden diskutiert. Auf der Basis der großen Expertise der Goethe-Universität in bildgebenden Verfahren werden Anwendungen der Algorithmen in modernen Bildgebungstechniken wie der medizinischen Tomographie, der Fluoreszenzmikroskopie und der Transmissionselektronenmikroskopie vorgestellt.</p> <p>Parallel zur Vorlesung trainiert ein Praktikum die Studierenden in der Entwicklung neuer Algorithmen auf der Basis von Plattformen wie beispielsweise MATLAB und/oder C/C++. Aufgaben für die folgende Woche werden den Studierenden in der vorangehenden Woche gestellt. Während der zwei Praktikumsstunden werden die Algorithmen und Ergebnisse der Studenten im Detail mit den Tutoren diskutiert. Von den Studierenden wird erwartet, dass sie die Hausarbeiten in der folgenden Woche abgeschlossen haben, worauf sich dieser Zyklus wiederholt. Dadurch ergibt sich eine schrittweise Erhöhung der Komplexität der Algorithmen und eine optimierte Lernerfahrung. Während der gesamten Woche bieten wir Unterstützung durch Hardware und Beratung, so dass alle Übungen erfolgreich bearbeitet werden können.</p> <p>Themen beinhalten: Fourier-Transformation, Verfahren zur Bildgebung, Bildrekonstruktion, Entrauschen und Bildbearbeitung, MATLAB-Programmierung, C/C++-Programmierung</p>				
<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b></p> <p>This module provides a comprehensive introduction to image processing. With increasing computing power image processing methods use sophisticated algorithms to accomplish a variety of tasks. As a result of this module, students know a variety of algorithms and ways of processing multidimensional images. In the lab class students become familiar with modern higher-level programming languages (e.g. MATLAB) and modern software development.</p> <p>Das Modul vermittelt umfassende Kenntnisse zur Bildverarbeitung. Mit zunehmender Rechenleistung verwenden Bildverarbeitungsmethoden hochentwickelte Algorithmen zur Lösung verschiedenster Aufgaben. Nach Absolvieren dieses Moduls beherrschen Studierende eine Reihe solcher Algorithmen sowie Verfahren zur Verarbeitung mehrdimensionaler Bilder. Im Praktikum machen sich Studierende mit modernen higher-level Programmiersprachen (z.B. MATLAB) und moderner Softwareentwicklung vertraut.</p>				
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine</p>				

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Programmierung und wissenschaftliche Datenverarbeitung

<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Module VEX1A, VEX1B										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Frangakis										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Englisch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme am Praktikum Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme am Praktikum; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Praktikum										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Bildverarbeitung (Image Processing)	V	2	3	Pf		X		X		X
Praktikum Bildverarbeitung (Lab Class Image Processing)	P	2	3	Pf		X		X		X
Summe		4	6							

<b>BPBWPS3</b>	<b>Programmierung für Studierende der Biophysik</b>	3-7 CP (insg.) = 90-210 h		SWS
	Programming for Students of Biophysics	Kontaktstudium 30-70 h	Selbststudium 60-140 h	2-5
<p><b>Inhalte</b> abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:</p> <p><i>Einführung in die Programmierung für Physiker:</i> Einführung in Unix/Linux und eine Objekt-orientierte Programmiersprache, wie Fortran 2003, C++ oder Java, mit Anwendungen aus der elementaren Numerik, wie Rundung, Inter- und Extrapolation, Differentiation, Integration oder Eliminierung, oder physikalische Problemstellungen.</p> <p><i>Einführung in die Programmierung mit Python:</i> Installation von Python und Erweiterungspaketen, Umgang mit Kommandozeile und interaktiver Shell, Datentypen und -operationen, wesentliche Sprachelemente, Funktionen, Klassen, Exceptions, Verwendung von Erweiterungsmodulen: NumPy, SciPy, Matplotlib, BioPython Übungen zur selbstständigen Bearbeitung und Vertiefung des Stoffs mit anschließender Besprechung sind in die Vorlesung integriert.</p> <p><i>Wissenschaftliches Rechnen mit Python:</i> Es werden Grundlagen, Implementierung und Anwendung von Methoden des wissenschaftlichen Rechnens praxisorientiert an Beispielprogrammen vorgestellt. Zu diesem Zweck wird die Programmiersprache Python verwendet, die frei verfügbar ist und nicht nur im wissenschaftlichen Bereich breite Anwendung findet. Um die numerischen und mathematischen Grundlagen von Algorithmen zu verstehen, werden einfache Versionen von Algorithmen in Python implementiert und getestet. Darauf basierend werden die numerischen und rechnerischen Eigenschaften von komplexen Algorithmen unter Verwendung von wissenschaftlichen Programmibliotheken (NumPy, SciPy, cython, mpmath etc.) vorgestellt. Die einzelnen Methoden werden auf Probleme der Biophysik und Physik angewendet. Die Themenbereiche bieten einen Querschnitt durch die nützlichsten numerischen Methoden (lineare Algebra, Differentialgleichungen, Extremwertaufgaben, Monte-Carlo-Methoden, Fourier-Analyse, Statistik). Übungsaufgaben zur selbstständigen Bearbeitung sind in die Vorlesung integriert.</p> <p><i>Einführung in die Programmierung mit C++ und Datenanalyse (Introduction to C++ -Programming and Data Analysis):</i> This course is an accelerated introduction to the C++ programming language. It will cover all the major concepts of Object-Orientated Programming (OOP). In addition, it will cover a basic introduction to data analysis using the ROOT data analysis framework. Introduction to the basic principles and the use of: variables, loops, operators, pointers, references, stack and heap memory, functions, strings, arrays, vectors, file manipulation, function overloading, structures, classes and inheritance in C++. Advantages and disadvantages of certain methods in different applications.</p> <p><b>Die Liste von möglichen Lehrveranstaltungen für dieses Modul mit deren Kombinationsmöglichkeiten kann gemäß §12 StO ergänzt werden. Sollen im Modul mehrere Lehrveranstaltungen belegt werden, so muss jede dieser Lehrveranstaltungen mit wenigstens einer der anderen im Modul zu belegenden Lehrveranstaltungen kombinierbar sein. Die Kombinierbarkeit wird in der Tabelle durch ein „X“ angezeigt.</b> ***** Hier wird die Kreuzchentabelle eingefügt *****</p>				

<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b>                  Für Studierende mit geringen Vorkenntnissen werden grundlegende Programmierfertigkeiten in häufig verwendeten Programmiersprachen vermittelt. Diese können in weiteren Lehrveranstaltungen und Modulen vertieft werden.                  Nach der Absolvierung des Moduls können die Studierenden:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragestellungen der wissenschaftlichen Computerpraxis analysieren, ggf. in Teilprobleme zerlegen und geeignete Datenstrukturen für deren Lösung auswählen</li> <li>• für eine konkrete, einfache Fragestellung ein Programm in wenigstens einer Programmiersprache schreiben, testen und dokumentieren</li> <li>• sich mit Literatur und Internet weiterführende Informationen zur Lösung von programmiertechnischen Fragestellungen verschaffen</li> <li>• für häufig verwendete Algorithmen z. B. der numerischen Analyse wichtige Eigenschaften und Limitationen benennen</li> </ul>
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b>                  keine</p>
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b>                  abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:  <i>Einführung in die Programmierung für Physiker</i> : Inhalt der Lehrveranstaltungen <i>Mathematik für Studierende der Physik 1-2</i>  <i>Einführung in die Programmierung mit Python</i> : prinzipiell keine; für die Veranstaltung wird empfohlen, einen eigenen Laptop mitzubringen  <i>Wissenschaftliches Rechnen mit Python</i> : Grundkenntnisse des Programmierens, bevorzugt mit Python, z. B. aus der Veranstaltung „Einführung in die Programmierung mit Python“, Grundlagen der Programmierung mit Python; für die Veranstaltung wird empfohlen, einen eigenen Laptop mitzubringen  <i>Einführung in die Programmierung mit C++ und Datenanalyse (Introduction to C++ -Programming and Data Analysis)</i> : Sufficient skills in English language (classes are held in English)</p>
<p><b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik</p>
<p><b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik</p>
<p><b>Häufigkeit des Angebots:</b> jedes Sem.</p>
<p><b>Dauer:</b> ein- oder zweisemestrig</p>
<p><b>Modulkoordination:</b> Mäntele</p>
<p><b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch</p>
<p><b>Studiennachweise</b>                  Teilnahmenachweise: im Fall von Lehrveranstaltungen mit begleitenden Übungen regelmäßige Teilnahme an den Übungen, ansonsten keine                  Leistungsnachweise: im Fall von Lehrveranstaltungen mit begleitenden Übungen regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen, ansonsten Nachweise für die Studienleistungen gemäß §15(6) StO nach Festlegung des Lehrveranstaltungsleiters zu Beginn der Veranstaltung</p>
<p><b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesungen, Übungen, Seminare, Praktika</p>
<p><b>Modulprüfung</b></p>

*Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Programmierung und wissenschaftliche Datenverarbeitung*

keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Einführung in die Programmierung für Physiker (Introduction to Programming for Physicists)	V+P	2+2	4	WP			X		X	
Einführung in die Programmierung mit Python (Introduction to Programming with Python)	V+Ü	2	3	WP	X		X		X	
Wissenschaftliches Rechnen mit Python (Scientific Computing with Python)	V	2	3	WP		X		X		X
Einführung in die Programmierung mit C++ und Datenanalyse (Introduction to C++ -Programming and Data Analysis) (Introduction to C++ -Programming and Data Analysis)	V+Ü	2+1	3	WP	X		X		X	
Summe		3-7	3-7							

## 1.2.4 Wahlpflichtbereich Naturwissenschaftliche Vertiefung

<b>HUMBIO</b>	<b>Humanbiologie</b> (Human biology)	9 CP (insg.) = 270 h		SWS 6
		Kontaktstudium 90 h	Selbststudium 180 h	
<b>Inhalte</b> Die Studierenden erhalten einen Einblick in die Struktur des menschlichen Körpers und in die Funktionsweise der Organe. Zellbiologische und humangenetische sowie ernährungsphysiologische Grundlagen werden kurz angesprochen. Dazu werden typische Krankheitsbilder der einzelnen Organsysteme erläutert. Sommersemester (3 SWS): makroskopische Anatomie, Gewebetypen, Integumente, Skelett und Skelettmuskel, Herz und Gefäße, glatter Muskel, Kreislaufabschnitte, Blut, Respirationstrakt, Nieren, Verdauungssystem. Wintersemester (3 SWS): Zelle, Neurophysiologie und Neurochemie, Gehirn und Rückenmark, motorische und sensorische Systeme, autonomes Nervensystem, Sinnesorgane. Endokrines System, Ernährung und Stoffwechsel, Lymphatisches System und Immunität, Sexualorgane, Schwangerschaft und Vererbung.				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden können nach erfolgreichem Absolvieren der Veranstaltung den Aufbau von Zellen und Organen des Menschen skizzieren. Sie sind in der Lage, den verschiedenen Zelltypen und Organen ihre Funktion auf mikroskopischer als auch makroskopischer Ebene zuzuordnen. Die Studierenden können die Steuerung des Organismus durch Nerven- und Hormonsysteme beschreiben.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biochemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biochemie				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich				
<b>Dauer:</b> zweisemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Jochen Klein				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung				
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, unbenotet				

*Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Naturwissenschaftliche Vertiefung*

bestehend aus: Abschlussklausur (120 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Anatomie und Physiologie I (Human biology)	V	3	4,5	Pf		X		X		X
Anatomie und Physiologie II (Human biology)	V	3	4,5	Pf	X		X		X	
Summe		6	9							

<b>VGENEXP</b>	<b>DNA und Genexpression</b> (DNA and Gene Expression)	7 CP (insg.) = 210 h				SWS 4				
		Kontaktstudium 60 h	Selbststudium 150 h							
<b>Inhalte</b> DNA (Struktur, Organisation und genetische Stabilität); molekulare Vorgänge bei Replikation, Transkription mit Splicen und Editieren, Translation, jeweils auf der Ebene von Pro- und Eukaryonten; Protein Targeting und Vesikeltransport; Regulationsmechanismen der Genexpression; Epigenetik; virale Expressionsstrategien am Beispiel von Bakteriophagen, Retroviren u.a.; molekularbiologische Methoden: DNA Sequenzierung, Hybridisierung und Diagnostik, PCR, Rekombination, Mutagenese. Einführung in das Gentechnikrecht.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls verfügen die Studierenden über ein grundlegendes Verständnis der viralen und bakteriellen Genome, der eukaryotischen Chromosomenstrukturen und der Mechanismen der Genexpression. Sie haben einen Einblick in die methodischen Ansätze der modernen Molekularbiologie erworben. Die Studierenden können die Auswirkungen der Gentechnik in Bezug auf Gesellschaftliche und ethische Fragenstellungen fachlich kompetent beurteilen (z.B. aktuelle Debatten über Einfluss der Gentechnik auf Medizin und Gesellschaft).										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biochemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik, MSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. K. M. Pos										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, unbenotet bestehend aus: Klausur (60 Minuten)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
DNA und Genexpression (DNA and Gene Expression)	V	4	7	Pf	X		X		X	
Summe		4	7							

<b>VTH5</b>	<b>Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik</b>	8 CP (insg.) = 240 h				SWS				
	(Theoretical Physics 5: Thermodynamics and Statistical Physics)	Kontaktstudium 98 h	Selbststudium 142 h	6.5						
<b>Inhalte</b> Grunddefinitionen, Carnotprozess und Hauptsätze, thermodynamische Potentiale, Gleichgewichtsbedingungen, Phasenübergänge, Ergodentheorie, Mikro- und Makrozustände, Dichtematrix. Entropie, statistische Gesamtheiten, nichtwechselwirkende Gase, Quantenstatistik und entartete Quantengase, Bose-Einstein-Kondensation, Boltzmann-Gleichung.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Anhand wichtiger Modellsysteme (e.g. klassisches ideales Gas, van-der Waals Zustandsgleichung, Spinsysteme, Bose- und Fermigase) erlernen die Studenten die Anwendung dieser Konzepte auf konkrete Problemstellungen und gewinnen Einblick in ihre Relevanz für moderne Entwicklungen in der Forschung (e.g. ultrakalte Quantengase).										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalt der Veranstaltungen <i>Theoretische Physik 1-4</i>										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik, BSc Meteorologie										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Hofstetter										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, unbenotet bestehend aus: mündliche Prüfung (20–40 Min.) oder Klausur (45–120 Min., i.d.R. 90 min)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik (Theoretical Physics 5: Thermodynamics and Statistical Physics)	V+Ü	4+2.5	8	Pf					X	
Summe		6.5	8							

VHQM	<b>Höhere Quantenmechanik</b> (Advanced Quantum Mechanics)	8 CP (insg.) = 240 h				SWS 6				
		Kontaktstudium 90 h	Selbststudium 150 h							
<b>Inhalte</b> Grundlagen der relativistischen Quantenmechanik, Klein-Gordon-Gleichung, Dirac-Gleichung, Symmetrien in der Quantenmechanik, Vielteilchentheorien im Fock-Raum, Näherungsmethoden für wechselwirkende Quantenvielteilchensysteme, elementare Streutheorie.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Dieses Modul behandelt ausgewählte höhere Methoden der Quantenmechanik, wie sie für die moderne Physik grundlegend sind, insbesondere relativistische Quantenmechanik, Vielteilchentheorie, Symmetrien in der Quantenmechanik und Streutheorie. Damit werden die Studierenden befähigt, in ihren Abschlussarbeiten theoretische Probleme auf modernem Niveau anzugehen. Auf diese Weise werden insbesondere auch die Grundlagen für die Erweiterung der Quantenmechanik zur Quantenfeldtheorie gelegt.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalt der Veranstaltungen <i>Experimentalphysik 1-2, Theoretische Physik 1-5</i>										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Physik, MSc Physik, BSc Biophysik, MSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Rischke										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch oder Englisch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: erfolgreiche Teilnahme an den Übungen; Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Höhere Quantenmechanik (Advanced Quantum Mechanics)	V+Ü	4+2	8	Pf						X
Summe		6	8							

<b>VQMD</b>	<b>Quantum Molecular Dynamics</b>	5 CP (insg.) = 150 h		SWS 3
		Kontaktstudium 45 h	Selbststudium 105 h	
<b>Inhalte</b> Born-Oppenheimer approximation; density functional theory (Hohenberg-Kohn theorem, Kohn-Sham equations, local density approximation, generalized gradient approximation, time-dependent density functional theory); Born- Oppenheimer versus Car-Parrinello dynamics; iterative diagonalization; optimization techniques (steepest descent, conjugate gradient dynamics, variable metric method); global energy minimization (Metropolis algorithm, Markov chains, dynamical simulated annealing); pseudopotentials; quantum molecular dynamics for periodic systems; Kleinman-Bylander transformation; supercell concept				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> This module provides the bridge between the electronic structure of atoms, familiar to students from the standard theory course(s) on quantum mechanics, and the electronic structure of molecules and solids. The course addresses both the fundamental physics involved as well as the theoretical concepts and computational techniques required for efficiently dealing with such systems. Students become familiar with the relevant lengths, time and energy scales, with the notion of hybridization and delocalization of states, and with the Born-Oppenheimer surface. In particular, students make first contact with “counterintuitive” approaches, such as the pseudopotential approximation or the simulation of the Schrödinger equation by another differential equation. They learn about the interplay between the equations of motion and discretization. In this way students are trained to think more creatively about the representation of physics in terms of equations. The course is directly based on the mandatory theory courses <i>Theoretische Physik I-IV</i> . It is highly self-contained, preparation of students by attending additional courses e.g. in condensed matter theory is not required. The module prepares students for pursuing bachelor’s or master’s projects in computational electronic structure theory. Diese Lehrveranstaltung wird je nach Wunsch der Studierenden auf Englisch oder Deutsch angeboten.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> basic understanding of (a) classical electrodynamics (Coulomb forces, multipole expansion); (b) quantum mechanics of many-electron systems (wavefunctions, Schrödinger equation, spin, Pauli principle, 2nd quantization); (c) atomic physics (electronic structure, energetics)				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Physik / FB Physik				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc und MSc Physik, BSc und MSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> unregelmäßig				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Engel				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Englisch (oder Deutsch)				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: Studienleistungen gemäß Studienordnung Physik, unbenotet Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise, falls Prüfung gewünscht				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung				
<b>Modulprüfung</b>				

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Naturwissenschaftliche Vertiefung

grundsätzlich keine; auf Wunsch des oder der Studierenden unbenotete Modulabschlussprüfung in Form einer mündlichen Prüfung (20–40 Min.) oder einer Klausur (45–120 Min., i.d.R. 90 min) (Form nach Wahl des Lehrveranstaltungsleiters)

Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Quantum Molecular Dynamics	V	3	5	Pf					X	X
Summe		3	5							

<b>BPBWPS4</b>	<b>Spezialisierung Physik</b>	0–9 CP (insg.) = 0–270 h		SWS  0–6
	Specialization Physics	Kontaktstudium 0–90 h	Selbststudium 0–180 h	
<p><b>Inhalte</b> abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:</p> <p><i>Atomphysik 1:</i> Atome als quantenmechanische Teilchen: Quantenoptik mit Atomen, Doppelspalt mit Materiewellen, Dekohärenz, Verschränkung, Quantenkryptographie, Quantenradierer. Wechselwirkung von Atomen und Molekülen mit einzelnen Photonen, Photoeffekt, Wirkungsquerschnitt, Drehimpulse, Wechselwirkung von Atomen mit starken Laserfeldern</p> <p><i>Atomphysik 2: Fortgeschrittene Atomphysik:</i> Einführung in die Relativistische QM (Feinstruktur, die Dirac Gleichung, Vorhersage von Antimaterie, der g-Faktor des Elektrons). Licht-Materie Wechselwirkung (Das Planck'sche Strahlungsgesetz und Herleitung nach Einstein, die Semiklassische Betrachtung und die Dipolnäherung, Grundlagen der nichtrelativistischen QED, Atomare Übergänge und Auswahlregeln, Photon-Streuungsprozesse). Moderne experimentelle Methoden zur Untersuchung der QED Effekte (Physik der Speicherringe, Laserspektroskopie, Röntgenspektroskopie und Arbeitsprinzip moderner 2d und 3d Halbleiterdetektoren, höchstpräzise Messungen des g-Faktors eines gebundenen Elektrons). Relativistische atomare Stoßprozesse. Phänomenologie der Licht-Materie Wechselwirkung im "ultra-strong regime" (Konzept eines Hochleistungslasers, Elektron im Laser-Feld und die "Ponderomotive" Kraft, Laser-induzierte Teilchenbeschleunigung und Anwendungen). Einführung in die BEC (Experimentelle Beobachtungen, MOT Falle, theoretische Grundlagen).</p> <p><i>Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen:</i> Aufbau und Struktur der Atomkerne; Kernreaktionen: Spaltung, Synthese, Fusion; Kernkraft; Radioaktivität; Streuexperimente; Struktur des Protons; elementare Wechselwirkungen und Teilchen: Leptonen, Hadronen, Quarks, Austauschteilchen; das Quarkmodell, das Standardmodell der Teilchenphysik; starke, schwache und elektromagnetische Wechselwirkung; Nachweismethoden: Wechselwirkung von Strahlung mit Materie, Experimente und Detektoren der Teilchenphysik; Astrokernphysik.</p> <p><i>Experimentalphysik 4b: Festkörper:</i> Einführung: Grundlagenforschung an Festkörpern und Festkörper in der technischen Anwendung, Chemische Bindung, Aufbau kristalliner Festkörper, Streuung an periodischen Strukturen, reziprokes Gitter, Modell freier Elektronen, Bändermodell, Metalle und Isolatoren, Grundvorstellungen Supraleiter/Halbleiter, experimentelle Methoden der Festkörperphysik. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.</p> <p><i>Experimentelle Festkörperphysik 1:</i> Auswahl aus folgenden Themen: Struktur und Strukturbestimmung, Grundlagen der Beugungstheorie, reziprokes Gitter, Gitterdynamik (Phononen), thermische Eigenschaften (spezifische Wärme, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit), elektronische Bandstruktur, Fermi-Flächen und deren experimentelle Bestimmung, Transportphänomene, dielektrische und optische Eigenschaften, Magnetismus. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.</p> <p><i>Experimentelle Festkörperphysik 2:</i> Auswahl aus folgenden Themen: Struktur und Strukturbestimmung, Grundlagen der Beugungstheorie, reziprokes Gitter, Gitterdynamik (Phononen), thermische Eigenschaften (spezifische Wärme, thermische Ausdehnung, Wärmeleitfähigkeit), elektronische Bandstruktur, Fermi-Flächen und deren experimentelle Bestimmung, Transportphänomene, dielektrische und optische Eigenschaften, Magnetismus. Es werden Beispiele aus der aktuellen Forschung diskutiert.</p> <p><i>Halbleiter- und Bauelementephysik:</i> Einführung der festkörperphysikalischen Besonderheiten von Halbleitern (Materialeigenschaften, Bandstruktur, Exzitonen, Dotierung, DC-Leitfähigkeit); Übergänge und Kontakte (p-n-Übergang, Schottky-Kontakt, Ohmscher Kontakt, Heterostruktur-Übergang); Feldeffekt, Tunneleffekt; Halbleiterbauelemente (Diode, Bipolartransistor, Feldeffekttransistor, Leuchtdiode, etc); Hochfrequenzeigenschaften und -bauelemente (Gunn-Effekt, Schottkydiode), Quantisierungseffekte und ihre Nutzung (Resonante Tunneldiode, HEMT-Transistor, HBT-Transistor, etc.); Bauelementemodellierung und Schaltungsentwurf; Bauelemente auf Nicht-Standardhalbleitern (Graphen, Kohlenstoffröhren).</p>				

*Elektronik und Sensorik I:* Die Vorlesung *Elektronik und Sensorik I* bietet eine umfassende Einführung in die Grundlagen der Analog-Elektronik. Dabei werden die wichtigsten elektronischen Bauelemente und ihre Grundsaltungen behandelt. Einige Themenschwerpunkte sind: Passive Netzwerke, Grundlagen der Halbleiterdiode, Feldeffekt- und Bipolarer Transistor, Dioden- und Transistorschaltungen, Operationsverstärker, Schaltungssimulation.

*Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen:* Ausgewählte Kapitel der Quantentheorie (Sub-Bänder und niedrig-dimensionale Systeme, Quantenbox, Quantenpunkt, Quantenreflexion/Transmission/Tunneln, etc.), Materialien (Halbleiter-Heterostrukturen, Organische Halbleiter, Kohlenstoff-Nanoröhren und Fullerene, Graphen, Granulare Systeme, etc.), Fabrikations- und Charakterisierungstechniken (Dünnschichttechniken, Nanostrukturierung, Selbstorganisation, Rasterkraftmikroskopie, etc.), Elektronischer Transport in Nanostrukturen (Streulängen, Diffusion, Dephasierung, Landauer-Formel, etc.), Einzelelektronentunneln und Bauelemente (Coulomb-Blockade, Einzelelektronentransistor, Coulomb-Oszillationen, etc.).

*Moderne Experimentelle Optik:* Optische Abbildung im Wellenbild; Abbildung und Fourier-Transformation; nichtkonventionelle linsenfreie Abbildungsmethoden (Nahfeldverfahren, Synthetische Apertur); Holographie; Kohärenz und Korrelation, Eigenschaften von Laserlicht; Tomographie; Kristall-Optik; negativer Brechungsindex; Metamaterialien; Transformationsoptik; "Tarnkappe" aus Metamaterial; Nichtlineare Optik

*Introduction to Quantum Many-Particle Theory:* many-particle states and operators; Hartree-Fock approximation, correlation (Part I); 2nd quantization, Fock space; pictures in quantum theory; linear response; Green's functions, equations of motion for Green's functions; perturbation theory; Dyson equations, irreducible functions; Hartree-Fock approximation, correlation (Part II), conserving approximations.

**Die Liste von möglichen Lehrveranstaltungen für dieses Modul mit deren Kombinationsmöglichkeiten kann gemäß §12 StO ergänzt werden. Sollen im Modul mehrere Lehrveranstaltungen belegt werden, so muss jede dieser Lehrveranstaltungen mit wenigstens einer der anderen im Modul zu belegenden Lehrveranstaltungen kombinierbar sein. Die Kombinierbarkeit wird in der Tabelle durch ein „X“ angezeigt.**

\*\*\*\*\* Hier wird die Kreuzchentabelle eingefügt \*\*\*\*\*

#### **Lernergebnisse / Kompetenzziele**

Nach der Absolvierung des Moduls können die Studierenden:

- Fachbegriffe und wesentlich Konzepte der gewählten Spezialisierung korrekt wiedergeben und anwenden
- konkrete Problemstellungen thematisch einordnen und mit den vermittelten Methoden analysieren
- zu einer gegebenen Fragestellung weiterführende Informationen in Fachliteratur und Internet recherchieren
- quantitative Methoden der gewählten Spezialisierung auf einen gegebene Problemstellung anwenden
- wissenschaftliche Publikationen auf dem Gebiet der gewählten Spezialisierung erarbeiten und zusammenfassend wiedergeben

#### **Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls**

keine

#### **Empfohlene Vorkenntnisse:**

abhängig von den gewählten Lehrveranstaltungen:

*Atomphysik 1* : Elementare Grundlagen der Quantenmechanik

*Atomphysik 2: Fortgeschrittene Atomphysik* : Elementare Grundlagen der Quantenmechanik

*Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen* : Inhalt der Veranstaltungen *Experimentalphysik 1-3*

*Experimentalphysik 4b: Festkörper* : Inhalt der Veranstaltungen *Experimentalphysik 1-3*

*Experimentelle Festkörperphysik 1* : Die Vorlesung baut auf die in der „Einführung in die Festkörperphysik“ (VEX4B) vermittelten Grundlagen zum atomaren Aufbau und zur elektronischen Struktur von Festkörpern auf. Es werden außerdem einfache Methoden der Quantenmechanik verwendet.

*Experimentelle Festkörperphysik 2* : Die Vorlesung baut auf die in VEX4B und VEXFP1 vermittelten Grundlagen zum atomaren Aufbau und zur elektronischen Struktur von Festkörpern auf. Es werden außerdem einfache Methoden der Quantenmechanik verwendet.

*Halbleiter- und Bauelementephysik* : Inhalt der Veranstaltungen *Experimentalphysik 1-4, Theoretische Physik 1-5, Anfängerpraktikum 1-2*

*Elektronik und Sensorik I* : keine

*Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen* : Maxwell-Gleichungen; Kenntnisse der Quantenmechanik: Schrödinger-Gleichung, quantenmechanisches Tunneln, Stromoperator, Aharonov-Bohm-Effekt; Grundlegende Konzepte der Festkörperphysik: Kristallstrukturen, elektronische Bandstruktur, Ladungstransport in Metallen und Halbleitern, Zustandsdichte; Grundlegende Konzepte der Thermodynamik und Statistik: Diffusion

*Moderne Experimentelle Optik* : Grundlagenwissen aus den Veranstaltungen *Experimentalphysik 1, 2, und 3a*) sowie aus dem Physikalischen Anfängerpraktikum 1.

*Introduction to Quantum Many-Particle Theory* : elementary quantum mechanics (single-particle wavefunctions, operators, Schrödinger equation, boundary conditions, spin, Coulomb interaction); basic elements of functional analysis (Hilbert space, complete and orthonormal basis sets)

**Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):** BSc Biophysik / FB Physik

**Verwendbarkeit:** BSc Biophysik

**Häufigkeit des Angebots:** jedes Sem.

**Dauer:** ein- oder zweisemestrig

**Modulkoordination:** Mäntele

**Unterrichts-/Prüfungssprache:** Deutsch

**Studiennachweise**

Teilnahmenachweise: im Fall von Lehrveranstaltungen mit begleitenden Übungen regelmäßige Teilnahme an den Übungen, ansonsten keine

Leistungsnachweise: im Fall von Lehrveranstaltungen mit begleitenden Übungen regelmäßige und erfolgreiche Teilnahme an den Übungen, ansonsten Nachweise für die Studienleistungen gemäß §15(6) StO nach Festlegung des Lehrveranstaltungsleiters zu Beginn der Veranstaltung

**Lehr-/Lernformen:** Vorlesungen, Übungen, Seminare

**Modulprüfung**

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Naturwissenschaftliche Vertiefung

keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Atomphysik 1 (Atomic Physics 1)	V	2	3	WP				X		X
Atomphysik 2: Fortgeschrittene Atomphysik (Atomic Physics 2: Advanced Atomic Physics)	V+Ü	2+1	4	WP					X	
Experimentalphysik 4a: Kerne und Elementarteilchen (Experimental Physics 4a: Nuclei and Elementary Particles)	V+Ü	2+1	4	WP				X		X
Experimentalphysik 4b: Festkörper (Experimental Physics 4b: Solids)	V+Ü	2+1	4	WP				X		X
Experimentelle Festkörperphysik 1 (Experimental Solid State Physics 1)	V+Ü	2+1	4	WP					X	
Experimentelle Festkörperphysik 2 (Experimental Solid State Physics 2)	V+Ü	2+1	4	WP						X
Halbleiter- und Bauelementephysik (Physics of Semiconductors and Electronic Devices)	V+Ü	2+1	4	WP						X
Elektronik und Sensorik I (Electronics and Sensorics I)	V+Ü	2+1	4	WP			X		X	
Elektronische Eigenschaften von Nanostrukturen (Electronic Properties of Nanostructures)	V	2	3	WP						X
Moderne Experimentelle Optik (Modern Experimental Optics)	V	2	3	WP				X		X
Introduction to Quantum Many-Particle Theory	V+Ü	2+2	4	WP					X	
Summe		0-6	0-9							

<b>BPHPC2</b>	<b>Statistische Thermodynamik und Kinetik</b>  (Statistical Thermodynamics and Kinetics)	5 CP (insg.) = 150 h				SWS				
		Kontaktstudium 45 h	Selbststudium 105 h	3						
<b>Inhalte</b> Boltzmann- und Quanten-Statistiken; thermodynamische Größen als Funktion der Zustandssumme; Anwendung auf chemische Probleme; formale Kinetik; experimentelle Methoden; Reaktionsmechanismen; homogene und heterogene Katalyse; oszillierende Reaktionen										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden lernen die wichtigsten Grundlagen der statistischen Thermodynamik und der Kinetik kennen. Durch selbstständiges Erarbeiten an ausgewählten Beispielen wird der Stoff vertieft. Die Diskussion in den Übungsgruppen führt zu einem tiefer gehenden Verständnis für die zugrunde liegenden Konzepte. Qualifikationsziel ist es, dass die Studierenden diese Konzepte auch auf unbekannte Probleme anwenden können.										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Mike Heilemann										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme an den Übungen Leistungsnachweise: bestandene Abschlussklausur (Studienleistung)										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> keine										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Physikalische Chemie 2 (Statistical Thermodynamics and Kinetics)	V+Ü	2+1	5	Pf		X		X		X
Summe		3	5							

<b>VOC2</b>	<b>Reaktionsmechanismen der organischen Chemie</b>  (Reaction mechanisms in organic chemistry)	8 CP (insg.) = 240 h		SWS  5
		Kontaktstudium 75 h	Selbststudium 165 h	
<b>Inhalte</b> nucleophile Substitutionen; radikalische Substitutionen und Additionen; Cycloadditionen; Carbene; Ketene; elektrophile Additionen; Oxidationen; Reduktionen; Eliminierungen; Additionen an Carbonylverbindungen; Reaktionen von Organometallverbindungen; Substitutionen an Carbonsäurederivaten; Enole und Enolate; Enamine und Imine; aldolartige Reaktionen; Umlagerungen; Vorstellung einer beispielhaften Naturstoffsynthese				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erlernen die Grundbegriffe chemischer Reaktivität (z. B. Nucleophile, Elektrophile, Abgangsgruppen) und leiten mechanistische Modellvorstellungen aus kinetischen und stereochemischen Beobachtungen ab. Geführt durch das Ordnungsprinzip der Mechanismen erarbeiten sie sich die Namensreaktionen der Organischen Chemie und ihren präparativen Nutzen. Am Ende sind diese Reaktionen hinreichend bekannt und verstanden, um sie im Praktikum gefahrlos nutzen zu können und um einfache Probleme der Synthesepaltung selbstständig zu lösen. An ausgewählten Beispielen wird zudem aufgezeigt, wie aus klassischen Reaktionen moderne enantioselektive Methoden entwickelt werden konnten. Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung in kleineren Gruppen statt. Darin werden vorgegebene Übungsaufgaben besprochen. Es wird erwartet, dass sich die Studierenden damit auseinander gesetzt haben und sich aktiv beteiligen.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> keine				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik, MSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich im WS				
<b>Dauer:</b> einsemestrig				
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Michael Göbel				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise:  Leistungsnachweise: bestandene Abschlussklausur (Studienleistung) Prüfungsvorleistungen: keine				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung				
<b>Modulprüfung</b>				

*Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
Wahlpflichtbereich Naturwissenschaftliche Vertiefung*

grundsätzlich keine; auf Wunsch des/der Studierenden Abschlussklausur (120–180 Min.)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV- Form	SWS	CP	Pf/ WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Organische Chemie II (Reaction mechanisms in organic chemistry)	V+Ü	4+1	8	Pf			X		X	
Summe		5	8							

<b>CHEMBIO1</b>	<b>Chemische Biologie I</b> (Chemical Biology I)	5 CP (insg.) = 150 h				SWS 3				
		Kontaktstudium 45 h	Selbststudium 105 h							
<b>Inhalte</b> Bausteine und Strukturen von DNA/RNA; Wechselwirkungen mit DNA/RNA; Festphasensynthese (modifizierter) DNA und RNA; Nukleinsäure-Chips; Enzyme zur Prozessierung von DNA; DNA-Replikation, Transkription (und deren Regulation); Klonieren; diverse Trennungsmethoden für DNA/RNA/Proteine; Blotting; PCR; FRET; Molekulare Beacons; Sanger-Sequenzierung; Didesoxysequenzierung; Deep Sequencing; DNA-Schmelzpunkte; DNA stains; Bausteine und Strukturen von Proteinen; Festphasensynthese von Peptiden; Native Chemical Ligation; Translation; Fusionsproteine; Proteinreinigung; Bausteine von Kohlenhydraten; Kohlenhydratsynthesen; Schutzgruppenstrategien.										
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Die Studierenden erhalten ein elementares Verständnis der Bausteine und Strukturen der drei Naturstoffklassen Nukleinsäuren, Proteine und Kohlenhydrate und können Vorschläge zu deren chemischer und biologischer Synthese machen. Sie verstehen ferner ausgewählte Methoden zu deren Analyse und Modifikation und sind in der Lage, diese auf gegebene Fragestellungen anzuwenden. <i>Zur Vertiefung des Vorlesungsstoffs findet eine Übung statt. Es wird erwartet, dass sich die Studierenden daran aktiv beteiligen.</i>										
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> keine										
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Modul "Reaktionsmechanismen" (Organische Chemie II) wird dringend empfohlen										
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Chemie / FB Biochemie, Chemie, Pharmazie										
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik, MSc Biophysik										
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> jährlich										
<b>Dauer:</b> einsemestrig										
<b>Modulkoordination:</b> Prof. Dr. Alexander Heckel										
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch										
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: keine Leistungsnachweise: keine Prüfungsvorleistungen: keine										
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Vorlesung, Übung										
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, unbenotet bestehend aus: Klausur										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Chemische Biologie I (Chemical Biology I)	V+Ü	2+1	5	Pf					X	
Summe		3	5							

## 1.2.5 Wahlpflichtbereich Studium Generale

BPHSG	Studium Generale General studies	bis 6 CP (insg.) = h		SWS
		Kontaktstudium	Selbststudium	
		h	h	
<p><b>Inhalte</b> Es können Veranstaltungen aus dem kompletten Lehrangebot der Goethe-Universität gewählt werden. Die Inhalte des Moduls setzen sich aus den Inhalten der gewählten Veranstaltungen zusammen. Mögliche Inhalte sind beispielsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>soft skills</i> wie Organisation und Zeitmanagement, Präsentationstechnik oder wissenschaftliches Schreiben</li> <li>• Sprachkenntnisse, insbesondere wissenschaftliches Englisch</li> <li>• Wissenschaftsethik</li> <li>• Wissenschaftsgeschichte und -philosophie</li> <li>• Journalismus</li> <li>• Betriebswirtschaftslehre</li> <li>• Umgang mit <i>intellectual property</i>, Patentwesen</li> </ul>				
<p><b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Durch den Kontakt mit anderen Fachkulturen, Ideen und Kommilitonen fördert das Studium Generale den Blick über den Tellerrand und zielt auf die Entwicklung einer möglichst vielseitig gebildeten Persönlichkeit und dem Training von <i>soft skills</i>.</p>				
<p><b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> ggf. Teilnahmevoraussetzungen für einzelne LV</p>				
<p><b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> ggf. empfohlene Voraussetzungen für einzelne LV</p>				
<p><b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> abhängig vom Anbieter / FB alle</p>				
<p><b>Verwendbarkeit:</b> BSc und MSc Biophysik</p>				
<p><b>Häufigkeit des Angebots:</b> jedes Semester</p>				
<p><b>Dauer:</b> i.d.R. einsemestrig</p>				
<p><b>Modulkoordination:</b> Mäntele</p>				
<p><b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> abhängig von den gewählten Veranstaltungen</p>				
<p><b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: gemäß der Beschreibung der gewählten Module Leistungsnachweise: gemäß der Beschreibung der gewählten Module Prüfungsvorleistungen: gemäß der Beschreibung der gewählten Module</p>				
<p><b>Lehr-/Lernformen:</b> abhängig von den gewählten Veranstaltungen</p>				
<p><b>Modulprüfung</b></p>				

Wahlpflichtmodule des Bachelorstudiengangs Biophysik  
 Wahlpflichtbereich Studium Generale

Modulabschlussprüfung, unbenotet										
bestehend aus: Prüfungsform/-dauer gemäß der Beschreibung der gewählten Module										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Studium Generale (General Studies)	alle		bis 6		X	X	X	X	X	X
Summe			bis 6							

### 1.3 Abschlussmodul mit Bachelorarbeit

BABPH	Abschlussmodul	15 CP (insg.) = 450 h		SWS 20
	Abschlussmodul	Kontaktstudium 300 h	Selbststudium 150 h	
<b>Inhalte</b> <i>Projektplanung:</i> Während der Projektplanung machen sich die Studierenden mit den Methoden (Messmethoden, Computerwerkzeugen etc.) der Arbeitsgruppe vertraut. Sie betreiben die notwendige Literaturrecherche und Erarbeiten eine Projektskizze zur Bachelorarbeit in enger Absprache mit deren Betreuer bzw. Betreuerin.  <i>Bachelorarbeit:</i> Die Bachelorarbeit beinhaltet die wissenschaftliche Arbeit zu einem mit dem Betreuer bzw. der Betreuerin vereinbarten aktuellen Problem der Forschung auf der Basis der erarbeiteten Projektskizze und unter Anleitung durch den Betreuer bzw. die Betreuerin.				
<b>Lernergebnisse / Kompetenzziele</b> Das Modul dient einer wissenschaftlichen Arbeit unter Anleitung. Erlern wird das Anwenden des vermittelten Wissens auf einen neuen Zusammenhang. In der Projektplanung wird die Strukturierung eines Problems geübt. In der Bachelorarbeit wird das Lösen eines vorgegebenen neuen Problems und das Verfassen eines wissenschaftlichen Textes geübt. Die Bachelor-Arbeit kann an allen drei Fachbereichen (Physik, Biochemie/Chemie/Pharmazie, Biowissenschaften) durchgeführt werden.				
<b>Teilnahmevoraussetzungen für Modul bzw. einzelne Veranstaltungen des Moduls</b> 120 CP aus dem Studiengang Bachelor Biophysik laut § 38 Abs. 4 StO				
<b>Empfohlene Vorkenntnisse:</b> Inhalte aus Vorlesungen, Übungen, Praktika und Seminaren (Pflicht- und Wahlpflichtveranstaltungen) je nach Thema der Bachelorarbeit				
<b>Zuordnung (Studiengang/Fachbereich):</b> BSc Biophysik / FB Physik				
<b>Verwendbarkeit:</b> BSc Biophysik				
<b>Häufigkeit des Angebots:</b> permanent				
<b>Dauer:</b> 3 Monate				
<b>Modulkoordination:</b> Mäntele				
<b>Unterrichts-/Prüfungssprache:</b> Deutsch oder Englisch je nach gewählter Arbeitsgruppe				
<b>Studiennachweise / Prüfungsvorleistungen</b> Teilnahmenachweise: regelmäßige Teilnahme  Leistungsnachweise: Erarbeitung eines Projekts: erfolgreiche Vorstellung des erarbeiteten Projekts im Gespräch mit dem Betreuer bzw. der Betreuerin; Bachelorarbeit: Vorstellung der Arbeit in einem i.d.R. öffentlichen Vortrag, z.B. im Rahmen eines Kolloquiums oder Seminars  Prüfungsvorleistungen: Erbringen aller Leistungsnachweise				
<b>Lehr-/Lernformen:</b> Praktikum (Projektplanung), Bachelorarbeit				
<b>Modulprüfung</b> Modulabschlussprüfung, benotet				

*Abschlussmodul mit Bachelorarbeit*

bestehend aus: schriftliche Darstellung des Bachelorprojekts und seiner Ergebnisse in Form einer Bachelorarbeit (Bearbeitungszeit 9 Wochen)										
Lehrveranstaltungen des Moduls	LV-Form	SWS	CP	Pf/WP	Semester					
					1	2	3	4	5	6
Projektplanung (Bachelor Project incl. Project Planning)	P	2	3	Pf					X	X
Bachelorarbeit (Bachelor Project incl. Project Planning)		9 Wo.	12	Pf						X
Summe		20	15							

## **2 Tabelle der Pflicht-, Wahlpflicht- und Importmodule**

Tabelle wird noch erstellt

## 3 Indices

**Index 1: Modulkürzel**

BABPH, 97  
BIOINF, 68  
BIOW12C, 61  
BIOW13B, 62  
BIOW13C, 63  
BIOW14B, 64  
BIOW14C, 65  
BIOW15B, 66  
BIOW15C, 67  
BPBWPS1, 45  
BPBWPS2, 57  
BPBWPS3, 77  
BPBWPS4, 87  
BPH1N, 17  
BPH2N, 18  
BPH3N, 19  
BPH4N, 20  
BPHBIO1, 49  
BPHPC2, 91  
BPHSG, 95  
BSCBIOW10, 53  
BSCBIOW11, 55  
BSCBIOW7, 32  
BSCBIOW8, 34  
BSCBIOW9, 51  
  
CHEMBIO1, 94  
  
HUMBIO, 80  
  
IMPRO, 75  
IPMR, 38  
ISSBPH, 44  
ITMR, 36  
  
LEMIKRO, 72  
  
PBPHEX, 11  
PBPHOC, 26  
PBPHPC, 29  
  
SMSHRMI, 42  
  
VBPHAC, 22  
VBPHMA, 16  
VBPHOC, 24  
VBPHPC, 28  
VBPHTC, 30  
VCPSM, 70  
VEX1A, 5  
VEX2, 7  
VEX3, 9  
VGENEXP, 82  
VHQM, 84  
  
VLASERCHEM, 41  
VMOLSPEK, 40  
VNUMP, 71  
VOC2, 92  
VQMD, 85  
VTH1, 12  
VTH2, 13  
VTH3, 14  
VTH4, 15  
VTH5, 83

## Index 2: Modultitel

- Ökologie und Evolutionsbiologie, 51
- Abschlussmodul, 97
- Anfängerpraktikum Physik für Biophysiker, 11
- Bildverarbeitung, 75
- Biochemie und Tierphysiologie, 32
- Bioinformatik, 68
- Biologie 1: Struktur und Funktion der Organismen, 49
- Biophysik 1: Einführung in die Biophysik, 17
- Biophysik 2: Modellbildung, 18
- Biophysik 3: Methoden, 19
- Biophysik 4: Praktikum, Seminar, Ringvorlesung zu aktuellen Themen, 20
- Chemische Biologie I, 94
- Computational Physics and Simulations in Matlab, 70
- DNA und Genexpression, 82
- Einführung in die Praxis der Magnetischen Resonanz, 38
- Einführung in die Theorie der Magnetischen Resonanz, 36
- Einzelmolekülspektroskopie und hochauflösende Mikroskopie, 42
- Ergänzung Biologie, 57
- Experimentalphysik 1a: Mechanik, 5
- Experimentalphysik 2: Elektrodynamik, 7
- Experimentalphysik 3: Optik, Atome und Quanten, 9
- Grundlagen der Allgemeinen und Anorganischen Chemie für Naturwissenschaftler, 22
- Grundlagen der Organischen Chemie, 24
- Höhere Quantenmechanik, 84
- Humanbiologie, 80
- Internationale Sommerschule Biophysik, 44
- Laserchemie, 41
- Licht- und Elektronenmikroskopie mit Bildverarbeitung, 72
- Mathematik für Biophysiker, 16
- Moderne Methoden der Theoretischen Chemie, 30
- Molekularbiologie und Genetik, 34
- Molekulare Spektroskopie, 40
- Neurobiologie, Zell- und Entwicklungsbiologie, 53
- Numerische Methoden der Physik, 71
- Pflanzenphysiologie und Mikrobiologie, 55
- Praktikum Organische Chemie für Biophysik, 26
- Praktikum Physikalische Chemie für Biophysik, 29
- Programmierung für Studierende der Biophysik, 77
- Quantum Molecular Dynamics, 85
- Reaktionsmechanismen der organischen Chemie, 92
- Spezialisierung 1 — Molekulare Mikrobiologie, 61
- Spezialisierung 2 — Molekulare Pflanzenphysiologie, 63
- Spezialisierung 2 — Neurobiologie I, 62
- Spezialisierung 3 — Genetik, 65
- Spezialisierung 3 — Zellbiologie, 64
- Spezialisierung 4 — Molekularbiologie, 67
- Spezialisierung 4 — Neurobiologie II, 66
- Spezialisierung Biophysikalische Methoden, 45
- Spezialisierung Physik, 87
- Statistische Thermodynamik und Kinetik, 91
- Studium Generale, 95
- Theoretische Physik 1: Mathematische Methoden der Theoretischen Physik, 12
- Theoretische Physik 2: Klassische Mechanik, 13
- Theoretische Physik 3: Klassische Elektrodynamik, 14
- Theoretische Physik 4: Quantenmechanik, 15
- Theoretische Physik 5: Thermodynamik und Statistische Physik, 83
- Thermodynamik, 28