



**UNIVERSITÄT
BAYREUTH**

Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften

Bachelorstudiengang Biochemie

Modulhandbuch

geänderte Fassung vom 23. Februar 2022

Inhalt

Übersichtsplan	3
Studienplan	4
Pflichtmodule	
Physikalische Chemie I: Allgemeine Chemie	10
Anorganische Chemie I	11
Physik für Naturwissenschaftler	12
Mathematik für Naturwissenschaftler	13
Anorganische Chemie II	14
Organische Chemie I	15
Physikalische Chemie II	16
Biochemie I	17
Biochemie II	18
Zellbiologie	19
Organische Chemie II	20
Einführung in die Quantenchemie	21
Botanik	22
Allgemeine Genetik	23
Allgemeine Mikrobiologie	24
Biochemie III	25
Humanbiologie	26
Grundlagen der Bioinformatik	27
Einführung in die Biophysikalische Chemie	28
Gentechnik	29
Biochemische Methoden	30
Wahlpflichtmodule	
Eukaryontengenetik	31
Bioorganische Chemie	32
Zellbiologie: Funktion und Biogenese von Zellorganellen	33
Molekulare und angewandte Mikrobiologie	34
Biotechnologie	35
Bioinformatik: Molekulare Modellierung	36
Computer-Programmierung in der biomolekularen Modellierung	37
Biophysikalische Chemie: Mehrdimensionale NMR-Spektroskopie an biologischen Makromolekülen	38
Metallorganische Chemie und Katalyse	39
Selbstassemblierende Biopolymere	40
Aktuelle Forschungsthemen der Organischen Chemie	41
Instrumentelle Analytik	42
Technische Chemie	43
Theoretische Chemie	44
Wirkstoffchemie	45
Zelldynamik	46
Zellzyklus und Krebs	47
Lebensmittelwissenschaften	48
Theoretische Chemie	49
Vergleichende Exokrinologie	50
Forschungsmodul in Biochemie	51
Forschungsmodul in Chemie	52
Forschungsmodul in Molekularer Biologie	53
Bachelorarbeit	54

Übersichtsplan für das Bachelorstudium

<i>Modul</i>	<i>Leistungs- punkte</i>	<i>Prüfungsform</i>
<u>Module des naturwissenschaftlichen Grundlagenstudiums</u>		
Anorganische Chemie I	11	Klausur ^{a)}
Anorganische Chemie II	3	Klausur
Organische Chemie I	10	Klausur ^{a)}
Organische Chemie II	8	Klausur ^{a)}
Physikalische Chemie I: Allgemeine Chemie	4	Klausur
Physikalische Chemie II	10	Klausur ^{a)}
Einführung in die Quantenchemie	4	Klausur
Biochemie I	3	Klausur o. mündliche Prüfung
Biochemie II	5	Klausur o. mündliche Prüfung
Biochemie III	14	Klausur ^{a)}
Zellbiologie	3	Klausur o. mündliche Prüfung
Physik f. Naturwissenschaftler	10	Klausur
Mathematik f. Naturwissenschaftler	8	2 Klausuren ^{b)}
Botanik	5	Klausur ^{a)}
Humanbiologie	5	Klausur
Allgemeine Genetik	5	Klausur
Allgemeine Mikrobiologie	6	Klausur o. mündliche Prüfung
Grundlagen der Bioinformatik	5	Klausur o. mündliche Prüfung
<u>Module des Vertiefungsstudiums</u>		
Einführung in die Biophysikalische Chemie	12	Klausur o. mündliche Prüfung
Gentechnik	9	Klausur o. mündliche Prüfung
Biochemische Methoden	10	Klausur o. mündliche Prüfung ^{a)}
Wahlpflichtmodule ^{c)}	18	Klausur o. mündliche Prüfung ^{a)} Seminarvortrag
Bachelorarbeit	12	
Summe	180	

- a) Die Praktikumsleistungen werden benotet.
 b) Beide Klausuren müssen bestanden werden.
 c) Die Wahlpflichtmodule können aus den chemischen, biologischen, biotechnologischen und biophysikalischen Fächern der Universität Bayreuth gewählt werden. Die Wahlpflichtmodule werden durch den Prüfungsausschuss festgelegt und genehmigt.

Bachelorstudiengang Biochemie an der Universität Bayreuth

Studienplan

1. Semester

Modul Anorganische Chemie I	11 LP	
Vorlesung Allgemeine und Analytische Chemie		1 SWS
Vorlesung Grundlegende Anorganische Chemie		2 SWS
Übungen zur Vorl. Allg., Anal. und Anorg. Chemie		1 SWS
Praktikum Allgemeine u. Analytische Chemie		6 SWS
Seminar z. Prakt. Allgemeine u. Analytische Chemie		1 SWS
Modul Physikalische Chemie I	4 LP	
VL Physikalische Chemie I		2 SWS
Ü Physikalische Chemie I		1 SWS
Modul Physik für Naturwissenschaftler	10 LP	
VL Experimentalphysik I		4 SWS
Ü Experimentalphysik I		2 SWS
PR Experimentalphysik I		4 SWS
Modul Mathematik I	4 LP	
VL Mathematik I		2 SWS
Ü Mathematik I		1 SWS
Summe:	29 LP	27 SWS

Prüfungen im ersten Semester:

Anorg. Chemie I
Phys. Chemie I
Physik für Naturwissenschaftler
Mathematik I

VL: Vorlesung, Ü: Übung, S: Seminar, PR: Praktikum

Bachelorstudiengang Biochemie an der Universität Bayreuth

Studienplan

2. Semester

Modul Physikalische Chemie II	10 LP	
VL Physikalische Chemie II		3 SWS
Ü Physikalische Chemie II		1 SWS
S Physikalische Chemie II		1 SWS
PR Physikalische Chemie II		4 SWS
Modul Anorganische Chemie II	3 LP	
VL Anorganische Chemie II		3 SWS
Modul Mathematik II	4 LP	
VL Mathematik II		2 SWS
Ü Mathematik II		1 SWS
Modul Organische Chemie I	10 LP	
VL Organische Chemie I		4 SWS
Ü Organische Chemie I		2 SWS
PR Organische Chemie I		5 SWS
Modul Biochemie I	3 LP	
VL Biochemie I		1 SWS
Ü Biochemie I		1 SWS
Summe:	30 LP	30 SWS

Prüfungen im zweiten Semester:

Physikalische Chemie II
Anorganische Chemie II
Organische Chemie I
Mathematik II
Biochemie I

VL: Vorlesung, Ü: Übung, S: Seminar, PR: Praktikum

Bachelorstudiengang Biochemie an der Universität Bayreuth

Studienplan

3. Semester

Modul Organische Chemie II	8 LP	
Ü Organische Chemie II		1 SWS
PR Organische Chemie II		9 SWS
Modul Einführung in die Quantenchemie	4 LP	
VL Einführung in die Quantenchemie		2 SWS
Ü Einführung in die Quantenchemie		1 SWS
Modul Biochemie II	5 LP	
VL Biochemie II		2 SWS
Ü Biochemie II		1 SWS
PR Biochemie II		2 SWS
Modul Zellbiologie	3 LP	
VL Zellbiologie		2 SWS
Modul Allgemeine Genetik	5 LP	
VL Genetik		2 SWS
Ü Genetik		1 SWS
PR Genetik		2 SWS
Modul Allgemeine Mikrobiologie	4 LP	
VL Allgemeine Mikrobiologie		2 SWS
Ü Allgemeine Mikrobiologie		1 SWS
Modul Botanik	3 LP	
VL Botanik		2 SWS
Summe:	32 LP	29 SWS

Prüfungen im dritten Semester:

Einf. in die Quantenchemie
Organische Chemie II
Biochemie II
Zellbiologie
Allgemeine Genetik
Allgemeine Mikrobiologie
Botanik

VL: Vorlesung, Ü: Übung, S: Seminar, PR: Praktikum

Bachelorstudiengang Biochemie an der Universität Bayreuth

Studienplan

4. Semester

Modul Humanbiologie	5 LP	
VL Humanbiologie		3 SWS
Ü Humanbiologie		1 SWS
Modul Biochemie III	14 LP	
VL Biochemie III		3 SWS
Ü Biochemie III		1 SWS
PR Biochemie III		10 SWS
Modul Grundlagen der Bioinformatik	5 LP	
VL Bioinformatik		2 SWS
PR Bioinformatik		3 SWS
Modul Botanik		
PR Botanik	2 LP	3 SWS
Allgemeine Mikrobiologie		
PR Mikrobiologie	2 LP	2 SWS
Summe:	28 LP	28 SWS

Prüfungen im vierten Semester:

Biochemie III
Humanbiologie
Grundlagen der Bioinformatik

VL: Vorlesung, Ü: Übung, S: Seminar, PR: Praktikum

Bachelorstudiengang Biochemie an der Universität Bayreuth

Studienplan 5. Semester

Modul Biochemische Methoden	10 LP	
VL Biochemische Methoden		2 SWS
S Biochemische Methoden		1 SWS
VL Ringvorlesung		1 SWS
PR Biochemische Methoden		7 SWS
Modul Einführung in die Biophysikalische Chemie	12 LP	
VL Biophysikalische Chemie		2 SWS
Ü Biophysikalische Chemie		2 SWS
PR Biophysikalische Chemie		9 SWS
Modul Gentechnik	9 LP	
VL Gentechnik		2 SWS
S Gentechnik		2 SWS
PR Gentechnik		5 SWS
Summe:	31 LP	32 SWS

Prüfungen im fünften Semester:

Biochemische Methoden
Biophysikalische Chemie
Gentechnik

VL: Vorlesung, Ü: Übung, S: Seminar, PR: Praktikum

Bachelorstudiengang Biochemie an der Universität Bayreuth

Studienplan 6. Semester

Wahlpflichtmodul I	9 LP¹	
VL		2 SWS
S/Ü		2 SWS
PR		5 SWS
Wahlpflichtmodul II	9 LP¹	
VL		2 SWS
S/Ü		2 SWS
PR		5 SWS
PR		
Bachelorarbeit	12 LP	
Summe:	30 LP	18 SWS

Prüfungen im sechsten Semester: Wahlpflichtmodul I
Wahlpflichtmodul II

¹Die Aufteilung in zwei Wahlpflichtmodule à 9 LP ist beispielhaft.

VL: Vorlesung, Ü: Übung, S: Seminar, PR: Praktikum

Modul: Physikalische Chemie I - Allgemeine Chemie

Lernziele:

Ziel der Lehrveranstaltung ist es, die Studierenden mit den grundlegenden Konzepten der naturwissenschaftlichen Beschreibung der Materie vertraut zu machen. Dies geschieht insbesondere vor dem Hintergrund sehr unterschiedlicher schulisch vermittelter Grundkenntnisse der Studierenden. In diesem Sinn verfolgt das Modul auch das Ziel, eine für alle Studierenden einheitliche Basis für die folgenden Veranstaltungen im Bachelorstudium zu erreichen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul PC I besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Allgemeine Chemie	2	1
Übungen Allgemeine Chemie	1	1

Dozenten der Physikalischen Chemie

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** Allgemeine Chemie wird zunächst der Aufbau der Materie besprochen. Darauf folgen eine kurze Einführung in die Quantenmechanik (Teilchen im Kasten (1-dimensional), Atommodell, Orbitale, Grundlagen der Molekülorbital-Theorie) sowie die Besprechung des Periodensystems der Elemente. Danach werden das ideale Gas und die kinetische Gastheorie behandelt. Den Schluss der Vorlesung bilden Kapitel über Thermodynamik (Hauptsätze, Thermochemie) und Reaktionskinetik (Reaktionsordnung, Geschwindigkeitskonstanten, Temperaturabhängigkeit nach Arrhenius).

Die vorlesungsbegleitenden **Übungen** sollen die Studierenden in die Lage versetzen, das in der Vorlesung vermittelte Wissen selbständig auf einfache praktische Beispiele anzuwenden. Zudem schulen die Übungen in Kleingruppen die Fähigkeit zu verbaler, argumentativ untermauerter Darstellung eigener Tätigkeit.

Teilnahmevoraussetzungen:

Es bestehen keine Teilnahmevoraussetzungen.

Leistungsnachweis:

Der Leistungsnachweis erfolgt durch eine Klausur.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die 2 Vorlesungsstunden und die eine Übungsstunde fallen weitere 3 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 90 Stunden. Hinzu kommen 30 Stunden zur Prüfungsvorbereitung. Gesamtbelastung: 120 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 4

Modul: AC I - Allgemeine, Analytische und grundlegende Anorganische Chemie

Lernziele:

Die Studenten erwerben grundlegende theoretische und praktische Fähigkeiten bzw. Fertigkeiten in Allgemeiner, Analytischer und grundlegender Anorganischer Chemie.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul AC I besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester*
Vorlesung Allgemeine und Analytische Chemie	1	1
Vorlesung Grundlegende Anorganische Chemie	2	1
Übungen zur Vorlesung Allg., Anal. und Anorg. Chemie	1	1
Praktikum Allgemeine und Analytische Chemie	6	1
Seminar zum Praktikum Allgemeine und Analytische Chemie	1	1

Dozenten der Anorganischen Chemie

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** Allgemeine und Analytische Chemie werden die Studierenden an allgemeine Grundlagen mit Relevanz zum Praktikum herangeführt. Behandelt werden unter anderem das Massenwirkungsgesetz für homo- und heterogene Reaktionen, die Löslichkeit, Säure/Base-Theorien und Redoxreaktionen. Die **Vorlesung** grundlegende Anorganische Chemie vermittelt darauf aufbauend grundlegende Konzepte der anorganischen Chemie anhand der Chemie der Hauptgruppenelemente. Hierzu werden verschiedene Darstellungsmethoden der Elemente, sowie charakteristische Reaktionen mit Sauerstoff und Wasserstoff besprochen. Aufbauend auf dem Schalenmodell der Atome lernen die Studierenden so den Aufbau und die Anwendung des Periodensystems, periodische Eigenschaften der Elemente und die grundlegenden Bindungstypen – kovalent, ionisch und metallisch – kennen. Zudem wird der Einfluss von Dispersions- und Dipol-Dipol-Wechselwirkungen besprochen.

In den **Übungen** werden Inhalte der Vorlesung vertieft und zusätzlich ‚chemisch gerechnet‘.

Im **Praktikum** werden im ersten Teil der Umgang mit Glasgeräten, Messgefäßen und analytischen Waagen, sauberes chemisches Arbeiten sowie grundlegende chemische Konzepte vermittelt. Daran schließen sich insgesamt 14 quantitative Analysen mittels titrimetrischer Verfahren (Säure-Base-Titrationen, Redox-Titrationen, Komplexbildungstitrationen) sowie gravimetrische und elektroanalytische Analysen an. Das **Seminar** dient der Vorbesprechung und Auswertung der Praktikumsversuche.

Teilnahmevoraussetzungen:

keine

Leistungsnachweis:

Eine schriftliche Prüfung über den Inhalt der Vorlesung und der Übungen, die zu 60 % in die Gesamtbewertung eingeht. Seminar und Praktikum werden über benotete Protokolle bewertet, die zu 40 % in die Gesamtbenotung einfließen.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die insgesamt 5 Stunden Vorlesung, Übungen und Seminar fallen 5 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Für die 6 SWS Praktikum liegt der Arbeitsaufwand für die Vorbereitung und Auswertung der Versuche bei 3 Stunden. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 285 Stunden. Hinzu kommen 45 Stunden zur Prüfungsvorbereitung. Gesamtbelastung: 330 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 11

Modul: Physik für Naturwissenschaftler

Lernziele:

Die Veranstaltung dient der Wiederholung des Schulstoffes und vertieft diesen auf den Gebieten Mechanik, Wellenlehre und Teilgebieten der Elektrizitätslehre. Die Studierenden sollen befähigt werden, in den Gebieten grundlegende physikalische Gesetzmäßigkeiten zu erkennen und anwenden zu können. Dazu finden vertiefende Übungen statt.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Physik besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Experimentalphysik	4	1
Übungen zur Vorlesung Experimentalphysik	2	1
Praktikum Physik	4	2

Dozenten: Dozenten der Physik und Mitarbeiter

Lerninhalte:

Schwerpunkte der **Vorlesung** sind der Messvorgang und Einheitensysteme, Kinematik und Dynamik des Massenpunktes, Arbeit, Energie, Leistung und Drehbewegungen starrer Körper, erzwungene Schwingungen und Resonanz, Reflexion, Brechung, Beugung, Gruppen- und Phasengeschwindigkeit und die Gesetze der Elektrostatik.

Die **Übungen** dienen der Vertiefung des Stoffes, insbesondere zur Befähigung, Anwendungsaufgaben sicher zu lösen.

Im **Praktikum** werden folgende Versuche durchgeführt:

- Fehler einer Messung
- Erzwungene Schwingungen
- Gekoppelte Pendel
- Strom- und Spannungscharakteristik von Bauelementen
- Komplexe Widerstände
- Beugung am Spalt, an Mehrfachspalten und an Gittern
- Das Spektralphotometer
- Polarisation des Lichtes
- Interferometer nach Michelson
- Zählstatistik und β -Spektrum

Teilnahmevoraussetzungen:

Keine

Leistungsnachweis

Die Leistungen werden in einer 2-stündigen Klausur abgeprüft. Die Klausur wird zum Ende des Wintersemesters angeboten und umfasst den Stoff der Vorlesung. Ein Nachtermin wird zum Ende der vorlesungsfreien Zeit angeboten. Die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum wird durch einen unbenoteten Schein nachgewiesen. Damit ist die Note im Modul Physik mit der Klausurnote identisch.

Studentischer Arbeitsaufwand

Für die Lehrveranstaltungen fallen im ersten Studiensemester 90 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Im zweiten Studiensemester fallen 60 Stunden Anwesenheit, 20 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 10 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 300 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 10

Modul: Mathematik für Naturwissenschaftler

Lernziele:

In den Mathematik-Veranstaltungen werden die Studenten in die Lage versetzt, mit grundlegenden anwendungsrelevanten Methoden und Techniken der Mathematik umzugehen. Dazu gehört auch die Aneignung der erforderlichen Kenntnisse des Mathematischen Hintergrunds und die Fähigkeit, in Teamarbeit mit Mathematikern zu kommunizieren. Darüber hinaus wird das Analyse- und Abstraktionsvermögen für die Lösung konkreter naturwissenschaftlicher Anwendungsprobleme geschult.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Mathematik für Naturwissenschaftler besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Mathematik für Naturwissenschaftler I	2	1
Übungen Mathematik für Naturwissenschaftler I	1	1
Vorlesung Mathematik für Naturwissenschaftler II	2	2
Übungen zur Mathematik für Naturwissenschaftler II	1	2

Dozenten: *Dozenten der Mathematik*

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** Mathematik für Naturwissenschaftler I werden folgende Inhalte vermittelt: Einführung in die lineare Algebra, insbesondere reelle Vektorräume, Skalarprodukt, Matrizen, Determinanten, lineare Gleichungssysteme, Gaußscher Algorithmus; Einführung in die Analysis, insbesondere Folgen und Reihen, Differential- und Integralrechnung von Funktionen einer reellen Variablen, komplexe Zahlen.

Die Inhalte der **Vorlesung** Mathematik für Naturwissenschaftler II sind: Differentialgleichungen, Differential- und Integralrechnung von Funktionen mehrerer reeller Variablen, vektorwertige Funktionen, Eigenwerte und Eigenvektoren von Matrizen.

In den **Übungen** werden die Inhalte der beiden Vorlesungen weiter vertieft.

Teilnahmevoraussetzungen:

Keine Teilnahmevoraussetzungen für Mathematik für Naturwissenschaftler I. In der Zeit vor Vorlesungsbeginn des WS findet als Blockveranstaltung ein Mathematisches Vorsemerster für alle Studierenden statt, das Defizite in Mathematik aus der Gymnasialzeit ausgleichen soll.

Voraussetzung zur Teilnahme an der Vorlesung und den Übungen Mathematik für Naturwissenschaftler II ist die Teilnahme an der Veranstaltung Mathematik für Naturwissenschaftler I.

Leistungsnachweis:

Je eine Klausur zu den Veranstaltungen Mathematik für Naturwissenschaftler I und II.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die insgesamt 6 Stunden Vorlesung und Übungen fallen nochmals 8 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 210 Stunden. Hinzu kommen 30 Stunden zur Prüfungsvorbereitung. Gesamtbelastung: 240 Stunden

ECTS Leistungspunkte:8

Modul: AC II - Grundlegende Chemie der Metalle

Lernziele:

Die Studierenden erwerben ein grundlegendes Stoffwissen in der Anorganischen Chemie der Haupt- und Nebengruppenmetalle. Dabei wird auf ausgewählte Verbindungsklassen eingegangen (Oxide, Halogenide), die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Haupt- und Nebengruppenelementen werden besprochen und die notwendigen Modelle für ein Verständnis von Struktur und Bindung werden eingeführt. Weitere Schwerpunkte sind wichtige Herstellungsverfahren, die besonderen Eigenschaften der Nebengruppenelemente (Magnetismus, Farbigkeit) und neue Prinzipien der chemischen Bindung (koordinative Bindung, Komplexchemie) um die Besonderheiten zu erklären.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul AC II besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Nebengruppenchemie I	1	2
Vorlesung Nebengruppenchemie II	1	2

Dozenten: Dozenten der Anorganischen Chemie

Lerninhalte:

Die Vorlesung Grundlegende Chemie der Metalle befasst sich mit der Chemie der Hauptgruppenmetalle und Nebengruppenelemente. Ihre Darstellung, Struktur, Legierungen, Oxide, Hydroxide und Halogenide sowie einfach Koordinationsverbindungen werden besprochen. Besondere Eigenschaften der Nebengruppenelemente im Vergleich zu den Hauptgruppenmetallen (Magnetismus, Farbigkeit) werden diskutiert und mit einfachen Modellen erklärt.

Teilnahmevoraussetzungen:

Teilnahme am Modul AC I.

Leistungsnachweis:

Eine schriftliche Prüfung über den Inhalt der Vorlesungen.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die insgesamt 2 Vorlesungsstunden fallen zusätzlich 2 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 60 Stunden. Hinzu kommen 30 Stunden zur Prüfungsvorbereitung. Gesamtbelastung: 90 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 3

Modul: Organische Chemie I

Lernziele:

Das Modul macht die Studierenden mit den grundlegenden Konzepten, der charakteristischen Denkweise und den Fakten der Organischen Chemie bekannt. Anhand von Schlüsselexperimenten in Vorlesung und Praktikum wird die Tragfähigkeit dieser theoretischen Konzepte demonstriert, sowie eine zunehmende Sicherheit im Umgang mit ihnen bei der Lösung konkreter organisch-chemischer Problemstellungen erworben.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul OC I besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Grundlagen der Organischen Chemie	4	2
Übungen zur Vorlesung Grundlagen der Organische Chemie	2	2
Grundpraktikum der Organischen Chemie, Teil 1	5	2

Dozenten der Organischen Chemie

Lerninhalte:

Die **Vorlesung** „Grundlagen der Organischen Chemie“ behandelt nach einem *Überblick* über die Bedeutung und die Historie des Fachs folgende Themenfelder und Konzepte: *Struktur und Bindung*: Elektronegativität, Resonanz, Hybridisierung, Aromatizität.

Stereochemie: Konformation, Konfiguration, Chiralität.

Reaktivität: Chemie funktioneller Gruppen (z.B. Alkane, Alkene, Amine, Alkohole, Aldehyde, Ketone, Carbonsäuren, Ester, Amide, Aromaten).

Mechanismen: Energieprofile, Acidität, Nucleophilie/Elektrophilie, elektrophile Addition an Alkene, nucleophile Substitution am sp^3 -C-Atom, Eliminierungen, aromatische Substitution.

Im **Praktikum** erlernen die Studierenden den sicheren Umgang mit typischen Arbeitsgeräten und Techniken. Wichtige Gesichtspunkte hierbei sind:

- Gesundheit und Sicherheit im Labor; Handhabung und Entsorgung von Chemikalien.
- Nutzung der verschiedenen, auch elektronischen Quellen Organisch-chemischer Literatur.
- Arbeitstechniken der Stofftrennung, -reinigung und -charakterisierung.
- Aufbau einfacher Apparaturen aus Standardgeräten.
- Durchführung einfacher Additionen an Alkene und nucleophiler Substitutionen.

Teilnahmevoraussetzungen:

Teilnahme an den Modulen AC I und PC I, erfolgreiche Teilnahme am Praktikum im Modul AC I.

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 0,7) und Arbeitsberichte zum Praktikum (Gewichtung 0,3).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die 4 Vorlesungsstunden fallen 4 Stunden, für die 2 Übungsstunden 2 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Für die 6 SWS Praktikum liegt der Arbeitsaufwand für Vorbereitung und Versuchsauswertung bei 3 Stunden pro Woche. Somit ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 315 Stunden. Hinzu kommen 45 Stunden zur Prüfungsvorbereitung. Gesamtbelastung: 360 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 10

Modul: Physikalische Chemie II

Lernziele:

Das Modul hat zum Ziel, dass die Studierenden sich Grundkenntnisse in Physikalischer Chemie aneignen und dieselben in der Lösung einfacher Problemstellungen (einfache quantitative Berechnungen, einfache Laborexperimente) anwenden. Die Praktikumstätigkeit dient dazu, die Studierenden mit elementaren Messverfahren der Chemie vertraut zu machen und einen selbstkritischen Umgang mit Messdaten zu entwickeln. Ferner werden in einem studentischen Seminar Grundkompetenzen des öffentlichen Vortrags (Darstellung einfacher wissenschaftlicher Zusammenhänge) vermittelt.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul PC II besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Physikalische Chemie II	3	2
Übungen zur Vorlesung Physikalische Chemie II	1	2
Praktikum I der Physikalischen Chemie	4	2
Seminar zum Praktikum Physikalische Chemie I	1	2

Dozenten der Physikalischen Chemie

Lerninhalte:

Die **Vorlesung** Physikalische Chemie II baut auf die im Modul PC I behandelten Konzepte auf und führt zum Verständnis der makroskopischen Eigenschaften der Materie. Aggregatzustände, und Thermodynamik (Hauptsätze, Thermochemie, Zustandsfunktionen, chemisches Potential, Gleichgewichte) werden behandelt. Im anschließenden Kapitel Elektrochemie werden die Ionenleitung, elektrochemische Zellen, die Nernstsche Gleichung, sowie die elektrochemische Spannungsreihe behandelt. Die vorlesungsbegleitenden **Übungen** sollen die Studierenden in die Lage versetzen, das in der Vorlesung vermittelte Wissen selbständig auf praktische Beispiele anzuwenden. Zudem schulen die Übungen in Kleingruppen die Fähigkeit zu verbaler, argumentativ untermauerter Darstellung wissenschaftlicher Zusammenhänge. Im **Praktikum zum Modul** wird das in den Modulen PC I und PC II vermittelte theoretische Wissen durch selbständiges Experimentieren vertieft. Das Praktikum enthält 6 Versuche aus den Themenbereichen Thermodynamik, Kinetik und Elektrochemie. Im **Seminar** werden ausgewählte Themen aus der Physikalischen Chemie unter aktiver Beteiligung der Studierenden vertieft behandelt.

Teilnahmevoraussetzungen:

Voraussetzung ist die Teilnahme am Modul PC I. PC II baut auf Lerninhalten von PC I auf.

Leistungsnachweis:

Die Inhalte der Vorlesung und der Übungen werden in einer Klausur abgeprüft. Die praktischen Leistungen in Praktikum und Seminar werden durch einen benoteten Schein nachgewiesen. Die Modulgesamtnote setzt sich im Verhältnis 2:1 aus der Note der Klausur und der Note für Praktikum und Seminar zusammen.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die insgesamt 5 Vorlesungs- Übungs- und Seminarstunden fallen 5 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Für die 4 SWS Praktikum liegt der Arbeitsaufwand für die Vorbereitung und Auswertung der Versuche bei 3 Stunden pro Woche. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 255 Stunden. Hinzu kommen 45 Stunden zur Prüfungsvorbereitung. Gesamtbelastung: 300 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 10

Modul: Biochemie I

Lernziele:

Die Studierenden sollen die Strukturen und Funktionen der Biomoleküle kennenlernen, ein Verständnis der Mechanismen biochemischer Reaktionen erwerben, sowie ein grundlegendes Verständnis des Aufbaus und der Funktionsweise eukaryontischer Zellen erwerben.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Biochemie I	1	2
Übungen zur Vorlesung Biochemie I	1	2

Dozenten: Dozenten der Biochemie

Lerninhalte:

Vorlesung: Aminosäuren, Nukleotide und Nukleinsäuren, Struktur und Funktion von Proteinen, Enzyme, Einführung in den Stoffwechsel, Glycolyse.

In den **Übungen** werden Themen aus der Vorlesung Biochemie I aufgegriffen und vertiefend geübt.

Teilnahmevoraussetzung:

Keine

Leistungsnachweis:

Eine schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 30 Stunden Anwesenheit, 30 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 90 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 3

Modul: Biochemie II

Lernziele:

Die Studierenden sollen einen Überblick über die Wege des Grundstoffwechsels, ihre Vernetzung und ihre Regulation erhalten. Im Praktikum sollen grundlegende biochemische Messmethoden erlernt und angewendet werden.

Lehrformen und -zeiten:

Das Modul Biochemie II besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Biochemie II	2	3
Übungen zur Vorlesung Biochemie II	1	3
Praktikum Biochemie II	2	3

Dozenten:

Dozenten der Biochemie

Lerninhalte:

Vorlesung Biochemie II: Aminosäuren, Nukleotide und Nukleinsäuren, Struktur und Funktion von Proteinen, Enzymkinetik, ausgewählte Enzymmechanismen, Regulation der enzymatischen Aktivität, Membranen, Bioenergetik, Glycolyse, Citratcyclus, Glycogenmetabolismus,, Aminosäurestoffwechsel, Fettstoffwechsel, Oxidative Phosphorylierung, Pentosephosphatweg, Gluconeogenese. In den **Übungen** werden Themen aus der Vorlesung Biochemie II aufgegriffen und vertiefend geübt.

Im **Praktikum** werden grundlegende biochemische Methoden vermittelt, insbesondere die Isolierung von Proteinen und ihre Analyse mittels Spektroskopie und Gelelektrophorese, sowie die kinetische Analyse enzymkatalysierter Reaktionen.

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen PC I und AC I. Die in diesen Modulen vermittelten Kenntnisse sind als Grundlage für Biochemie II notwendig. Teilnahme am Modul OC I und Biochemie I. Biochemie II baut auf dem Modul Biochemie I sowie einzelnen Lerninhalten von OC I auf. Diese Teilnahmevoraussetzungen gelten für Studierende, die ihr Studium im WS 2019 oder später aufnehmen.

Leistungsnachweis:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine schriftliche oder mündliche Prüfung. Die Modulnote kann erst erteilt werden, wenn die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum nachgewiesen ist.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 75 Stunden Anwesenheit, 55 Stunden Vor- und Nachbereitungszeit sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 180 Stunden.

ECTS-Leistungspunkte: 5

Modul: Zellbiologie

Lernziele:

Es wird ein grundlegendes Verständnis des Aufbaus und der Funktionsweise eukaryontischer Zellen vermittelt. Dabei werden zellbiologische Fragestellungen mit den Nachbardi-ziplinen Molekularbiologie, Biochemie, Genetik und Pathologie verknüpft.

Lehrformen und -zeiten:

Das Modul Zellbiologie besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Zellbiologie	2	3

Dozenten:

Dozenten der Zellbiologie

Lerninhalte:

Aufbau und Evolution eukaryontischer Zellen werden vorgestellt. Die Grundfunktionen der Zelle werden ausgehend von der molekularen Ebene bis hin zu der Eingliederung in Gewebeverbände präsentiert. Dabei werden u.a. die folgenden Themen diskutiert: Biomembranen, Zellarchitektur, intrazelluläre Transportprozesse, Cytoskelett und Zellmotilität, Bioenergetik, Zellzyklus, Zelldifferenzierung und Zelltod. An ausgewählten Beispielen werden Verbindungen von Fehlfunktionen der Zelle zu pathologischen Prozessen aufgezeigt.

Teilnahmevoraussetzung:

Keine

Leistungsnachweis:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine schriftliche oder mündliche Prüfung.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 30 Stunden Anwesenheit, 30 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 90 Stunden.

ECTS-Leistungspunkte: 3

Modul: Organische Chemie II

Lernziele:

Aufbauend auf den im Modul OC I erworbenen Grundkenntnissen wird ein tiefergehendes Verständnis der Mechanismen chemischer Reaktionen und eine Zusammenschau stoffchemischer Einzelfakten vermittelt. Im Praktikum lernt der Studierende weitere wichtige Arbeitstechniken und Reaktionen kennen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul OC II besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Übungen zum Grundpraktikum Organische Chemie (Teil 2), (für Biochemiker)	1	3
Grundpraktikum der Organischen Chemie, Teil 2	9	3

Dozenten der Organischen Chemie

Lerninhalte:

Im Praktikum werden die folgende Reaktionstypen praktisch erprobt durch:

- Einsatz komplizierterer Reaktionsaufbauten, Geräte und Techniken.
- Weitere Methoden der Reinstoffgewinnung und -identifizierung.
- Reaktionen von Carbonylverbindungen.
- Elektrophile und nucleophile aromatische Substitution.
- Redoxprozesse (Reduktionen mit komplexen Hydriden, Oxidation von Alkoholen).
- Ionische Umlagerungen (Beckmann, Hofmann-Abbau).

In den begleitenden Übungen wird der theoretische Hintergrund zu den Reaktionstypen und ihren Mechanismen vertieft.

Teilnahmevoraussetzungen:

Erfolgreiche Teilnahme am Modul OC I. Zulassung zum Grundpraktikum Teil 2 nur mit bestandener Klausur zur Vorlesung „Grundlagen der Organischen Chemie“.

Leistungsnachweis:

Eine schriftliche (oder mündliche) Prüfung am Praktikumsende über den Inhalt des Praktikums und der begleitenden Übungen, die zu 50 % in die Gesamtbewertung eingeht. Das Praktikum wird über schriftliche und mündliche Arbeitsberichte bewertet, deren Noten zu insgesamt 50 % in die Gesamtnote einfließen.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 150 Stunden Anwesenheit, 60 Stunden Vor- und Nachbereitungszeit sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 240 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 8

Modul: Einführung in die Quantenchemie

Lernziele:

Das Modul hat zum Ziel, dass die Studierenden sich weiterführende Kenntnisse in Physikalischer Chemie aneignen. Die Lösung fortgeschrittener Problemstellungen wird in den Übungen vertieft.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul PC III besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Physikalische Chemie III	2	3
Übungen zur Vorlesung Physikalische Chemie III	1	3

Dozenten der Physikalischen Chemie

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** PC III wird zunächst die Quantenmechanik durch Anwendung auf kompliziertere Systeme (Teilchen im 3-dimensionalen Kasten, H-Atom) weiter vertieft und an molekularen Systemen zur Anwendung gebracht (LCAO, MO-Theorie, chemische Bindung). Die Behandlung von Rotationen, Schwingungen, die Untersuchung mit spektroskopischen Methoden schließt sich an. Die vorlesungsbegleitenden **Übungen** sollen die Studierenden in die Lage versetzen, das in der Vorlesung vermittelte theoretische Wissen selbständig auf praktische Beispiele anzuwenden. Zudem schulen die Übungen in Kleingruppen die Fähigkeit zu verbaler, argumentativ untermauerter Darstellung wissenschaftlicher Zusammenhänge.

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme am Modul PC I, Teilnahme am Modul PC II. PC III baut auf den Lerninhalten dieser beiden Module auf.

Diese Teilnahmevoraussetzungen gelten für Studierende, die ihr Studium im WS 2015 oder später aufnehmen.

Leistungsnachweis:

Die Inhalte der Vorlesung und der Übungen werden in einer Klausur abgeprüft.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 45 Stunden Anwesenheit, 45 Stunden Vor- und Nachbereitungszeit sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 120 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 4

Modul: Botanik

Lernziele:

Die Studierenden sollen einen Überblick über Aufbau, Funktion, Fortpflanzung und Evolution der Pflanzenwelt erwerben, wobei besonderes Gewicht auf die Samenpflanzen gelegt wird.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Botanik besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Botanik I	2	3
Praktikum Botanik ¹	3	4

¹ als Block nach der Vorlesungszeit

Dozenten: Dozenten der Botanik

Lerninhalte:

Die Vorlesung behandelt nach einer Einführung in die Bedeutung der Pflanzen und der Teilwissenschaften der Botanik zuerst den Bau der pflanzlichen Zelle und die Rolle der einzelnen Zellkomponenten, in Besonderheit jene die pflanzentypisch sind. Darauf aufbauend werden die verschiedenen Organisationsstufen der Pflanzenwelt vorgestellt vom Einzeller über die verschiedenen Thallusformen bis zu den Gefäßpflanzen. Letztere werden ausführlich in ihrer Morphologie und dem anatomischen Aufbau ihrer Organe (Wurzel, Spross, Blatt, Blüte) gezeigt samt den Abwandlungen der Organe für spezifische Funktionen und den Mechanismen der Fortpflanzung.

Sodann werden die Steuerung der Entwicklung durch äußere und innere Faktoren und die Wechselwirkung der Pflanzen mit ihrer unbelebten und belebten Umgebung durchgenommen. Schließlich werden die physiologischen Vorgänge in der Pflanze und ihre Bedeutung ausführlich erläutert, vor allem jene die nicht in tierischen Organismen vorkommen, also Photosynthese und deren Steuerung und Anpassung an ökologische Bedingungen, die pflanzlichen Besonderheiten der Dissimilation, der Wasserhaushalt, die Mineralstoffernährung und die Wege und Mechanismen des Nährstoff- und Assimilattransports.

Im Praktikum werden Versuche zur Photosynthese, zum Stärkeabbau und dessen Steuerung bei der Keimung, und zum Wassertransport in Wurzel, Spross und Blatt durchgeführt. Diese Versuche werden begleitet von der Anfertigung mikroskopischer Präparate und deren Dokumentation mit dem Ziel die Kenntnisse über den anatomischen Aufbau der Pflanzen zu vertiefen.

Teilnahmevoraussetzung:

Keine

Leistungsnachweis:

Schriftliche Prüfung zur Vorlesung (3,5 LP), benotete Arbeitsberichte zu den Praktikumsaufgaben (1,5 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 75 Stunden Anwesenheit, 45 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 150 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 5

Modul: Allgemeine Genetik

Lernziele:

Die Studierenden sollen die Grundlagen in der klassischen und molekularen Genetik erwerben und die wichtigen gentechnischen Anwendungen in Theorie und Praxis kennen lernen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Genetik besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Genetik I	2	3
Übungen Genetik	1	3
Praktikum Genetik	2	3

Dozenten: Dozenten der Genetik

Lerninhalte:

In der Vorlesung werden die Grundlagen der klassischen und molekularen Genetik behandelt, nämlich Struktur der Erbinformation (DNA, RNA, Chromosomen), Weitergabe der Erbinformation (DNA-Replikation, Mitose, Meiose), Funktion der Erbinformation (Transkription, Prozessierung, Translation, Regulation der Genexpression), Stabilität der Erbinformation (spontane und induzierte Mutationen, DNA-Reparatur, Rekombination, bewegliche genetische Elemente, Viren, Krebs).

Die wichtigen gentechnischen Anwendungen, die sich aus dem theoretischen Verständnis ergeben haben, werden vorgestellt: DNA-Hybridisierung, DNA-Chips, Polymerasekettenreaktion (PCR), DNA-Sequenzierung, Genomprojekte, rekombinante Gentechnologie, Klonierung, gentechnisch veränderte Organismen (GVO), gezielte Geninaktivierung, Reporterkonstrukte, Expressionsvektoren, RNA-Interferenz.

Das Praktikum beinhaltet ein Klonierungsexperiment (DNA-Fragment-Herstellung durch PCR, Gelelektrophorese, Restriktion, Ligation, Transformation von *E. coli*, Plasmid-präparation) und Experimente zu Mutagenese, DNA-Reparatur, Genkartierung, und Genregulation.

Teilnahmevoraussetzung:

Keine

Leistungsnachweis:

Schriftliche Prüfung zu den Lerninhalten von Vorlesung, Übungen und Praktikum.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 75 Stunden Anwesenheit, 55 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 180 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 5

Modul: Allgemeine Mikrobiologie

Lernziele:

Den Studierenden werden die Grundlagen der Mikrobiologie sowie relevante mikroskopische Arbeitstechniken vermittelt. Die Studierenden sollen die wichtigsten Mikroorganismen identifizieren können, ihre Stoffwechsellösungen und deren molekulare Grundlagen kennen lernen und die Bedeutung von Mikroorganismen in der Biotechnologie, Lebensmitteltechnologie, Medizin und Hygiene verstehen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Allgemeine Mikrobiologie	2	3
Seminar	1	3
Praktikum	2	3

Dozenten:

Dozenten der Mikrobiologie

Lerninhalte:

Die Vorlesung beinhaltet grundlegende Aspekte der Mikrobiologie, dies sind insbesondere: Struktur und Funktion der prokaryontischen Zelle, Kultivierung von Mikroorganismen und deren Wachstumskontrolle, Vielfalt des mikrobiellen Stoffwechsels, Zelldifferenzierung, Phylogenie, Systematik und Vielfalt von Prokaryonten sowie die medizinische und biotechnologische Bedeutung von Mikroorganismen.

Gegenstand von Seminar und Praktikum sind Theorie und Praxis der Kultivierung von Mikroorganismen in festen und flüssigen Medien, Techniken für die Abtötung, den Ausschluss und die sichere Handhabung von Mikroorganismen, mikroskopische Techniken, Selektion von Mikroorganismen, Prüfung auf Sensitivität und Konzentration von Antibiotika und Wirkstoffen, Nachweis und Analyse wichtiger Mikroorganismengruppen und ihrer Leistungen, Hefen und alkoholische Gärung, Lactobacteriaceae und Milchsäurebildung, Enterobacteriaceae, Differentialdiagnose und gemischte Säuregärung, Clostridien und Buttersäuregärung, Azotobacter, Cyanobakterien und Fixierung von N₂, Sporenbildner, Speicherstoffe, Identifizierung mikroskopischer Pilze, Lysozymwirkung und Zellaufschluss.

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zum Stoff von Vorlesung, Seminar und Praktikum.

Teilnahmevoraussetzung:

Voraussetzung für die Teilnahme an Seminar und Praktikum ist die vorherige Teilnahme an der Vorlesung.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 75 Stunden Anwesenheit, 55 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 180 Stunden.

ECTS-Leistungspunkte: 6

Modul: Biochemie III

Lernziele:

Die Studierenden sollen die grundlegenden biochemischen Vorgänge der Verarbeitung der genetischen Information sowie die Prinzipien der Signaltransduktion, des zellulären Transports, der Membranfunktion und der Immunantwort kennen lernen.

Lehrformen und -zeiten:

Das Modul Biochemie III besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Biochemie III	3	4
Übungen zur Vorlesung Biochemie III	1	4
Praktikum Biochemie III	10	4

Dozenten der Biochemie

Lerninhalte:

Vorlesung Biochemie III:

Nukleinstoffwechsel, Struktur der RNA und DNA, Replikation, Transkription, Translation, Proteintransport, Signaltransduktion, Biochemie der Bewegungssysteme, Immunchemie, Membranbiochemie.

In den Übungen werden Themen aus der Vorlesung aufgegriffen und vertiefend geübt.

Im Praktikum werden folgende Inhalte vermittelt:

Enzymkinetik; Reinigung und Charakterisierung von Enzymen; Isolierung von RNA und Identifikation von Ribonukleotiden; Chemische Synthese von AMP aus Adenosin; Bestimmung des N-Terminus von Proteinen;

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen PC I, AC I, OC I und Biochemie I. Die in diesen Modulen vermittelten Kenntnisse sind als Grundlage für Biochemie III notwendig. Teilnahme an den Modulen Biochemie II, Zellbiologie und OC II. Biochemie III baut auf einzelnen Lerninhalten von Biochemie II, Zellbiologie und OC II auf.

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 0,7), benotete Arbeitsberichte zum Praktikum (Gewichtung 0,3).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 210 Stunden Anwesenheit, 110 Stunden Vor- und Nachbereitungszeit sowie 70 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 390 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 14

Modul: Humanbiologie

Lernziele:

Grundkenntnisse und Verständnis der dem Bau und Funktion des menschlichen Körpers zugrundeliegenden Prinzipien, sowie aktueller medizinischer, philosophischer und ethischer Themen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Humanbiologie	3	4
Übungen Humanbiologie	1	4

Dozenten der Tierphysiologie und Biologie

Lerninhalte:

In der Vorlesung Humanbiologie werden Bau, Funktion, Entwicklung und Leistung des menschlichen Körpers ebenso behandelt, wie wichtige Erkrankungen des menschlichen Körpers. Ein wichtiges Thema ist die Frage nach der Sonderstellung des Menschen und seines Nervensystems..

Teilnahmevoraussetzungen:

Keine

Leistungsnachweis:

Eine schriftliche Prüfung

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 50 Stunden Anwesenheit, 40 Stunden Vor- und Nachbereitungszeit sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 120 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 5

Modul: Grundlagen der Bioinformatik

Lernziele:

Die Studierenden sollen die Grundlagen der Bioinformatik erwerben und die wichtigen Anwendungen in Theorie und Praxis kennen lernen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Grundlagen der Bioinformatik besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Bioinformatik	2	4
Praktikum Bioinformatik	3	4

Dozenten: Dozenten der Bioinformatik

Lerninhalte:

In der Vorlesung werden die Zusammenhänge zwischen Information und Biologie dargestellt. Dabei werden sowohl die Anwendung informationstheoretischer Methoden zur Analyse molekularer biologischer Daten im Vordergrund (Datenbanken und Datenbanksuche, Sequenzen und Sequenzalignments, phylogenetische Stammbäume) als auch Grundlagen der molekularen Modellierung, der Strukturvorhersage und des Drug Designs behandelt.

Im Praktikum lernen die Studierenden, die verschiedenen informationstheoretischen Methoden an praktischen Beispielen anzuwenden (Nutzung des Internets für den Einsatz bioinformatischer Methoden, Benutzung web-basierter Datenbanken, Erstellen von Sequenzalignments, Molekulare Modellierung, Visualisierung biomolekularer Strukturen, Analyse metabolischer Netzwerke). Daneben erfolgt eine Einführung in das Betriebssystem UNIX.

Teilnahmevoraussetzung:

Teilnahme an den Modulen Biochemie I und Zellbiologie.

Leistungsnachweise:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine benotete mündliche oder schriftliche Prüfung. Die Modulnote kann erst erteilt werden, wenn die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum nachgewiesen ist. Die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum wird durch Annahme des Praktikumsprotokolls nachgewiesen.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 75 Stunden Anwesenheit, 45 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 150 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 5

Modul: Einführung in die Biophysikalische Chemie

Lernziele:

Die Studierenden sollen grundlegende Kenntnisse über die physikalischen Grundlagen von Lebensprozessen und Strukturprinzipien biologischer Makromoleküle erwerben. Weiterhin werden die wesentlichen physikalischen und theoretischen Techniken zur Bestimmung von Struktur und Dynamik von Biomolekülen vermittelt.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Einführung in die Biophysikalische Chemie besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Biophysikalische Chemie	2	5
Übungen/Seminar Biophysikalische Chemie	2	5
Praktikum Biophysikalische Chemie	9	5

Dozenten: Dozenten der Biophysikalischen Chemie

Lerninhalte:

In der Vorlesung werden die Grundlagen der Strukturen von biologischen Makromoleküle, ihre Symmetrien, Strukturhierarchien sowie deren experimentelle Bestimmung mittels physikalischer Methoden behandelt. Dabei werden die physikalischen Grundlagen (Elektromagnetische Wellen, thermodynamische Betrachtungen, Dipol-Dipol Wechselwirkungen) und die Anwendung verschiedener Techniken zur strukturellen Charakterisierung (u.a. Magnetische Kernresonanz, Röntgenkristallographie, optische Spektroskopie) sowie die Grundlagen der Moleküldynamik (Kraftfelder, numerische Integration der Bewegungsgleichungen und numerische Minimierung) erarbeitet.

Im anschließenden Praktikum Biophysikalische Chemie werden verschiedene biophysikalische Techniken praktisch und theoretisch angewandt: z.B. hochauflösende magnetische Kernresonanz, Computerauswertung der NMR Messdaten, Strukturberechnung, Proteinkristallisation, optische Spektroskopie

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen PC I, PC II, BC I, Mathematik I und II. Die in diesen Modulen vermittelten Kenntnisse sind als Grundlage für Biophysikalische Chemie notwendig.

Leistungsnachweise:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine benotete schriftliche oder mündliche Prüfung zu den Inhalten der Lehrveranstaltungen des Moduls. Die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum wird durch Annahme der Praktikumsprotokolle nachgewiesen. Die Modulnote kann erst erteilt werden, wenn die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum nachgewiesen ist.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 195 Stunden Anwesenheit, 105 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 60 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 360 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 12

Modul: Gentechnik

Lernziele:

Die Studierenden sollen vertieft das Methodenspektrum der Gentechnologie einschließlich der theoretischen Hintergründe verstehen und in dem Praktikum fundamentale Techniken erlernen und erfolgreich anwenden.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Gentechnik besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Gentechnik	2	5
Seminar Gentechnik	2	5
Praktikum Gentechnik	5	5

Dozenten der Genetik

Lerninhalte:

In der Vorlesung werden grundlegende gentechnische Methoden behandelt und ihre Anwendung in der Forschung sowie der industriellen Gentechnik vorgestellt. Zu den behandelten Themen gehören u.a. die Methoden zur Analyse und enzymatischen Modifikation von DNA und RNA, die Erzeugung von Klonen, Genbibliotheken und transgenen Organismen, die Produktion sowie Reinigung rekombinanter Proteine, Methoden zur Analyse der Genexpression, gentechnische Methoden für die Anwendung in der Humanmedizin, der Landwirtschaft und der Biotechnologie. Im begleitenden Seminar werden ausgewählte Originalarbeiten mit Bezug zu gentechnischen Methoden vorgestellt. Im praktischen Teil werden wichtige gentechnische Methoden erlernt (z.B. Herstellung und Analyse rekombinanter Plasmide, Transposoninsertionskartierung durch inverse PCR, Überproduktion eines Proteins in *Escherichia coli*, Erzeugung und Nachweis einer knock-out Mutante durch homologe Rekombination in *Bacillus subtilis*, Two-Hybrid-Experimente in Hefe).

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme am Modul Allgemeine Genetik

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zu den Inhalten von Vorlesung, Seminar und Praktikum (5 LP), benoteter Seminarvortrag (2 LP), und benotetes Praktikumsprotokoll (2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 135 Stunden Anwesenheit, 85 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Modul: Biochemische Methoden

Lernziele:

Die Studierenden sollen aktuelle biochemische Arbeitsmethoden und Verfahren zum Studium von Struktur und Interaktion von Proteinen und Nukleinsäuren kennen lernen. Sie sollen in die Prinzipien der Methoden sowie ihre Auswertung eingeführt werden und sie sollen deren Aussagekraft kennen lernen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Biochemische Methoden besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Biochemische Methoden	2	5
Seminar Biochemische Methoden	1	5
Ringvorlesung	1	5
Praktikum Biochemische Methoden	7	5

Dozenten: Dozenten der Biochemie

Lerninhalte:

Vorlesung Biochemische Methoden: Reinigung, Aktivierung rekombinanter Proteine, Tagging Verfahren, Enzymkinetik: Steady State, schnelle Kinetik (Stopped-Flow, T-Jump), Ultrazentrifugation, Bindungsgleichgewichte: Formalismus, Methoden z. Bestimmung von Gleichgewichtskonstanten Fluoreszenzspektroskopische Analyse, CD v. Proteinen, Elektrophorese: Prinzipien, Anwendung, Proteomanalyse, Protein-Protein-Interaktion, Quervernetzung, Protein-Nukleinsäure-Interaktion.

In den Übungen werden Themen aus der Vorlesung aufgegriffen und vertiefend geübt.

Im Praktikum werden folgende methodische Ansätze an Modellreaktion behandelt: Faltung und konformationelle Stabilität von Proteinen ; Protein-Liganden-Wechselwirkung; Active Site Titration; Protein-Nukleinsäure-Interaktion (Gelretardation); Reinigung v. Proteinen.

Die Modulkomponente ‚Ringvorlesung‘ beinhaltet den Besuch wissenschaftlicher Vorträge zu aktueller Forschung. Besucht werden kann die Ringvorlesung, in deren Rahmen Dozenten der Chemie und verwandter Fachrichtungen in verständlicher Form Themen aus der aktuellen Forschung der Bayreuther Arbeitsgruppen vorstellen. Stattdessen können auch andere wissenschaftliche Vorträge, wie z. B. im Rahmen der Seminarreihen GdCh und BZMB besucht werden. Der Besuch ist per Unterschrift zu dokumentieren, insgesamt sollen 8 Veranstaltungen besucht werden.

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Biochemie I, Biochemie II und Zellbiologie. Teilnahme am Modul Biochemie III. Die in diesen Modulen vermittelten Kenntnisse sind als Grundlage für Biochemie Methoden notwendig. Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Allgemeine Genetik und AC I.

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 0,7), benotete Arbeitsberichte zum Praktikum (Gewichtung 0,3).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 150 Stunden Anwesenheit, 80 Stunden Vor- und Nachbereitungszeit sowie 40 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 10

Wahlpflichtmodul: Eukaryontengenetik (Modulverantwortliche: Dozenten der Genetik)

Lernziele

Den Studierenden sollen vertiefte Kenntnisse der Genetik, insbesondere von einfachen und höheren Eukaryonten (Hefe, *Drosophila*, *Caenorhabditis*) vermittelt werden. Durch ausgewählte Kapitel der Eukaryontengenetik sollen die Studierenden an die Theorie und Praxis der modernen genetischen Forschung herangeführt werden.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Eukaryontengenetik besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Eukaryontengenetik	2	6
Seminar Eukaryontengenetik	2	6
Praktikum Eukaryontengenetik	5	6

Dozenten:

Dozenten der Genetik

Lerninhalte:

Es wird eine Vielzahl von methodischen Ansätzen der modernen und klassischen Genetik vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird dabei auf den Modellorganismus *Drosophila melanogaster* gerichtet. Ausgewählte Kapitel der Entwicklungsgenetik, der Verhaltensgenetik sowie Modellsysteme für neurodegenerative Erkrankungen des Menschen werden am Beispiel *Drosophila* behandelt. Weiterhin wird die Bedeutung der Chromatinstruktur sowie das Konzept der Epigenetik erläutert. Spezialthemen stellen die Genregulation durch alternatives Spleißen, die Dosiskompensation X-chromosomaler Gene sowie die Analyse und Struktur des humanen Genoms dar. Im parallel durchgeführten Seminar werden Vorlesungsthemen durch Diskussion wegbereitender sowie aktueller Forschungsarbeiten ergänzt. Im dreiwöchigen Blockpraktikum werden Vorlesungs- und Seminarthemen mit Hilfe von Experimenten der klassischen und molekularen Genetik in erster Linie mit *Taufliegen* und Hefen vertieft und wichtige Methoden erlernt (Segregationsanalysen zur Transgenkartierung, in-situ-Hybridisierung, meiotische und mitotische Rekombination, Charakterisierung von Überexpressionsphänotypen, Präparation von Imaginalscheiben, Immunfluoreszenz).

Teilnahmevoraussetzung:

Die erfolgreiche Teilnahme am Modul *Allgemeine Genetik* bzw. der Nachweis äquivalenter Leistungen

Leistungsnachweis:

Klausur oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 5 LP); Vortragsleistung im Seminar (Gewichtung 2 LP) benotetes Protokoll zum Praktikum (Gewichtung 2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 135 Stunden Anwesenheit, 105 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Bioorganische Chemie **(Modulverantwortliche: Dozenten der Bioorganischen Chemie)**

Lernziele:

Ausgehend von der Struktur, den Eigenschaften und der Synthese von Biomakromolekülen wird ein interdisziplinärer Ansatz gewählt, um das Potential von gezielten Veränderungen an Biomolekülen für biomedizinische Zwecke aufzuzeigen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Bioorganische Chemie besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Bioorganische Chemie	2	4-6
Praktikum Bioorganische Chemie	8	4-6

Dozenten: Dozenten der Bioorganischen Chemie

Lerninhalte:

Die **Vorlesung** stellt die wichtigsten Klassen von Biomakromolekülen vor und geht ausführlich auf moderne Synthesemöglichkeiten sowie die biologische Bedeutung der einzelnen Stoffklassen ein. Im Einzelnen werden behandelt: *Biologisch aktive Peptide, chemische und enzymatische Synthesen von Aminosäuren und Peptiden, analytische Methoden zur Trennung und Charakterisierung von Biomolekülen, Festphasensynthesen, Proteinsynthese, kombinatorische Synthese, Kohlenhydrate, Nukleinsäuren.*

Im **Praktikum** werden die theoretischen Kenntnisse mit Versuchen zu folgenden Themengebieten vertieft:

- Festphasensynthese und Peptidsynthese.
- Enzymatische Reaktionen.
- Kombinatorische Chemie.
- Strukturelle Charakterisierung der Produkte mit spektroskopischen Methoden.

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Organische Chemie I und Organische Chemie II

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 4,5 LP), Arbeitsberichte zum Praktikum (Gewichtung 4,5 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 140 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 40 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Zellbiologie: Funktion und Biogenese von Zellorganellen

(Modulverantwortliche: Dozenten der Zellbiologie)

Lernziele:

Ziel des Moduls ist, dass die Studierenden ein vertieftes Verständnis der Funktionsweise eukaryontischer Zellen erwerben, wobei wichtige Konzepte der zellbiologischen Forschung vermittelt werden. Es werden die allgemeinen Prinzipien dargestellt, die der Biogenese membranumschlossener Zellorganellen zugrunde liegen, und die Funktionsweise der wichtigsten Zellorganellen wird erarbeitet.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Funktion und Biogenese von Zellorganellen besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Zellorganellen	2	6
Seminar Zellorganellen	2	6
Praktikum Zellorganellen	5	6

Dozenten:

Dozenten der Zellbiologie

Lerninhalte:

Die allgemeinen Prinzipien der Biogenese von Zellorganellen und die spezielle Biologie der wichtigsten Organellen sind Gegenstand der Vorlesung. Dabei wird das Prinzip der Kompartimentierung im Zusammenhang mit der evolutionsgeschichtlichen Entstehung von eukaryontischen Zellen erläutert. Allgemeine Mechanismen des Aufbaus und der Vererbung von Zellorganellen und die Funktionsweise der wichtigsten Organellen werden detailliert dargestellt. Im Praktikum werden Funktion und Biogenese von Mitochondrien mit dem Modellorganismus Bäckerhefe untersucht. Dabei bekommen die Studierenden eine Reihe von Mutanten mit mitochondrialen Defekten, die sie über verschiedene Methoden untersuchen (einfache genetische Tests, Isolierung von Zellorganellen, Messung von Enzymaktivitäten, Fluoreszenzmikroskopie und Elektronenmikroskopie). Am Ende des Praktikums sollen sie mit den erarbeiteten Ergebnissen ein Bild der Defekte in den untersuchten Mutanten entwickeln. Im Seminar werden aktuelle wissenschaftliche Arbeiten zur Biologie der Mitochondrien diskutiert. Insbesondere soll das Konzept der Erforschung grundlegender zellulärer Prozesse mit geeigneten Modellorganismen verdeutlicht werden, und aktuelle Entwicklungen der zellbiologischen Methodik sollen dargestellt werden.

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Biochemie I, Biochemie II und Zellbiologie.

Leistungsnachweis:

Klausur (Gewichtung 3 LP), benoteter Seminarvortrag (Gewichtung 3 LP) und benotetes Protokoll (Gewichtung 3 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 135 Stunden Anwesenheit, 105 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Molekulare und angewandte Mikrobiologie (Modulverantwortliche: Dozenten des Lehrstuhls Mikrobiologie)

Lernziele:

Vertieftes Verständnis der Grundlagen der molekularen Mikrobiologie und Genetik, der prokaryontischen Stoffwechselfielfalt und genetischen Regulation, Signaltransduktion, Synthese biologischer Makromoleküle, Motilität, Grundlagen der genomischen und metagenomischen Analyse von Bakterien und der mikrobiellen Zellstruktur. Dabei werden die Studierenden mit aktuellen Entwicklungen und Methoden der mikrobiologischen Forschung vertraut gemacht.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung	2	6
Seminar	2	6
Praktikum	5	6

Dozenten: Dozenten der Mikrobiologie

Lerninhalte:

Die Vorlesung **Molekulare Mikrobiologie** führt ein in erweiterte Aspekte der molekularen Mikrobiologie, dies sind insbesondere: Grundlagen der bakteriellen Molekulargenetik, der genetischen Regulation und Signaltransduktion sowie der mikrobiellen Zellbiologie.

Im Praktikum **Molekulare und metabolische Vielfalt der Mikroorganismen** werden erweiterte Aspekte der molekularen Mikrobiologie anhand biotechnologisch und ökologisch relevanter Mikroorganismen untersucht. Im Fokus der Experimente stehen Anreicherung, Isolierung und Kultivierung anspruchsvoller Mikroorganismen wie z. B. mariner Leuchtbakterien, magnetotaktischer Bakterien und fruchtkörperbildender Myxobakterien. Mit diesen und weiteren Mikroorganismen werden verschiedene Arten der bakteriellen Motilität und Signaltransduktion (Chemo-, Aero- und Magnetotaxis) sowie ausgewählte Stoffwechsellleistungen analysiert. Darüber hinaus werden biotechnologisch relevante bakterielle Speicherstoffe und Zellorganellen isoliert und analysiert. Dabei kommen anspruchsvolle physiologische, molekulargenetische und mikroskopische Methoden zur Anwendung.

Im Projektseminar werden Vorlesungs- und Praktikumsthemen sowie die verwendeten experimentellen Methoden anhand der aktuellen Forschungsliteratur ausführlich diskutiert und die erworbenen Kenntnisse vertieft.

Teilnahmevoraussetzung:

Erfolgreiche Teilnahme am Modul Allgemeine Mikrobiologie

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (4 LP), benoteter Seminarvortrag (2 LP) und benotetes Protokoll (3 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand

9 SWS Lehrveranstaltungen (135 Stunden), 135 Stunden Vor- und Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung, insgesamt 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Biotechnologie

(Modulverantwortliche: Dozenten der Bioprozesstechnik)

Lernziele

Die Studierenden sollen vertiefte Kenntnisse bezüglich der Nutzung biologischer Systeme in einem technischen Zusammenhang erwerben, insbesondere im Bereich der modernen, pharmazeutisch / medizinisch aber auch systembiologisch / industriell ausgerichteten Biotechnologie. Daneben sollen verfahrenstechnische und regulatorische Voraussetzungen der Bioprozessentwicklung vermittelt und eine Grundlage für eine verbesserte Kommunikation zwischen Natur- und Ingenieurwissenschaftlern gelegt werden.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung: Produkte aus Zellen, Zellen als Produkte	2	5
Seminar: Aktuelle Aspekte der Biotechnologie	2	5
Praktikum	5	5

Dozenten

Dozenten der Bioprozesstechnik

Lerninhalte

Es werden die folgenden Themen bearbeitet: zelluläre Biotechnologie (Expressions-systeme, Kultivierungsbedingungen im Bereich Tierzellen), industrielle Biotechnologie (technische Enzyme, Ganzzelltransformationen, Proteindesign, Metabolic Engineering), Bioreaktionstechnik (Bioreaktoren, Prozessführung, Grundoperationen, Prozessanalytik, computerunterstützte Prozesssimulation), Produktgewinnung und –reindarstellung (Downstream Processing Grundoperationen, Apparaturen, Strategien), Qualitätskontrolle (Prozess, Produkt), regulatorische Aspekte (Prinzipien der „Good Manufacturing Practice“ und „Good Laboratory Practice“ (GMP/GLP), Sicherheitsaspekte, Zulassung, nationale und internationale gesetzliche Bestimmungen), sowie Prozesskunde (Herstellung von rekombinanten Proteinen, Herstellung von Antikörpern mit Hybridomzellen, Herstellung pharmazeutischer Plasmid DNA, Tissue Engineering. Im Seminar werden die Vorlesungsinhalte durch Diskussion von aktuellen biotechnologischen Forschungsgebieten und Fragestellungen vertieft, und es wird ein kurzer Projektierungskurs in den Bereichen „Prozessentwicklung“ absolviert. Im Praktikum werden vor allem die technischen Aspekte (Bioreaktoren, Aufbereitungsverfahren, computerunterstützte Prozesssimulation) an einer eigenständig zu bearbeitenden wissenschaftlichen Fragestellung veranschaulicht.

Teilnahmevoraussetzung

Biologische und biochemische Grundkenntnisse

Leistungsnachweis

Mündliche oder schriftliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 4 LP), Benotung der Seminarbeiträge (Gewichtung 2,5 LP), sowie Benotung der Leistung im Praktikum und des im Praktikum geführten Labortagebuchs (Gewichtung 2,5 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand

135 Stunden Anwesenheit, 85 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Bioinformatik: Molekulare Modellierung (Modulverantwortliche: Dozenten der Strukturbiologie/Bioinformatik)

Lernziele:

Die Studierenden sollen grundlegende Kenntnisse der Methoden und Anwendungen der Molekularen Modellierung biologischer Makromoleküle erwerben.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Molekulare Modellierung besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Molekulare Modellierung	2	5
Seminar Molekulare Modellierung	2	5
Praktikum Molekulare Modellierung	5	5

Dozenten:

Dozenten der Bioinformatik

Lerninhalte:

In der Vorlesung Bioinformatik und molekulare Modellierung werden die grundlegenden theoretischen Grundlagen der molekularen Modellierung (Molekulare Kraftfelder, biomolekulare Elektrostatik, klassische und statistische Mechanik), deren numerische Ausführungen (Molekulardynamik-Simulationen, Energieminimierung und Normalmoden-Analyse, Monte Carlo Simulationen), Grundlagen quantenchemischer Methoden sowie die Modellierung biochemischer Reaktionen und Ligandenbindung behandelt.

Im Seminar werden die Themen der Vorlesung durch Vorträge der Studenten vertieft. Dabei sollen aktuelle wissenschaftliche Artikel wie auch Übersichtsartikel als Vorlage dienen.

Im Praktikum molekulare Modellierung werden verschiedene Techniken (u.a. Analyse biomolekularer Strukturen, Berechnung elektrostatischer Eigenschaften von Biomolekülen, Normalmoden-Analyse und einführende quantenchemische Methoden) exemplarisch an ausgewählten Fallbeispielen durchgeführt, um den Studierenden die praktischen Ausführungen dieser Methoden zu vermitteln.

Teilnahmevoraussetzung:

Grundkenntnisse in Strukturbiochemie, Grundkenntnisse in UNIX für das Praktikum

Leistungsnachweise:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine benotete mündliche oder schriftliche Prüfung. Die Modulnote kann erst erteilt werden, wenn die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum nachgewiesen ist. Die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum wird durch Annahme des Praktikumsprotokolls nachgewiesen.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 135 Stunden Anwesenheit, 85 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Computer-Programmierung in der biomolekularen Modellierung

(Modulverantwortliche: Dozenten der Strukturbiologie/Bioinformatik)

Lernziele:

Theoretische Kenntnisse und praktische Fähigkeiten im Umgang mit Linux-Computern sowie in der Computerprogrammierung (Programmiersprachen C und C++) speziell im Hinblick auf die biomolekulare Modellierung

Lehrformen und Zeiten:

Die Veranstaltung besteht aus einem Besprechungsseminar (Seminar ohne Vorträge) mit 2 SWS, in dem die Programmierungstechniken vorgestellt und besprochen werden, einer Übung (2 SWS), in der die Techniken an einfachen Beispielen geübt werden und einem Praktikum (5 SWS), in dem die Programmierung komplexerer Aufgaben durchgeführt werden soll.

Dozenten:

Dozenten der Bioinformatik

Lerninhalte:

In dieser Lehrveranstaltung wird das Programmieren wissenschaftlicher Software im Bereich biomolekularen Modellierung in einer Linux-Umgebung vorgestellt. Dabei wird die Programmiersprache C als Beispielprogrammiersprache verwendet. Inhalte der Veranstaltungen sind: Syntax und Semantik von Programmiersprachen; Datentypen und Deklarationen; Operatoren und Ausdrücke; Ablaufsteuerung (Kontrollstrukturen); Zeiger und komplexe Datenstrukturen; Unterprogramme, Parameterübergabe; Dateien, Ein- und Ausgabe. Diese Methoden werden an Beispielen der biomolekularen Modellierung demonstriert.

Teilnahmevoraussetzungen (Gesamtmodul):

Voraussetzung ist die erfolgreiche Teilnahme am Pflichtmodul „Grundlagen der Bioinformatik“ sowie Grundkenntnisse im Betriebssystem Linux.

Leistungsnachweis:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine benotete mündliche Prüfung. Die Modulnote wird erst nach erfolgreicher Absolvierung aller Veranstaltungen des Moduls erteilt.

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 135 Stunden Anwesenheit, 85 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Biophysikalische Chemie - Mehrdimensionale NMR Spektroskopie an biologischen Makromolekülen

(Modulverantwortliche: Dozenten der Biophysikalischen Chemie)

Lernziele:

Die Studierenden sollen die grundlegenden Kenntnisse über Methoden und Anwendung mehrdimensionaler NMR Spektroskopie zur strukturellen und dynamischen Charakterisierung von biologischen Makromolekülen in Lösung erwerben.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung	2	6
Seminar	2	6
Praktikum	5	6

Dozenten:

Dozenten der Biophysikalischen Chemie

Lerninhalte:

In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der mehrdimensionalen NMR Spektroskopie (Produktoperatorformalismus, Kohärenztransfer, zwei- und höher dimensionale Spektroskopie, homonukleare Korrelationsspektroskopie und sequentielle Zuordnung, Tripelresonanzexperimente, Strukturinformation aus NMR Daten (NOE, skalare Kopplungen), Relaxation) behandelt. In den Übungen wird der Vorlesungsstoff an exemplarischen Aufgaben vertieft. Im Praktikum werden mehrdimensionale NMR Experimente zur strukturellen Charakterisierung durchgeführt und ausgewertet.

Leistungsnachweise:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine benotete schriftliche oder mündliche Prüfung zu den Inhalten der Lehrveranstaltungen des Moduls. Die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum wird durch Annahme der Praktikumsprotolle nachgewiesen. Die Modulnote kann erst erteilt werden, wenn die erfolgreiche Teilnahme am Praktikum nachgewiesen ist.

Teilnahmevoraussetzung:

Teilnahme am Modul Biophysikalische Chemie

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 135 Stunden Anwesenheit, 85 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Metallorganische Chemie und Katalyse (Modulverantwortliche: Dozenten der Anorganischen und Organischen Chemie)

Lernziele:

Die Studenten erwerben Kenntnisse in den Bereichen Metallorganische Chemie und Homogene Katalyse.

Lehrformen und -zeiten:

Das Modul MCK besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Metallorganische Chemie / Katalyse	2	6
Praktikum Metallorganische Chemie	6	6
Mitarbeiterpraktikum	6	6

Dozenten und Prüfer

Dozenten der Anorganischen Chemie

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** Metallorganische Chemie / Katalyse werden die folgenden Themen erörtert: Metall-Kohlenstoff-Bindungen, Synthese und Anwendungen von Metallorganische Verbindungen, Homogene Katalyse mit Metallorganischen Verbindungen.

Im **Praktikum** Metallorganische Chemie erlernen die Studierenden die Schlenktechnik, d.h. die Synthese und Handhabung von luftempfindlichen Komplexverbindungen im Rahmen eines Blockpraktikums und wenden diese Kenntnisse anschließend im Mitarbeiterpraktikum an, um einfache katalytische Fragestellungen zu adressieren.

Teilnahmevoraussetzungen:

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen AC I und II sowie OC I und II.

Leistungsnachweis:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine benotete mündliche oder schriftliche Prüfung (Gewichtung 6 LP) und aus der Bewertung des Praktikums, Laborheft bzw. Reinheit und Ausbeute der Syntheseansätze sowie die Qualität der katalytischen Experimente (Gewichtung 3 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die insgesamt 2 Vorlesungsstunden fallen 2 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 60 Stunden. Die im Rahmen der Praktika anfallende Arbeitsbelastung beträgt 180 Stunden. Hinzu kommen 30 Stunden zur Prüfungsvorbereitung.

Gesamtbelastung: 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Selbstassemblierende Biopolymere (Modulverantwortliche: Dozenten des Lehrstuhls für Biomaterialien)

Lernziele:

Selbstassemblierende Biopolymere (DNA/RNA, Proteine, Lipide, Polysaccharide) bilden die Grundlage dieses Moduls. Die Studierenden sollen ein grundlegendes Verständnis von biogenen Makromolekülen mit einem Fokus auf deren Assemblierungsmechanismen und der Bildung von Superstrukturen erlangen. Zusätzlich sollen die Studierenden Einblicke in Methoden zur Analyse von Biopolymeren erhalten. Als Ausblick werden auch mögliche technische Anwendungen vorgestellt.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Selbstassemblierende Biopolymere besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Selbstassemblierende Biopolymere (für Biologen & Biochemiker)	2	6
Seminar Selbstassemblierende Biopolymere (für Biologen & Biochemiker)	2	6
Praktikum Selbstassemblierende Biopolymere (für Biologen & Biochemiker)	5	6

Dozenten:

Prof. Dr. Thomas Scheibel und Mitarbeiter

Lerninhalte:

Vorlesung: Eigenschaften makromolekularer Biopolymere; thermodynamische Aspekte der Selbstassemblierung; Bildung von Superstrukturen aus Nukleinsäuren; Assemblierungsmechanismen von Proteinen; Assemblierung von Polysacchariden; Anwendungen von Selbstassemblierenden Biopolymeren in Industrie und Technik; Einführung in analytische Methoden: asymmetrische Feldflussfraktionierung, CD-Spektroskopie, IR-Spektroskopie, UV-Vis-Spektroskopie, Fluoreszenzspektroskopie, Fluoreszenzmikroskopie, AFM, EM, mechanische Testmaschinen, HPLC, molekularbiologische und mikrobiologische Arbeitsmethoden.

Seminar: Im Seminar werden vertiefend aktuelle Entwicklungen sowie Analysemethoden im Bereich der selbstassemblierenden Biopolymere behandelt.

Praktikum: Im Praktikum soll der in Vorlesung und Seminar theoretisch erlernte Stoff (Eigenschaften, Assemblierungsmechanismen, analytische Methoden, Anwendungen) praktisch am Beispiel von selbstassemblierenden Proteinen (Hefe-Prionproteine und Nukleinsäuren) in Kleingruppen umgesetzt werden.

Teilnahmevoraussetzungen:

Die vorherige Teilnahme an den Modulen Biochemie I, Biochemie II und Zellbiologie wird empfohlen.

Leistungsnachweis:

Der Leistungsnachweis erfolgt über eine schriftliche oder mündliche Prüfung (5 LP), der Benotung des Seminarvortrags (2 LP) und des Praktikums (Protokoll und praktische Durchführung, 2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

135 Stunden Anwesenheit, 100 Stunden Vor- und Nachbereitung und 35 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Aktuelle Forschungsthemen der Organischen Chemie

(Modulverantwortliche: Dozenten der Organischen Chemie)

Lernziele:

Einführung in die aktuellen Forschungsthemen der Organischen Chemie sowohl der Gruppen im Haus wie im nationalen/internationalen Kontext, mit Schwerpunkten auf den synthetischen und biologischen Aspekten der Natur- und Wirkstoffchemie. Vermittlung rationaler Konzepte zur Erarbeitung von Forschungsergebnissen anhand von Fallstudien. Sensibilisierung der Studierenden für die Bedeutung und die Zukunftsperspektiven dieser Forschungsfelder.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Aktuelle Forschungsthemen der Organischen Chemie	2	4 oder 6
Seminar zu Aktuellen Forschungsthemen der Org. Chemie	1	4 oder 6
Forschungspraktikum	7	4 oder 6

Dozenten:

R. Schobert, K. Seifert, externe Industrieforscher

Lerninhalte:

Die **Vorlesung** macht mit den laufenden Arbeiten in den Gruppen des Bereichs Organische Chemie bekannt. Sie vermittelt Kenntnisse und neueste Ergebnisse aus der Chemie von Natur- und Wirkstoffen. Anhand von Anwendungsbeispielen werden sowohl neue Reagentien und Synthesen als auch biologisch/biochemische Untersuchungsmethoden für Natur- und Wirkstoffe vorgestellt und der Einsatz des Instrumentariums der organischen Analytik zur Strukturaufklärung demonstriert. Externe Dozenten aus der Industrie berichten in kleineren Blöcken über aktuelle Schwerpunkte und Entwicklungen in diesem Bereich.

Im **Seminar** wird im Rahmen von Vorträgen über neue methodische und konzeptionelle Trends der Organischen Chemie, sowie über eigene Ergebnisse der Mitarbeiter und Studierenden berichtet und diskutiert.

Im **Praktikum** erhalten die Studierenden Gelegenheit in einem Arbeitskreis an aktuellen Problemen aus dem weiten Spektrum der biologisch oder synthetisch orientierten Organischen Chemie mitzuarbeiten.

Teilnahmevoraussetzungen:

Erfolgreiche Teilnahme am Modul Organische Chemie I

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung über den Inhalt der Vorlesung (50%). Der Seminarvortrag wird benotet (20%). Ein schriftlicher Arbeitsbericht zum Praktikum wird benotet und mit 30% gewichtet.

Studentischer Arbeitsaufwand (Gesamtmodul):

Für die 3 Stunden Vorlesung und Seminar fallen 3 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Belastung von 90 Stunden. Hinzu kommen 30 Stunden zur Prüfungsvorbereitung. Für die 7 SWS Praktikum liegt der Arbeitsaufwand für die Vorbereitung und Auswertung der Versuche bei 3 Stunden pro Woche. Gesamtbelastung: 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Instrumentelle Analytik, Organischer Teil (Modulverantwortliche: Dozenten der Organischen Chemie)

Lernziele:

Die Studierenden erwerben Grundkenntnisse der für die moderne Analyse organischer Verbindungen eingesetzten Spektroskopiearten. Nach diesem Modul sollen sie in der Lage sein, analytische Probleme der organischen Chemie mithilfe dieser Verfahren zu lösen.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Instrumentelle Analytik, Organischer Teil	2	6
Seminar Instrumentelle Analytik, Organischer Teil	2	6
Praktikum Instrumentelle Analytik, Organischer Teil	5	6

Dozenten:

Dozenten der Organischen Chemie

Lerninhalte:

Die **Vorlesung** vermittelt die theoretischen Grundlagen folgender Analysetechniken:

- IR-Spektroskopie,
- NMR-Spektroskopie, inkl.
 - Aufbau, Funktionsweise, physikalische Grundlagen,
 - Eindimensionale ^1H - und ^{13}C -NMR
 - Abschirmung: Struktur und chemische Verschiebung,
 - Indirekte Spin-Spin-Kopplung: Multiplizität und Nachbargruppen,
 - Zweidimensionale $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ -NMR: gängige Messmethoden
- Massenspektrometrie, inkl.
 - Ionisations- und Trennverfahren
 - typische Fragmentierungen.

Im **Seminar** werden die Vorlesungsthemen anhand von Übungsbeispielen und einfachen bis komplexen Strukturaufklärungen unbekannter Modellsubstanzen vertieft. Im **Praktikum** (Mitarbeiterpraktikum in einem Arbeitskreis, Termin nach Vereinbarung) werden die erlernten Techniken an aus der Praxis entnommenen Problemen geübt.

Teilnahmevoraussetzungen:

Erfolgreiche Teilnahme am Modul Organische Chemie I

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zum Vorlesungsende über den Inhalt der Vorlesung und des Seminars (Gewichtung 50%) sowie ein benoteter Vortrag zum Praktikum (Gewichtung 50%). Die Modulnote wird erst nach erfolgreicher Absolvierung aller Veranstaltungen des Moduls erteilt.

Studentischer Arbeitsaufwand (Gesamtmodul):

Für die 4 Stunden Vorlesung und Seminar fallen 60 Stunden Anwesenheit, 60 h an Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Für die 5 SWS Praktikum liegt der Arbeitsaufwand bei 60 Stunden Anwesenheit und 60 h Vor- und Nachbereitung. Gesamtbelastung: 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Technische Chemie **(Modulverantwortliche: Dozenten der Chemischen Verfahrenstechnik)**

Lernziele:

Die Studenten erwerben Grundkenntnisse über alle wesentlichen Aspekte der Technischen Chemie (Prozesskunde, Trennverfahren, technische Katalyse, Reaktionstechnik). Es sollen dabei insbesondere die Methoden vermittelt werden, um vom Labormaßstab zu einem technischen Reaktor bzw. zu einem Gesamtprozess zu gelangen. Damit soll auch die Grundlage für eine verbesserte Kommunikation zwischen Chemikern und Verfahrenstechnikern gelegt werden, was für die spätere berufliche Tätigkeit von großer Bedeutung ist.

Lehrformen und Zeiten:

Das Modul Technische Chemie besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Technische Chemie	3	5 oder 6
Praktikum Technische Chemie	8	5 oder 6

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** werden zunächst folgende Grundlagen der industriellen Chemie behandelt:

- *Reaktionskinetik und Katalyse im Wechselspiel mit Stoff- und Wärmetransportprozessen*
- *Trennverfahren*
- *Industrielle Reaktoren und deren Auswahl und Auslegung*

Anschließend werden diese Grundlagen anhand wichtiger industrieller Verfahren vertieft. Dabei wird auch der Einsatz computergestützter Methoden zur Reaktormodellierung gezeigt.

Im **Praktikum** Technische Chemie werden fünf Versuche durchgeführt:

- *Grundoperationen: Destillation und Extraktion*
- *Steamcracker (Erzeugung von Olefinen aus Leichtbenzin)*
- *Synthesegas aus Erdgas, Ammoniakanlage (Simulationsprogramm)*
- *Reaktionstechnik und Reaktortypen (Verweilzeitverhalten)*
- *Heterogene Katalyse und Zünd-Lösch-Verhalten*

○

Teilnahmevoraussetzungen:

Teilnahme an den Modulen Physikalische Chemie I und II.

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 0,5), benoteter Arbeitsbericht zum Praktikum (Gewichtung 0,5).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 150 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 30 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Theoretische Chemie (Modulverantwortliche: Lehrstuhl Physikalische Chemie II)

Lernziele:

Die Studenten erwerben Grundkenntnisse in der quantenmechanischen Beschreibung molekularer Systeme und werden mit theoretischen und praktischen Aspekten verschiedener spektroskopischer Methoden zur Charakterisierung von Molekülen vertraut gemacht.

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** werden grundlegende Kenntnisse zur quantenmechanischen Behandlung molekularer und biomolekularer Systeme vermittelt. Basierend auf den universellen Eigenschaften des Drehimpulses sowie gruppentheoretischen Betrachtungen werden Näherungsmethoden für zeitabhängige und zeitunabhängige Problemstellungen besprochen. Aufbauend auf diesen Techniken werden die Studenten in die Berechnung molekularer elektronischer Strukturen eingeführt. Darüber hinaus vermittelt die Vorlesung theoretische Grundlagen optischer und magnetischer Spektroskopie-Methoden wie UV-VIS-, Infrarot/ Raman-, Fluoreszenz-, ESR- und NMR-Spektroskopie.

Im **Seminar** werden Themen aus der Literatur selbständig erarbeitet, präsentiert und vertieft.

Lehrformen und Zeiten:

Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS), Seminar (2 SWS) und Projektarbeit (2 SWS).

Teilnahmevoraussetzungen

Keine

Leistungsnachweis:

Eine mündliche Prüfung über den Inhalt der Vorlesung, Teilnahme an den Übungen und am Seminar.

Studentischer Arbeitsaufwand:

105 Stunden Anwesenheit, 135 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Wirkstoffchemie (Dozenten der Organischen Chemie)

Lernziele:

Vermittlung von Kenntnissen der Wirkstoffchemie wie Leitstruktur- und Pharmakophorsuche, Struktur-Wirkungsbeziehungen, rationales Design von Wirkstoffen und Wirkmechanismen ausgewählter Wirkstoffklassen.

Lehrformen und -zeiten:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Wirkstoffchemie	2	5
Mitarbeiterpraktikum zur Chemie von Wirkstoffen	8*	5

Zeitlicher Umfang: Ein Semester; nur Wintersemester

Verantwortlich: Lehrstuhl für Organische Chemie

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** Wirkstoffchemie werden die grundlegenden Eigenschaften von Wirkstoffen, ihre rationale Optimierung und die Mechanismen ihrer Wirkung behandelt. Schwerpunkte sind Strategien der Wirkstoffsuche (leitstruktur- bzw. diversitätsorientiert), der Pharmakophorfindung, Struktur-Wirkungsbeziehungen, Methoden des rationalen Designs von Wirkstoffen, sowie Strukturen und Mechanismen ausgewählter Vertreter aus klinisch wichtigen Bereichen (z.B. Cytostatika, Antiinfektiva). Moderne Entwicklungen wie etwa potentielle Wirkstoffe für neu identifizierte „targets“ werden jeweils aktuell berücksichtigt. Im **Praktikum** werden einzelne Aspekte der Wirkstoffchemie durch Mitwirkung an aktuellen Forschungsprojekten der beteiligten Gruppen bearbeitet und die Ergebnisse in einem Seminarvortrag vorgestellt.

Teilnahmevoraussetzungen:

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Organische Chemie I und II.

Leistungsnachweis:

Mündliche oder schriftliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 5 LP), Protokoll und Seminarvortrag zu den Praktikumsversuchen (Gewichtung 4 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die insgesamt 2 Vorlesungsstunden fallen 2 Stunden an Vor- und Nachbereitung an. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 60 Stunden. Die im Rahmen der Praktika anfallende Arbeitsbelastung beträgt 180 Stunden. Hinzu kommen 30 Stunden zur Prüfungsvorbereitung. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Zelldynamik

(Modulverantwortliche: Dozenten der Zellbiologie)

Lernziele

Die Studierenden sollen ein vertieftes Verständnis der Funktionsweise eukaryotischer Zellen erwerben. Der Fokus liegt dabei auf den molekularen Mechanismen, die Bewegungsvorgänge von Zellen und ihren Bestandteilen vermitteln und somit das dynamische Verhalten von Zellen in Raum und Zeit bestimmen. Dabei sollen wichtige Konzepte der Molekularen Zellbiologie vermittelt werden, und die Studierenden sollen mit aktuellen Entwicklungen und Methoden der zellbiologischen Forschung vertraut gemacht.

Lerninhalte

Aufbau und Funktionsweise des Cytoskeletts stehen im Zentrum der Vorlesung. Es werden u.a. die folgenden Themen diskutiert: Bakteriellies Cytoskelett, Aufbau und Funktionen von Mikrofilamenten und Mikrotubuli in eukaryotischen Zellen, molekulare Motoren, intrazelluläre Bewegungsvorgänge, Bewegung von Zellen, Methoden zur Analyse von dynamischen zellulären Prozessen etc. Im Praktikum werden Experimente zur Funktion von Mikrotubuli und Mikrofilamenten in eukaryotischen Zellen durchgeführt. Als Modellsysteme werden die Geißeln der einzelligen Alge *Chlamydomonas reinhardtii* und das Aktinfilamentsystem in der Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae* untersucht. Dabei kommen wichtige zellbiologische Methoden zur Anwendung, wie z.B. Zellfraktionierung, in vitro-Assays zur Funktion des Cytoskeletts, Fluoreszenz- und Elektronenmikroskopie. Im Seminar werden aktuelle wissenschaftliche Originalarbeiten diskutiert, die sich mit dem Cytoskelett und zelldynamischen Vorgängen befassen. Dadurch wird eine Vertiefung des Vorlesungsstoffs und des Praktikumsinhalts erreicht. Insbesondere soll das Konzept der Erforschung grundlegender zellulärer Prozesse mit geeigneten Modellorganismen verdeutlicht werden, und aktuelle Entwicklungen der zellbiologischen Methodik sollen diskutiert werden.

Lehrformen und -zeiten

Vorlesung (2 SWS), Praktikum (5 SWS) und Seminar (2 SWS). Praktikum und Seminar finden als 3-wöchige Blockveranstaltung statt. Es wird empfohlen, das Modul im dritten Studienjahr zu belegen.

Teilnahmevoraussetzung

Erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Biochemie I, Biochemie II und Zellbiologie.

Leistungsnachweis

Klausur (Gewichtung 3 LP), benoteter Seminarvortrag (Gewichtung 3 LP) und benotetes Protokoll (Gewichtung 3 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand

135 Stunden Anwesenheit, 105 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Zellzyklus und Krebs

(Modulverantwortlicher: Prof. Dr. O. Stemmann, Lehrstuhl für Genetik)

Lernziele

Wie werden bei der Vermehrung eukaryontischer Zellen die Chromosomen zunächst identisch verdoppelt und dann exakt halbiert und auf die entstehenden Tochterzellen verteilt? Was zeichnet Tumorzellen aus, die den sonst so streng regulierten Zellzyklus ungehemmt durchlaufen, und wie macht man sich diese Besonderheiten bei der Krebstherapie zunutze? Was sind die molekularen Mechanismen der Meiose und wie erklären sie das mit dem Alter der Mutter stark ansteigende Risiko zur Geburt eines Trisomie-kranken Kindes? Das Modul zeigt den aktuellen Wissensstand zu diesen zentralen Fragen der Biologie auf, vermittelt Prinzipien der Zellzyklusregulation und liefert viele Beispiele für Schlüsselexperimente und moderne Forschungsmethoden. Der praktische Teil reicht von biochemischen Experimenten an Zellzyklus-Extrakten über zellbiologische Studien an mikroinjizierten Froschembryonen hin zu fluoreszenzmikroskopischen Analysen von genetisch veränderten Krebszellen.

Vorlesung: Zellzyklusphasen, Cyclin-abhängige Kinasen (Struktur, Regulation, Funktion, Entdeckungsgeschichte), Ubiquitin-Proteasom-System, Ubiquitin-Verwandte (Sumo, Nedd8), kritische Übergänge & biologische Schalter, Replikationskontrolle, Chromatidenpaarung und Cohesin-komplex, Condensin und andere SMC-Komplexe, Kinetochore, Zentromere, Telomere, Chromosomensegregation (Prophaseweg, Securin, Separase, Shugoshin, Topoisomerase II), Intermediärfilamente und Zellkernhülle, Mikrotubuli, Zentrosomen und Spindelapparat, Ran und Importin, MT-Motorproteine Actomyosinring und Zytokinese, bakterielles Zytoskelett, "Checkpoints", Krebs und Therapie (Modell der multiple Mutationen, chromosomale Instabilität, Tetraploidisierungshypothese, Wirkprinzipien von blockbuster-Medikamenten), Meiose (synaptonemaler Komplex, cytoplasmatische Polyadenylierung und Translationskontrolle, cytostatischer Faktor, Downs Syndrom), Modellorganismen (mit Betonung auf den afrikanischen Krallenfrosch); Vorlesung auf Deutsch aber ppt-Folien auf Englisch

Seminar: 30 min. Referate wahlweise auf Deutsch oder Englisch über wegweisende und aktuelle Arbeiten aus der (engl.) Originalliteratur; 8 Termine mit je 3 Vorträgen plus Diskussionen

Praktikum: Reinigung von bakteriell exprimierten Proteinen mittels Affinitätschromatographie; Western Blot; Isolation von Spermienkernen aus Froschhodien; Studium von Proteinabbau und -phosphorylierung sowie von Spindelbildung und Kernimport anhand zyklisierender Extrakte aus Xenopus-Oozyten; In-Vitro-Fertilisation; Mikroinjektion von mRNA in sich entwickelnde Xenopus-Embryonen gefolgt von Videomikroskopie; Techniken zur Kultivierung und Transfektion von humanen Krebszelllinien; Durchflußzytometrie, Isolation, Färbung und Mikroskopie von Chromosomen; Langzeitmikroskopie von fluoreszierenden Markerproteinen in lebenden Zellen; 2er Gruppen; Protokolle in Form eines Laborjournals.

Lehrformen und -zeiten

im SS: Vorlesung (2 SWS; 1. Hälfte als Block), Seminar (2 SWS) u. Blockpraktikum (5 SWS; zu Semesterbeginn)

Teilnahmevoraussetzung

Erfolgreiche Teilnahme am Modul Allgemeine Genetik

Leistungsnachweis

Klausur zu Vorlesung, Seminar und Praktikum (Gewichtung 5 LP); Vortragsleistung im Seminar (Gewichtung 2 LP); benotetes Protokoll zum Praktikum (Gewichtung 2 LP)

Studentischer Arbeitsaufwand

135 Stunden Anwesenheit, 105 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Lebensmittelwissenschaften

(Modulverantwortliche: Dozenten der Universität Bayreuth, Max Rubner-Institut und Externe)

Lernziele:

Die Studierenden begreifen Lebensmittel als biochemische Strukturen. Sie erwerben fundierte Kenntnisse über die Erzeugung von Primärprodukten und deren Verarbeitung zu Lebensmitteln. Das schließt Kenntnisse über die wichtigsten Qualitätsmerkmale und die dazugehörige Analytik mit ein. Die Studierenden verstehen die rechtlichen Rahmenbedingungen sowie die Grundlagen von Vertrieb und Qualitätssicherung. Sie sollen dann imstande sein, sich vertiefend in spezifische Fragestellungen weiter einzuarbeiten.

Lehrformen und -zeiten:

Das Modul Lebensmittelwissenschaften besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Vorlesung Lebensmittelwissenschaften	2	5
Übungen Lebensmittelwissenschaften	2	5
Praktikum Lebensmittelwissenschaften	5	5

Lerninhalte:

In der Vorlesung werden Aufbau und Funktion wichtiger ernährungsrelevanter Stoffe, insbesondere polymerer Strukturen, erörtert. Zugleich wird auf die physiologischen und immunologischen Aspekte der menschlichen Aufnahme und Verwertung dieser Stoffe eingegangen. Weiterhin befasst sich die Vorlesung mit den wissenschaftlichen und technologischen Aspekten der Prozesse, durch die landwirtschaftliche Primärprodukte für den menschlichen Verzehr und moderne Verteilungssysteme geeignet gemacht werden (Verarbeitung, Verpackung). Dabei wird auch auf die rechtlichen Rahmenbedingungen, Qualitätsmerkmale und die dazugehörige Analytik sowie Aspekte des sozialen Umfelds und der Bewegung eingegangen.

Teilnahmevoraussetzung:

Biologische und biochemische Grundkenntnisse

Leistungsnachweis:

Schriftliche oder mündliche Prüfung zu den Inhalten von Vorlesung (Gewichtung 5 LP), Übungen (Gewichtung 2 LP), und Praktikum (Gewichtung 2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand:

Für die Lehrveranstaltungen fallen 135 Stunden Anwesenheit, 85 Stunden Vor- und Nachbereitung sowie 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an. Damit beträgt der Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Theoretische Chemie (Modulverantwortliche: Lehrstuhl Physikalische Chemie II)

Lernziele:

Die Studenten erwerben Grundkenntnisse in der quantenmechanischen Beschreibung molekularer Systeme und werden mit theoretischen und praktischen Aspekten verschiedener spektroskopischer Methoden zur Charakterisierung von Molekülen vertraut gemacht.

Lerninhalte:

In der **Vorlesung** werden grundlegende Kenntnisse zur quantenmechanischen Behandlung molekularer und biomolekularer Systeme vermittelt. Basierend auf den universellen Eigenschaften des Drehimpulses sowie gruppentheoretischen Betrachtungen werden Näherungsmethoden für zeitabhängige und zeitunabhängige Problemstellungen besprochen. Aufbauend auf diesen Techniken werden die Studenten in die Berechnung molekularer elektronischer Strukturen eingeführt. Darüber hinaus vermittelt die Vorlesung theoretische Grundlagen optischer und magnetischer Spektroskopie-Methoden wie UV-VIS-, Infrarot/ Raman-, Fluoreszenz-, ESR- und NMR-Spektroskopie.

Im **Seminar** werden Themen aus der Literatur selbständig erarbeitet, präsentiert und vertieft.

Lehrformen und Zeiten:

Vorlesung (2 SWS), Übung (1 SWS), Seminar (2 SWS) und Projektarbeit (2 SWS).

Teilnahmevoraussetzungen

keine

Leistungsnachweis:

Eine mündliche Prüfung über den Inhalt der Vorlesung, Teilnahme an den Übungen und am Seminar.

Studentischer Arbeitsaufwand:

105 Stunden Anwesenheit, 135 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Vergleichende Exokrinologie (Modulverantwortlicher: LS Tierökologie II)

Lernziele

Die Studierenden sollen eine Übersicht über chemische Wechselbeziehungen zwischen verschiedenen terrestrischen und aquatischen Organismen erhalten und die dabei beteiligten verhaltensmodifizierenden Naturstoffe (Sekundärstoffe) kennenlernen. Darüber hinaus werden exokrine Drüsensysteme besprochen. Anhand einer Auswahl wichtiger Gifte wird deren molekulares Target, Biosynthese und chemisch-ökologische Bedeutung analysiert.

Lerninhalte

In der Vorlesung *Vergleichende Exokrinologie* (1 SWS) wird ein Überblick gegeben über tierische Gifte und Abwehrstoffe, Giftwirkung und Behandlung, aktive und passive Gifte und exokrine Drüsen.

In der Vorlesung *Chemische Ökologie der Insekten* (1 SWS) werden primär intraspezifische chemische Interaktionen analysiert, an welchen Insekten beteiligt sind (z. B. Sexualpheromone der Schmetterlinge, Aggregationspheromone der Borkenkäfer, Spur- und Alarmpheromone).

Im Seminar und Praktikum werden Beispiele aus Struktur und Funktion biologisch aktiver Wirkstoffe, Pheromone, Kairomone, Allomone und Abwehrsubstanzen behandelt.

Lehrformen und –zeiten

Vorlesungen *Chemische Ökologie der Insekten* (1 SWS; 1. Semesterhälfte, Di 17 – 19 Uhr), *Vergleichende Exokrinologie* (1 SWS; 2. Semesterhälfte, Mi 8 – 10 Uhr), Seminar *Struktur und Funktion biologisch aktiver Wirkstoffe* (2 SWS) und Forschungspraktikum (5 SWS).

Teilnahmevoraussetzung

Erfolgreiche Teilnahme an zoologischen Modulen im Bachelor-Studiengang Biologie oder Biochemie bzw. Nachweis äquivalenter Leistungen wird dringend empfohlen.

Leistungsnachweis

Schriftliche oder mündliche Prüfung zu den beiden Vorlesungen (Gewichtung 2 LP), benoteter Seminarvortrag (Gewichtung 2 LP) und benotete Protokolle zu den Praktikumsaufgaben (Gewichtung 5 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand

135 Stunden Anwesenheit, 105 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Forschungsmodul in Biochemie (Modulverantwortliche: Dozenten der Biochemie)

Lernziele

Die Studierenden sollen einen Einblick in die Forschungspraxis biochemisch arbeitender Gruppen erhalten. Zudem sollen sie durch eigenständige Literaturrecherche und Laborarbeit unter Anleitung lernen wissenschaftliche Probleme zu erkennen und experimentelle Fähigkeiten erwerben. Dabei soll Teamarbeit erprobt und mündliche und schriftliche Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse eingeübt werden.

Lehrformen und –zeiten

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Forschungspraktikum	9	6
Forschungsseminar	2	6

Dozenten/Betreuer

Alle prüfungsberechtigten Dozenten der Biochemie.

Lerninhalte

Die Lerninhalte betreffen die aktuellen Forschungsprojekte der jeweils gewählten Arbeitsgruppe. Das Modul beinhaltet experimentelle Arbeit, Einarbeitung in die wissenschaftliche Literatur, Teilnahme an den Seminaren der Forschungsgruppen mit eigenem Vortrag und Erarbeitung eines Forschungsberichts.

Teilnahmevoraussetzung

Voraussetzung ist die erfolgreiche Teilnahme an den Modulen Biochemie I, Biochemie II, Biochemie III und Zellbiologie, sowie die Teilnahme am Modul Biochemische Methoden.

Leistungsnachweis

Benoteter Forschungsbericht (Gewichtung 7 LP) und benoteter Vortrag im Arbeitsgruppenseminar (Gewichtung 2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand

240 Stunden Labor- und Literaturarbeit und Anwesenheit bei den Arbeitsgruppenseminaren, 30 Stunden Vor- und Nachbereitung; insgesamt 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Forschungsmodul in Chemie

(Modulverantwortliche: Dozenten der Chemie)

Lernziele

Die Studierenden sollen einen Einblick in die Forschungspraxis chemisch arbeitender Gruppen erhalten. Zudem sollen sie durch eigenständige Literaturrecherche und Laborarbeit unter Anleitung lernen wissenschaftliche Probleme zu erkennen und experimentelle Fähigkeiten erwerben. Dabei soll Teamarbeit erprobt und mündliche und schriftliche Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse eingeübt werden.

Lehrformen und –zeiten

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Forschungspraktikum	9	6
Forschungsseminar	2	6

Dozenten/Betreuer

Alle prüfungsberechtigten Dozenten der Chemie.

Lerninhalte

Die Lerninhalte betreffen die aktuellen Forschungsprojekte der jeweils gewählten Arbeitsgruppe. Das Modul beinhaltet experimentelle Arbeit, Einarbeitung in die wissenschaftliche Literatur, Teilnahme an den Seminaren der Forschungsgruppen mit eigenem Vortrag und Erarbeitung eines Forschungsberichts.

Teilnahmevoraussetzung

Voraussetzung ist die erfolgreiche Teilnahme an Lehrveranstaltungen die mindestens 120 LP umfassen.

Leistungsnachweis

Benoteter Forschungsbericht (Gewichtung 7 LP) und benoteter Vortrag im Arbeitsgruppenseminar (Gewichtung 2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand

240 Stunden Labor- und Literaturarbeit und Anwesenheit bei den Arbeitsgruppenseminaren, 30 Stunden Vor- und Nachbereitung; insgesamt 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Wahlpflichtmodul: Forschungsmodul in Molekularer Biologie (Modulverantwortliche: Dozenten der Molekularen Biologie)

Lernziele

Die Studierenden sollen einen Einblick in die Forschungspraxis molekular- oder zellbiologisch arbeitender Gruppen erhalten. Zudem sollen sie durch eigenständige Literaturrecherche und Laborarbeit unter Anleitung lernen wissenschaftliche Probleme zu erkennen und experimentelle Fähigkeiten erwerben. Dabei soll Teamarbeit erprobt und mündliche und schriftliche Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse eingeübt werden.

Lehrformen und –zeiten

Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

	SWS	Fachsemester
Forschungspraktikum	9	6
Forschungsseminar	2	6

Dozenten/Betreuer

Alle prüfungsberechtigten Dozenten der Molekularen Biologie (insbesondere Entwicklungsbiologie, Genetik, Mikrobiologie, Pflanzenphysiologie, Tierphysiologie, Zellbiologie).

Lerninhalte

Die Lerninhalte betreffen die aktuellen Forschungsprojekte der jeweils gewählten Arbeitsgruppe. Das Modul beinhaltet experimentelle Arbeit, Einarbeitung in die wissenschaftliche Literatur, Teilnahme an den Seminaren der Forschungsgruppen mit eigenem Vortrag und Erarbeitung eines Forschungsberichts.

Teilnahmevoraussetzung

Voraussetzung ist die erfolgreiche Teilnahme an mindestens einem Modul in dem Fach, in dem das Forschungsmodul absolviert wird.

Leistungsnachweis

Benoteter Forschungsbericht (Gewichtung 7 LP) und benoteter Vortrag im Arbeitsgruppenseminar (Gewichtung 2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand

240 Stunden Labor- und Literaturarbeit und Anwesenheit bei den Arbeitsgruppenseminaren, 30 Stunden Vor- und Nachbereitung; insgesamt 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Modul: Bachelorarbeit

Dozenten/Betreuer:

Alle prüfungsberechtigten Dozenten der naturwissenschaftlichen Fächer, die im Studium absolviert wurden.

Lernziele:

Die Studierenden bearbeiten eine gestellte Aufgabe zu einer begrenzten biochemischen Thematik nach Anleitung des/der Betreuenden in Eigenverantwortung und legen ihre Ergebnisse nebst kritischer Würdigung schriftlich, in einer den fachlichen Gepflogenheiten entsprechenden Form nieder.

Lerninhalte:

Die Lerninhalte betreffen aktuelle Forschungsthemen der jeweiligen Fächer und unterliegen somit einer dynamischen Weiterentwicklung, an der die Studierenden aktiv teilnehmen. Sie spiegeln in der Regel den aktuellen Stand der Forschung auf dem betreffenden Teilgebiet wider. Diese Inhalte und die angebotenen Themen können von den Studierenden beim jeweiligen Dozenten erfragt werden.

Teilnahmevoraussetzung:

Voraussetzung ist die Teilnahme an den Pflicht- und Wahlpflichtmodulen der ersten fünf Fachsemester.

Leistungsnachweise:

Vorlage der schriftlichen Fassung der Bachelorarbeit in einer der Prüfungsordnung entsprechenden Form

Studentischer Arbeitsaufwand:

Der studentische Aufwand für die Bachelorarbeit beträgt insgesamt 360 Stunden.

ECTS Leistungspunkte: 12