UNIVERSITÄT BAYREUTH

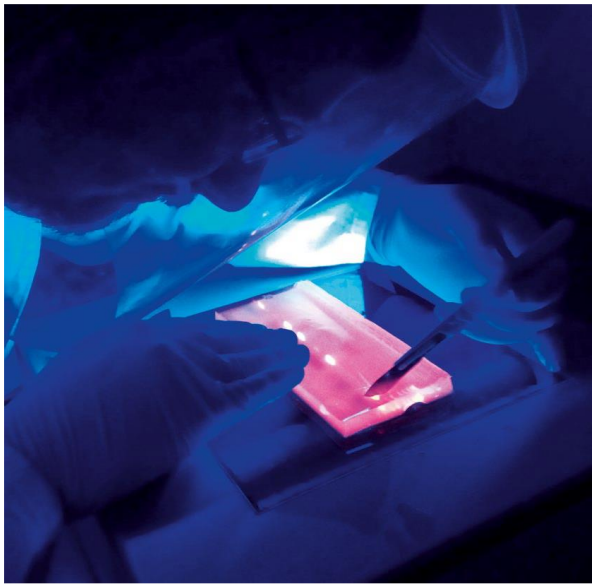
Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften

Modulhandbuch
für den Master-Studiengang
Biochemie und Molekulare Biologie
an der Universität Bayreuth

gültig ab WS 21/22

für Studierende nach PSO vom 25.03.2021

Stand: 17. Februar 2025



Dieses Modulhandbuch*) wurde mit größter Sorgfalt erstellt. Aufgrund der Fülle des Materials können jedoch immer Fehler auftreten. Daher kann für die Richtigkeit der Angaben keine Gewähr übernommen werden. Bindend ist die amtliche Prüfungs- und Studienordnung in ihrer jeweils gültigen Fassung.

---

*) Mit allen Funktionsbezeichnungen sind Frauen und Männer in gleicher Weise gemeint. Eine sprachliche Differenzierung im Wortlaut der einzelnen Regelungen wird nicht vorgenommen.

Inhaltsverzeichnis

Kurzbeschreibung 4

Prüfungsformen nach § 11 der Prüfungs- und Studienordnung 10

Fachmodule – Bereich Biochemie 13

(Bio-)Analytics: QM and metrology in the chemical laboratory 14

Biochemische Methoden 15

Bioinformatik: Molekulare Modellierung 16

Biomakromolekulare Kristallographie 17

Biophysikalische Chemie – Mehrdimensionale NMR Spektroskopie an biologischen Makromolekülen 18

Biomaterialien (für Biochemiker und Biologen) 19

Chemometrie – Chemometrics 20

Proteine: Funktion, Evolution und Design 21

Python-Programmierung in den Lebenswissenschaften 22

RNA: Struktur und Funktion 23

Integrative biomolecular structure modelling 25

Selbstassemblierende Biopolymere 27

Non-coding RNA and Epigenetics 28

Synthetische Biologie & Sensorische Photorezeptoren 30

Prinzipien der Biochemie 31

Biochemical Physics 32

Bioorganische Chemie I: Aminosäuren, Peptide, Proteine 33

Bioorganische Chemie II: Kohlenhydrate und Glycobiologie 34

Molekulare Virologie 35

Fachmodule – Bereich Molekulare Biologie 36

Biotechnologie 36

Entwicklungsbiologie 38

Eukaryontengenetik 40

Zellbiologie: Funktion und Biogenese von Zellorganellen 41

Immunologie 42

Instrumentelle Bioanalytik und Lebensmittelanalytik 44

Funktionelle Mikrobiomforschung 45

Molekulare aquatische Umweltmikrobiologie 46

Molekulare Pflanzenphysiologie 47

Molekulare und Medizinische Parasitologie 48

Molekulare Mikrobiologie und prokaryontische Zellbiologie 50
Neurobiologie 52
Nukleinsäureanalytische Methoden 53
Biologie des Alterns 54
The CRISPR/Cas-Revolution of Precise Genome Editing 56
Zellzyklus und Krebs 58
Lebensmittelproduktion 60
Prinzipien der Molekularen Biologie 61
Molekulare Mechanismen der Anpassung von Pflanzen 62
Molekulare und angewandte Mikrobiologie 63
Fachmodule – Wahlbereich 64
Mechanismen des Verhaltens 64
Datenbanken und Informationssysteme I 65
Homogene Katalyse (Metallorganische Komplexkatalyse) 66
Katalysatordesign 67
Naturstoffchemie 68
Alkaloids – Biosynthesis and Total Synthesis 69
Analytik und Screening von Natur- und Wirkstoffen 70
Wirkstoffchemie 71
Biodiversität in den Tropen 72
Principles of Logic, Argumentation and Decision Theory 73
Molekulare Diagnostik und Therapie 74
Ausbreitungsbiologie und angewandte Populationsgenetik 75
Spezielle Naturstoffchemie 76
Drug Design 77
Integratives Modul 78
Forschungsmodul 79
Masterarbeit 80

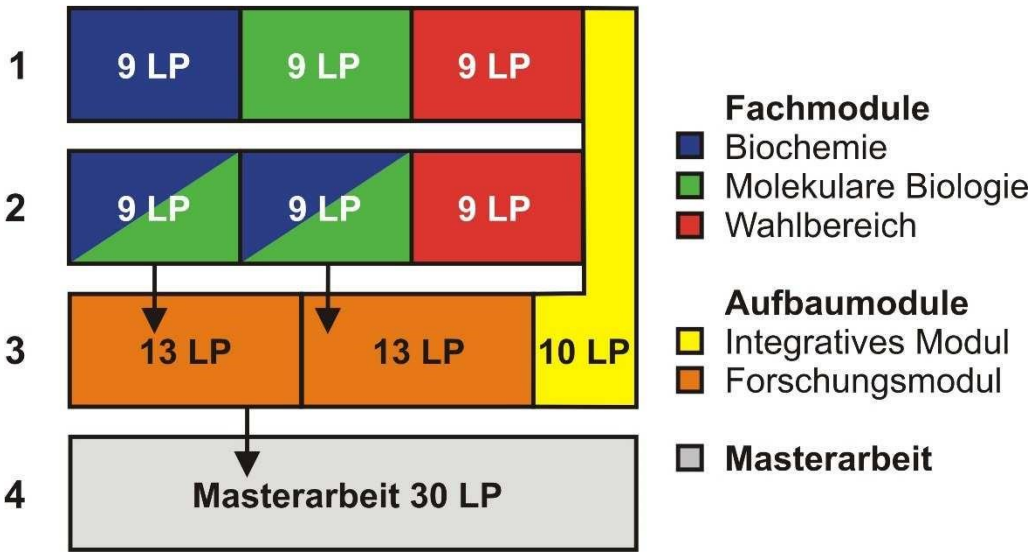
Hinweis zu Modulbeschreibungen in hellgrauer Schrift:

Module, deren Modulbeschreibung in hellgrauer Schrift dargestellt ist, werden aktuell nicht angeboten.

Kurzbeschreibung

Der Studiengang ist forschungsorientiert und baut konsekutiv auf die Bachelorstudiengänge Biochemie und Biologie (mit Ausrichtung Molekular- und Zellbiologie) auf. Der Studiengang wird im Wesentlichen von den Arbeitsgruppen des Bayreuther Zentrums für Molekulare Biowissenschaften (BZMB) getragen. Die Studierenden sollen aktuelle Erkenntnisse und Methoden der molekularbiologischen und biochemischen Forschung erlernen und anwenden, und sie sollen Kernkompetenzen in der Planung von Forschungsprojekten und der Kommunikation der erzielten Ergebnisse erwerben. Im ersten Studienjahr werden sechs Fachmodule mit je 9 Leistungspunkten belegt. Diese Module bestehen in der Regel aus Vorlesung, Seminar und Praktikum. Mindestens vier Module müssen aus den Kernbereichen Biochemie und Molekulare Biologie gewählt werden, davon mindestens eines aus Biochemie und mindestens eines aus Molekulare Biologie. Zwei fächerübergreifende Module können aus anderen biologischen und/oder chemischen Fächern gewählt werden (Wahlbereich). Im 3. Semester finden zwei Forschungsmodule statt, die die Mitarbeit an einem Forschungsprojekt und Teilnahme an den Lehrstuhlseminaren beinhalten (je 13 Leistungspunkte). Diese Module werden in zwei Fächern absolviert, die im ersten Studienjahr belegt worden sind. In einem Integrativen Modul (10 Leistungspunkte) sollen die Studierenden Kernkompetenzen für eigenständige wissenschaftliche Forschung erwerben, indem sie angeleitet werden, ihre Projekte zu planen und die Ergebnisse und Forschungsvorhaben in mündlicher und schriftlicher Form zu präsentieren. Das 4. Semester ist der Erstellung der Masterarbeit vorbehalten (30 Leistungspunkte).

Master-Studiengang
Biochemie und Molekulare Biologie



1. und 2. Semester

4 Fachmodule mit je 9 LP aus den Bereichen Biochemie und Molekulare Biologie, davon mind. 1 Modul aus Biochemie und mind. 1 Modul aus Molekulare Biologie	36 LP
2 Fachmodule mit je 9 LP aus den Bereichen Biochemie, Molekulare Biologie oder Wahlbereich	18 LP
Integratives Modul, 1. Teil	6 LP
Summe	60 LP

Pro Semester werden jeweils drei Fachmodule sowie Leistungen im Umfang von 3 LP aus dem integrativen Modul absolviert.

3. Semester

2 Forschungsmodule mit je 13 LP	26 LP
Integratives Modul, 2. Teil	4 LP
Summe	30 LP

4. Semester

Masterarbeit	30 LP

Bereich Biochemie:

ausgewählte Module aus dem Bereich Biochemie, die von folgenden Lehrstühlen, Professuren oder Arbeitsgruppen angeboten werden:

- Biochemie I - Proteinbiochemie der Signaltransduktion
- Biochemie II - Photobiochemie
- Biochemie III - Proteindesign
- Biochemie IV – Biophysikalische Chemie
- Biochemie V – Bioinformatik/Computer-gestützte Biochemie
- Biochemie VI – RNA-Biochemie
- Biomaterialien
- Bioorganische Chemie
- NMR-Spektroskopie

Bereich Molekulare Biologie:

ausgewählte Module aus dem Bereich Molekulare Biologie, die von folgenden Lehrstühlen, Professuren oder Arbeitsgruppen angeboten werden:

- Bioanalytik und Lebensmittelanalytik
- Bioprozesstechnik
- Entwicklungsbiologie
- Genetik
- Mikrobiologie
- Molekulare Parasitologie
- Ökologische Mikrobiologie
- Pflanzengenetik
- Pflanzenphysiologie
- Tierphysiologie
- Zellbiologie
- Genomanalytik & Bioinformatik

Wahlbereich:

Verschiedene chemische oder biologische Module (inkl. Bereiche Biochemie und Molekulare Biologie, siehe aktuelles Modulhandbuch). Ein Fachmodul (9 LP) kann durch ein Modul aus einem anderen Studiengang an der Universität Bayreuth ersetzt werden; dies ist nur auf Antrag der oder des Studierenden möglich und bedarf der Genehmigung des Prüfungsausschusses sowie der oder des Modulverantwortlichen. Die Genehmigung der oder des jeweiligen Modulverantwortlichen und des Prüfungsausschusses muss vor Belegen der Veranstaltungen eingeholt werden.

Fachmodule werden nach Möglichkeit und Bedarf angeboten. Sie werden nach Entscheidung des Prüfungsausschusses von der oder dem Vorsitzenden des Prüfungsausschusses zum Ende des vorhergehenden Semesters in geeigneter Form bekannt gegeben und im Modulhandbuch entsprechend angepasst.

Die Module des Wahlbereiches werden von den oben genannten oder den folgenden Lehrstühlen, Professuren oder Arbeitsgruppen angeboten:

- Anorganische Chemie I
- Anorganische Chemie II
- Anorganische Chemie III
- Anorganische Chemie IV
- Datenbanken und Informationssysteme
- Funktionelle und Tropische Pflanzenökologie
- Makromolekulare Chemie I
- Makromolekulare Chemie II
- Organische Chemie I
- Organische Chemie I/2
- Philosophie I
- Physikalische Chemie I
- Physikalische Chemie II
- Physikalische Chemie III
- Populationsökologie der Tiere
- Tierökologie
- Mykologie
- Pflanzensystematik

Integratives Modul:

Das Integrative Modul besteht aus einer Ringvorlesung zu den Forschungsthemen der angebotenen Fächer, einem Forschungsseminar und der Konzeption und Präsentation eines Plans für ein Forschungsprojekt.

Forschungsmodule:

Die Forschungsmodule werden in biologischen oder chemischen Fächern durchgeführt, die im ersten und zweiten Semester belegt worden sind.

Masterarbeit

Die Masterarbeit muss einen Bezug zu biochemischen oder molekularbiologischen Themen haben.

Modulübersicht

Die folgende Tabelle zeigt die aus den Bereichen Biochemie, Molekulare Biologie und dem Wahlbereich wählbaren Fachmodule sowie die Aufbaumodule und die Masterarbeit:

Mögliche Lehrveranstaltungstypen: V, Vorlesung, S, Seminar; Ü, Übungen; P, Praktikum; FPr Forschungsprojekt.

Mögliche Prüfungsformen: K/mP, Klausur oder mündliche Prüfung; Vo, benotete Vortragsleistung; Ab, benoteter Arbeitsbericht; H, Hausarbeiten; FP, benoteter Forschungsplan; MA, Masterarbeit

Der Umfang verschiedener Lehrveranstaltungstypen und die Form der Leistungsnachweise werden zum Ende des vorhergehenden Semesters im Modulhandbuch spezifiziert. Besteht eine Modulprüfung aus mehreren Prüfungsleistungen, errechnet sich die Modulnote als arithmetisches Mittel aus den mit den Leistungspunkten gewichteten Noten.

Modul	Typ	mögliche Prüfungsformen	LP	SWS
Fachmodul Bereich Biochemie [a)]	V, S/Ü, P	K/mP, Vo, Ab, H	9	9 / 10
Fachmodul Bereich Molekulare Biologie [a)]	V, S/Ü, P	K/mP, Vo, Ab, H	9	9 / 10
Fachmodule Bereich Biochemie oder Molekulare Biologie [b)]	V, S/Ü, P	K/mP, Vo, Ab, H	9	9 / 10
Fachmodule Wahlbereich [b)]	V, S/Ü, P	K/mP, Vo, Ab, H	9	9 / 10
Forschungsmodul 1	S, FPr	Vo, Ab	13	20
Forschungsmodul 2	S, FPr	Vo, Ab	13	20
Integratives Modul	V, S	Vo, FP	10	4
Masterarbeit		MA	30	

a) Wahlpflichtmodul: 1 Modul aus den angebotenen Modulen ist zu wählen

b) Wahlpflichtmodule: 2 Module aus den angebotenen Modulen sind zu wählen

Prüfungsformen nach § 11 der Prüfungs- und Studienordnung

Auszug aus der Prüfungs- und Studienordnung für den Masterstudiengang Biochemie und Molekulare Biologie an der Universität Bayreuth vom 25. März 2021.

(1) [1]Prüfungen werden in Form von Klausuren, mündlichen Prüfungen, Arbeitsberichten, Vortragsleistungen, Hausarbeiten oder Forschungsplänen abgelegt. [2]Die möglichen Prüfungsformen in den Modulen werden im Anhang 1 angegeben.

(2) [1]Die Bewertungen der Prüfungen werden durch das von der Prüferin oder vom Prüfer festgelegte Verfahren bekannt gegeben. [2]Eine Zustellung von Einzelbescheiden erfolgt nicht. [3]Die Studierenden sind verpflichtet, sich selbstständig über die Wiederholungsregelungen dieser Satzung zu informieren; es obliegt ihnen, sich selbstständig rechtzeitig über die Prüfungsergebnisse zu informieren.

(3) Wird eine Prüfungsleistung von mehreren Prüferinnen oder Prüfern beurteilt, ergibt sich die Note aus dem Durchschnitt der erteilten Bewertungen; dabei wird nur die erste Dezimalstelle hinter dem Komma berücksichtigt; alle weiteren Stellen werden ohne Rundung gestrichen.

(4) [1]Klausuren werden wenigstens ein- und höchstens zweistündig durchgeführt; die Prüfungsdauer soll der Anforderung der zugehörigen Lehrveranstaltung angemessen sein. [2]Die zulässigen Hilfsmittel bestimmt die jeweilige Prüferin oder der jeweilige Prüfer. [3]Über die Prüfung ist ein Protokoll anzufertigen. [4]Die oder der Aufsichtsführende hat die Richtigkeit durch Unterschrift zu bestätigen. [5]In das Protokoll sind alle Vorkommnisse einzutragen, welche für die Feststellung der Prüfungsergebnisse von Belang sein können.

(5) [1]Erscheint eine Kandidatin oder ein Kandidat verspätet zur Prüfung, so kann sie oder er die versäumte Zeit nicht nachholen. [2]Das Verlassen des Prüfungsraums ist mit Erlaubnis der Aufsichtsführenden zulässig. [3]Uhrzeit und Dauer der Abwesenheit sind auf der Prüfungsarbeit zu vermerken.

(6) [1]Die Noten für die einzelnen Prüfungsleistungen gemäß § 16 werden von der jeweiligen Prüferin oder dem jeweiligen Prüfer (gemäß § 5) festgesetzt. [2]Die Beurteilung soll spätestens vier Wochen nach Anfertigung der jeweiligen Klausur vorliegen. [3]Wird die Klausur mit „nicht ausreichend“ bewertet, so ist sie von einer zweiten Prüferin oder einem zweiten Prüfer zu beurteilen.

(7) [1]Im Falle einer mündlichen Prüfung beträgt die Prüfungsdauer für eine Prüfung je nach Anforderung der zugehörigen Lehrveranstaltung zwanzig bis sechzig Minuten. [2]Die mündliche Prüfung wird von zwei Prüferinnen oder Prüfern oder von einer Prüferin oder einem Prüfer unter Heranziehung einer Beisitzerin oder eines Beisitzers in deutscher Sprache durchgeführt. [3]Sofern es fachlich erforderlich ist, wird die mündliche Prüfung in englischer Sprache

durchgeführt; die Bekanntgabe erfolgt durch die Prüferin oder den Prüfer. [4]Eine Prüferin oder ein Prüfer oder die Beisitzerin oder der Beisitzer fertigt über die mündliche Prüfung ein Protokoll an, in das aufzunehmen sind: Ort und Zeit sowie Zeitdauer der Prüfung, Gegenstände und Ergebnis der Prüfung, die Namen der Prüferinnen und/oder der Prüfer oder der Prüferin oder des Prüfers und der Beisitzerin oder des Beisitzers, der Kandidatin oder des Kandidaten sowie besondere Vorkommnisse. [5]Das Protokoll ist von den Prüferinnen und/oder Prüfern oder der Prüferin oder dem Prüfer und der Beisitzerin oder dem Beisitzer zu unterschreiben. [6]Die Noten für die mündlichen Prüfungen werden von den Prüferinnen oder Prüfern oder von der Prüferin oder dem Prüfer gemäß § 16 festgesetzt.

(8) [1]Bei Vortragsleistungen wird die Fähigkeit der Kandidatin oder des Kandidaten bewertet, in einem Referat den Stand der Wissenschaft in einem Teilgebiet der Biochemie und Molekularen Biologie verständlich darzustellen und zu diskutieren. [2]Das Thema wird von der zuständigen Prüferin oder dem zuständigen Prüfer gestellt. [3]Die Dauer eines Referats kann zwanzig bis fünfundvierzig Minuten betragen und wird von der Prüferin oder dem Prüfer festgelegt. [4]Die Vortragsleistung wird von zwei Prüferinnen oder Prüfern oder einer Prüferin oder einem Prüfer unter Heranziehung einer Beisitzerin oder eines Beisitzers abgenommen. [5]Von einer Bewertung durch eine Zweitprüferin oder einen Zweitprüfer kann abgesehen werden, wenn eine solche oder ein solcher nicht zur Verfügung steht. [6]Über die Vortragsleistung ist eine Niederschrift mit Namen der Kandidatin oder des Kandidaten, der Prüferinnen oder Prüfer oder der Prüferin oder des Prüfers und der Beisitzerin oder des Beisitzers, dem Ort, der Zeit und Zeitdauer, dem Gegenstand und Ergebnis und gegebenenfalls besonderer Vorkommnisse des Vortrags anzufertigen. [7]Die Niederschrift ist von den Prüferinnen oder Prüfern oder von der Prüferin oder dem Prüfer und der Beisitzerin oder dem Beisitzer zu unterschreiben. [8]Die Noten für die Vortragsleistung werden gemäß § 16 festgesetzt.

(9) [1]Bei Arbeitsberichten werden Protokolle bewertet, in denen die in Forschungspraktika und Modulpraktika durchgeführten Experimente wissenschaftlich dokumentiert werden. [2]Die Bewertung des Arbeitsberichts erfolgt in der Regel durch die Prüferin oder den Prüfer, die oder der die Forschungsarbeit betreut. [3]Wird der Arbeitsbericht mit „nicht ausreichend“ bewertet, so ist er von einer zweiten Prüferin oder einem zweiten Prüfer zu beurteilen. [4]Die Noten für den Arbeitsbericht werden gemäß § 16 festgesetzt.

(10) [1]Bei Forschungsplänen werden Konzepte im Umfang von zehn bis zwanzig Seiten bewertet, die die Fragestellung und den geplanten experimentellen Ansatz für ein wissenschaftliches Projekt in schriftlicher Form darstellen. [2]Die Bestimmungen von Abs. 9 Satz 2 bis 4 gelten entsprechend.

(11) [1]Hausarbeiten zu einem vorgegebenen wissenschaftlichen Thema nach Recherche der Literatur im Umfang von 15 bis 30 Seiten werden im Anschluss an die zugrundeliegende Lehrveranstaltung verfasst. [2]Das Thema wird von der zuständigen Prüferin oder dem zuständigen Prüfer unter Berücksichtigung der Vorschläge der Kandidatin oder des

Kandidaten gestellt. [3]Das Thema der Arbeit muss so beschaffen sein, dass es innerhalb des Semesters bearbeitet werden kann. [4]In nicht zu vertretenden Gründen kann auf Antrag der Kandidatin oder des Kandidaten die oder der Vorsitzende des Prüfungsausschusses nach Anhörung der Betreuerin oder des Betreuers diese Frist um höchstens eine Woche verlängern. [5]Weist die Kandidatin oder der Kandidat durch ärztliches Zeugnis nach, dass sie oder er durch Krankheit an der Bearbeitung gehindert ist, verlängert sich die Bearbeitungszeit entsprechend der ärztlich festgestellten Krankheitszeit. [6]Wird die Arbeit nicht fristgerecht abgegeben, so wird sie mit „nicht ausreichend“ bewertet. [7]Die Prüferin oder der Prüfer setzt die Note gemäß § 16 fest. [8]Bei Bewertung mit „nicht ausreichend“ ist die Arbeit von einer zweiten Prüferin oder einem zweiten Prüfer zu bewerten.

Fachmodule – Bereich Biochemie

Subject-specific modules – Section Biochemistry

Module, deren Modulbeschreibung in hellgrauer Schrift dargestellt ist, werden aktuell nicht angeboten.

(Bio-)Analytics: QM and metrology in the chemical laboratory

(Modulverantwortliche Organisation: NMR-Zentrum)

Lernziele
Erwerb theoretischer und praktischer Kenntnisse in (Bio)-Analytik insbesondere der Grundlagen des analytischen Prozesses und der Metrologie (Lehre vom Messen). Im Zusammenhang damit Überblick über Qualitätsmanagement, ausgewählte analytische Techniken und OMICS. Modulsprache: Deutsch oder Englisch.

Lerninhalte
Vorlesung: Analytik ist eine metrologische (messende) Wissenschaft. Die Vorlesung führt in den analytischen Prozess und die Grundlagen der Metrologie und Ergebnisbewertung ein und bietet einen Überblick über das eng damit verbundene Qualitätsmanagement im Labor. Anwendungen und Grundlagen aus den Bereichen der Spektroskopie (z.B.: qNMR als Beispiel für quantitative Referenzmethode, IR udgl.), der Trennmethoden und der Massenspektrometrie werden präsentiert, ebenso wie eine Einführung in die OMICS Methoden Fokus auf Metabonomics. Themenbezogenen Übungen ergänzen die Vorlesung (Teil der VL).
Kleingruppenpraktikum: Die Studierenden lernen den analytischen Prozess in seiner Gesamtheit zu betrachten, analytische Ergebnisse kritisch zu interpretieren und rechtssicher zu formulieren. Teil des Praktikums ist ein Seminar mit benotetem Vortrag (in Englisch).

Lehrformen und –zeiten
• Vorlesung (Bio-)Analytik: QM und Metrologie (Block, erste Semesterhälfte), 2 SWS, SoSe
• Kleingruppenpraktikum (Bio-)Analytik: QM und Metrologie (2 Wochen Blockpraktikum, fixer Termin), 7 SWS, SoSe

Teilnahmevoraussetzung
Mindestvoraussetzungen sind grundlegende theoretische und praktische Kenntnisse in Chemie, insbesondere in Analytik und Spektroskopie.

Leistungsnachweis
• Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung (inkl. multiple choice) zur Vorlesung 5 LP
• Erfolgreiche Teilnahme am Kleingruppenpraktikum mit benoteten Protokollen (3 LP) und benotetem Seminarvortrag (1 LP) 4 LP
Das Praktikum gilt erst als bestanden, wenn alle Protokolle positiv bewertet wurden. Die Modulnote wird erst nach erfolgreicher Absolvierung beider Veranstaltungen erteilt.

Studentischer Arbeitsaufwand

•	Vorlesung (mit Vor- und Nachbereitung)	70 Stunden
•	Prüfungsvorbereitung	80 Stunden
•	Kleingruppenpraktikum mit Protokoll und Seminar	120 Stunden
	Gesamtbelastung:	270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Biochemische Methoden

Biochemical methods
(Modulverantwortliche Organisationen: Biochemie I -III)

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

Lerninhalte
Vorlesung *Biochemische Methoden*: Reinigung, Aktivierung rekombinanter Proteine, Tagging Verfahren; Enzymkinetik: Steady State, schnelle Kinetik (Stopped-Flow, T-Jump); Ultrazentrifugation; Bindungsgleichgewichte: Formalismus, Methoden zur Bestimmung von Gleichgewichtskonstanten; Fluoreszenzspektroskopische Analyse, CD von 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 Modellreaktionen behandelt: Faltung und konformationelle Stabilität von Proteinen; Protein-Liganden-Wechselwirkung; Active Site Titration; Protein-Nukleinsäure-Interaktion (Gelretardation); Reinigung von Proteinen.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung *Biochemische Methoden* (2 SWS) mit begleitenden Übungen (1 SWS). Praktikum (7 SWS) als Block im Anschluss an die Vorlesungszeit. Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Biochemie werden vorausgesetzt. Das Modul kann nur gewählt werden, wenn das Modul Biochemische Methoden im Bachelorstudiengang Biochemie nicht belegt wurde.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 6 LP), benotete Arbeitsberichte zum Praktikum (Gewichtung 3 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand
150 Stunden Anwesenheit, 80 Stunden Vor- und Nachbereitung und 40 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Bioinformatik: Molekulare Modellierung

Bioinformatics: Molecular modelling
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie V)

Lernziele
Die Studierenden sollen zu einem vertieften Verständnis der Methoden und Anwendungen der molekularen Modellierung biologischer Makromoleküle gelangen und Fähigkeiten zur Durchführung molekularer Modellierung biologischer Makromoleküle mit geeigneter Computersoftware erwerben.

Lerninhalte
In der Vorlesung *Bioinformatik und Molekulare Modellierung* werden die 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.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Praktikum (7 SWS) und Seminar (1 SWS). Das Praktikum findet als 2-wöchige Blockveranstaltung statt. Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Strukturbiochemie und Grundkenntnisse in UNIX für das Praktikum werden dringend empfohlen. Das Modul kann nur gewählt werden, wenn im Bachelorstudiengang das Modul *Molekulare Modellierung* nicht belegt wurde.

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

Studentischer Arbeitsaufwand
150 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Biomakromolekulare Kristallographie

Biomacromolecular crystallography
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie I)

Lernziele
Methoden zur strukturellen Untersuchung von biologischen Makromolekülen werden besprochen, und die Röntgenstrukturanalyse als häufig verwendete Methode konzeptionell und methodisch vertieft. Ziel des Moduls ist es, theoretische und praktische Grundlagen der Röntgenkristallographie zu vermitteln. Analyse, Aussagekraft und Verwendungsmöglichkeiten kristallographischer Modelle werden vermittelt, und die Komplementarität zu anderen Strukturanalysemethoden aufgezeigt.

Lerninhalte
Methoden zur Strukturanalyse biologischer Makromoleküle; Strukturbeschreibung; physikalische theoretische und praktische Grundlagen der Röntgenstrukturanalyse; Probenvorbereitung und Kristallisation; Datensammlung, -analyse und -auswertung; Phasenbestimmung; Modellerstellung und -analyse; Grundlagen der Modellierung von Homologen und Ligandkomplexen.
Im Seminar werden aktuelle wissenschaftliche Publikationen diskutiert, die Methoden und/oder wissenschaftliche Fragestellungen aus diesem Modul behandeln.
Im Praktikum werden anhand von Beispielproteinen moderne Methoden der Kristallisation und der Röntgenstrukturanalyse von Proteinen vermittelt.

Lehrformen und –zeiten
Die Veranstaltung besteht aus einer Vorlesung (2 SWS), einem Praktikum (5 SWS) und einem Seminar (2 SWS). Das Praktikum findet als zweiwöchige Blockveranstaltung statt. Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Erfolgreiche Teilnahme am Modul Biochemische Methoden bzw. Nachweis äquivalenter Leistungen.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (5 Leistungspunkte), benoteter Seminarvortrag (1.5 Leistungspunkte) und benotete Protokolle zu den Praktikumsaufgaben (2.5 Leistungspunkte).

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

Leistungspunkte: 9

Biophysikalische Chemie – Mehrdimensionale NMR Spektroskopie an biologischen Makromolekülen

Biophysical chemistry: Multidimensional NMR-spectroscopy on biological macromolecules
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie IV)

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.

Lerninhalte
In der Vorlesung werden die theoretischen Grundlagen der mehrdimensionalen NMR Spektroskopie (Produktoperatorformalismus, Kohärenztransfer, zwei- und höherdimensionale 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.

Lehrformen und –zeiten
Das Modul besteht aus folgenden Lehrveranstaltungen:

Vorlesung	2 SWS
Übung	2 SWS
Praktikum	5 SWS

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse der Physikalischen Chemie und der Mathematik (Inhalte der entsprechenden Module der Studiengänge Biochemie Bsc bzw. Chemie Bsc) werden empfohlen. Das Modul kann nur belegt werden, wenn das Wahlpflichtmodul *Biophysikalische Chemie - NMR Spektroskopie* im Bachelorstudiengang Biochemie nicht belegt worden ist. Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Leistungsnachweis
Der Leistungsnachweis erfolgt über eine 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
135 Stunden Anwesenheit, 85 Stunden Vor- und Nachbereitung und 50 Stunden Prüfungsvorbereitung an; Gesamtaufwand 270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Biomaterialien (für Biochemiker und Biologen)

Biomaterials (for biochemists and biologists)
(Modulverantwortliche Organisation: Biomaterialien)

Lernziele
Von der Natur inspirierte Materialien und Werkstoffe bilden die Grundlage dieser Veranstaltung. Die Studierenden sollen Möglichkeiten der Umsetzung und Erforschung von Biopolymeren erlernen und einen umfassenden Überblick über aktuelle Forschungsergebnisse und industrielle Nutzung erhalten. Dabei spielt die mechanische und strukturelle Analyse der zugrunde liegenden Makromoleküle eine große Rolle. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Biomineralisation.

Lerninhalte
Vorlesung: Anwendung von Nukleinsäuren, Lipiden und Proteinen in Nanotechnologie, Pharmakologie und Industrie; Betrachtung der wissenschaftlichen Grundlagen der natürlichen Assemblierung von Makromolekülen, von Biomineralisationsprozessen und deren technischer Nachahmung. Behandelt werden u. a. folgende Methoden: asymmetrische Feldflussfraktionierung, CD-Spektroskopie, IR-Spektroskopie, UV-Vis-Spektroskopie, Fluoreszenzspektroskopie, AFM, EM, Fluoreszenzmikroskopie, mechanische Testmaschinen, HPLC, molekularbiologische und mikrobiologische Arbeitsmethoden.
Seminar: Im Seminar werden aktuelle Themen im Bereich Biomaterialien und Biomineralisation behandelt. Im Mittelpunkt stehen Methoden der Materialanalyse zur Optimierung des Einsatzes von Biopolymeren in der Industrie.
Praktikum: Im Praktikum sollen die in Vorlesung und Seminar theoretisch erlernten Methoden praktisch am Beispiel von Spinnenseiden, Muschelkollagenen und Hefeprionproteinen umgesetzt werden.

Lehrformen und –zeiten
Lehrveranstaltung: 2 SWS Vorlesung
2 SWS Seminar
5 SWS Praktikum
Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Biochemie und Molekularer Biologie werden vorausgesetzt.

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

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

Leistungspunkte: 9

Chemometrie – Chemometrics

(Modulverantwortliche Organisation: NMR-Zentrum)

Lernziele
Das Modul gibt einen Überblick über die Chemometrie, also die Auswertung chemischer Daten mittels statistischer Methoden (einschl. KI), und in diesem Zusammenhang wichtige spektroskopische Techniken und deren chemometrische Anwendung in Chemie, Lebensmittelprüfung und medizinischer Diagnostik. Die Teilnehmer sollen grundlegende Kenntnisse erwerben, die sie befähigen, Forschungsarbeiten im Bereich der Chemometrie nicht nur zu verstehen, sondern auch selbständig durchzuführen. Modulsprache: Deutsch oder Englisch.

Lerninhalte
Vorlesung: Überblick über die Chemometrie – von den Anfängen bis zur KI. Besonderheiten bei der Anwendung auf spektroskopische Daten (z.B.: IR, MS, NMR, Isotopenverhältnisse, Spurenelemente udgl.). Experimentelle Grundlagen: von der Probenvorbereitung bis zum fertigen Modell. Überblick über Klassifizierungs- und Regressionsmethoden und damit verbunden Datenvorbehandlung. Einführung in die Entwicklung nicht-gerichteter analytischer Methoden und entsprechende Validierungskonzepte. Anwendungsbeispiele: von der anorganischen Chemie über Lebensmittelanalytik (Authentizitätsanalytik) bis zur Diagnostik. Themenbezogenen Übungen ergänzen die Vorlesung (Teil der VL).
Kleingruppenpraktikum: Die Studierenden lernen spektroskopische Daten für chemometrische Auswertungen zu erstellen, auszuwerten und kritisch zu interpretieren. Teil des Praktikums ist ein Seminar mit benotetem Vortrag (in Englisch).

Lehrformen und –zeiten
- Vorlesung Chemometrics (Block, erste Semesterhälfte), 2 SWS, WS
- Kleingruppenpraktikum Chemometrics (2 Wochen Blockpraktikum, fixer Termin), 7 SWS, WS

Teilnahmevoraussetzung
Mindestvoraussetzungen sind grundlegende theoretische und praktische Kenntnisse in Chemie, insbesondere in Analytik und Spektroskopie.

Leistungsnachweis
- Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung (inkl. multiple choice) zur Vorlesung 5 LP
- Erfolgreiche Teilnahme am Kleingruppenpraktikum mit benoteten Protokollen (3 LP) und benotetem Seminarvortrag (1 LP) 4 LP

Das Praktikum gilt erst als bestanden, wenn alle Protokolle positiv bewertet wurden. Die Modulnote wird erst nach erfolgreicher Absolvierung beider Veranstaltungen erteilt.

Studentischer Arbeitsaufwand

• Vorlesung (mit Vor- und Nachbereitung)	70 Stunden
• Prüfungsvorbereitung	80 Stunden
• Kleingruppenpraktikum mit Protokoll und Seminar	120 Stunden
Gesamtbelastung:	270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Proteine: Funktion, Evolution und Design

Proteins: Function, evolution and design
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie III)

Lernziele
Die Studierenden sollen durch dieses Modul ein tieferes Verständnis für Proteine, ihre Funktionen und ihre Entstehung erwerben, sowie Einblicke in moderne Möglichkeiten des Protein-Engineering zur Entwicklung neuartiger Proteine erhalten. Zudem sollen Kernkompetenzen im kritischen Umgang mit wissenschaftlichen Daten und ihrer Präsentation vermittelt werden.

Lerninhalte
In der Vorlesung werden Struktur, Faltung und Funktion von Proteinen behandelt, molekulare Prinzipien der Proteinstabilität und -reaktivität, Mechanismen der Faltung, Methoden zur Analyse von Proteinen, ihrer Faltung, Stabilität und Funktion, grundlegende Konzepte der Proteinevolution, sowie Prinzipien des Protein-Engineering (von *in vitro* Evolution bis *in silico* Design). Die Vorlesungsmaterialien sind generell in Englisch gehalten. Bei Bedarf kann die Vorlesung auch auf Deutsch gelesen werden.
Im Seminar werden aktuelle Arbeiten aus der Literatur, die wissenschaftlichen Fragestellungen aus diesem Modul behandeln und vertiefen, in Vorträgen vorgestellt und in der Gruppe diskutiert.
Im Praktikum sollen die erlernten Konzepte praktisch an Beispielen umgesetzt werden. Dies beinhaltet theoretische Ansätze wie Visualisierung, Analyse und Modellierung von Proteinstrukturen und Protein-Ligandenkomplexen, sowie deren experimentelle Präparation und biophysikalische Charakterisierung.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS), Praktikum (5 SWS). Das Praktikum wird als 2- wöchige Blockveranstaltung durchgeführt. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Biochemie und Molekularbiologie werden vorausgesetzt.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung (3 LP), aktive Teilnahme am Seminar inklusive Vortrag (3 LP), sowie Benotung des Praktikums inklusive Protokoll (3 LP)

Studentischer Arbeitsaufwand
135 Stunden Anwesenheit, 105 Stunden Vor- und Nachbereitung, 30 Stunden Prüfungsvorbereitung, in Summe 270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Python-Programmierung in den Lebenswissenschaften

Python programming in life sciences
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie V)

Lernziele
Theoretische Kenntnisse und praktische Fähigkeiten im Umgang mit Linux-Computern und das wissenschaftliche Programmieren in Python.

Lerninhalte
Dieses Modul bietet einen Einstieg in Linux und die Programmiersprache Python. Ziel ist es dem Studierenden mit Hilfe von Problemen aus der Biochemie und Bioinformatik das Programmieren in Python in der Linux Umgebung beizubringen. Grundlegende Algorithmen aus der Bioinformatik werden vermittelt, um damit wissenschaftliche Daten zu prozessieren, auszuwerten und zu präsentieren.

Lehrformen und –zeiten
Ein Besprechungsseminar (2 SWS), in dem die Programmiertechniken vorgestellt und besprochen werden und anschließende Übungen (2 SWS) zur Vertiefung der Techniken. In einem zweiwöchigen Blockpraktikum (7 SWS) wird die Programmierung einer komplexeren Aufgabe durchgeführt. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Eine erfolgreiche Teilnahme am Pflichtmodul “Grundlagen der Bioinformatik”, sowie Grundwissen im Betriebssystem Linux

Leistungsnachweis
Der Leistungsnachweis erfolgt über aktive Mitarbeit und benotete schriftliche Hausarbeiten (4,5 LP) sowie eine benotete schriftliche Prüfung in Form einer Programmieraufgabe (4,5 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.

Leistungspunkte: 9

RNA: Struktur und Funktion

RNA: Structure and function
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie IV)

Lernziele
Dieses Modul soll den Studierenden einen detaillierten Einblick in die Welt der RNA geben. Dieses biologisch essentielle Molekül wurde über Jahrzehnte als reines Intermediär im zentralen Dogma der Molekularbiologie angesehen. Erst in den letzten 20 Jahren stieg das Interesse durch bahnbrechende Forschung, gerade im Bereich der langen, nicht-kodierenden RNA (long non-coding, lncRNA). Es soll vermittelt werden, dass in der RNA Forschung ein Struktur-Funktionszusammenhang wichtig ist, um das Wirken dieser Moleküle zu verstehen. Wissen über den Einfluss der RNA-moleküle in allen molekularen Mechanismen der Zelle soll erworben sowie der kritische Umgang mit wissenschaftlicher Literatur und Daten geübt werden. Insbesondere soll die moderne Herangehensweise zur RNA-Strukturberechnung erlernt werden und deren besondere Stellung im Vergleich zur Proteinstrukturberechnung.

Lerninhalte
In der Vorlesung wird zunächst einleitend eine historische Zusammenfassung der RNA-Forschung gegeben sowie die Hypothese der RNA als Ursprung des Lebens. Darauf aufbauend werden alle molekularen Mechanismen der RNA in grundlegenden, zellulären Pfaden beschrieben und das komplexe Leben von RNA Molekülen verfolgt. Diese reichen von der Transkription, Spleißen, Translation, Reifung, Degradation als auch deren Regulation durch lncRNAs und RNA-bindende Proteine. Weiterhin werden regulatorische und katalytische RNAs behandelt bis hin zu RNA-Proteininteraktionen in Wirts-Pathogenverhältnissen. Ein besonderes Augenmerk wird dabei auf die Struktur von RNAs gelegt und wie diese für die Regulationsmechanismen von Bedeutung sind. Hier werden Methoden zur RNA Strukturberechnung behandelt (Chemical probing, M2-seq, NMR, cryo-EM). Der Bereich der Transkription und microRNAs wird nur peripher behandelt, da dies schon vom hier empfohlenen Modul „Non-coding RNA and epigenetics“ abgedeckt ist.
Die Vorlesungsmaterialien sind generell in Englisch gehalten und nur nach ausdrücklichem Wunsch können die Vorlesungen und Seminare auch auf Deutsch durchgeführt werden.
Im Seminar werden aktuelle und relevante Arbeiten aus der Literatur, die im Zusammenhang mit der Vorlesung stehen, zur Vertiefung von den Studierenden vorgetragen und in der Gruppe diskutiert. Dabei wird auf einen wissenschaftlich kritischen Umgang mit den Ergebnissen geachtet.
Im Praktikum sollen die Schwierigkeiten bei der RNA-Forschung aufgezeigt werden und wie man diese umgehen kann. Es wird zunächst RNA hergestellt, diese biophysikalisch untersucht und strukturell charakterisiert. Außerdem werden Protein-RNA Interaktionen biophysikalisch und strukturell untersucht.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS), Praktikum (5 SWS). Das Praktikum wird als 2-wöchige Blockveranstaltung zusammen mit dem Seminar durchgeführt. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Biochemie und Molekularbiologie werden vorausgesetzt.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung (35 %), aktive Teilnahme am Seminar, inklusive Vortrag (35 %) sowie Benotung des Praktikums samt Protokollanfertigung (30 %).

Studentischer Arbeitsaufwand
140 Stunden Anwesenheit, 100 Stunden Vor- und Nachbereitung, 30 Stunden Prüfungsvorbereitung - in Summe 270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Integrative biomolecular structure modelling

(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie IV)

Aims

This module aims to provide the students with detailed insights into modern structural biology. Structural biology remains essential to obtain detailed mechanistic insights into biological processes. Today, integration of data from different methods becomes increasingly important as structures of single domains or small biomolecules are mostly solved. Each single structure determination method has its limitations and large and dynamic complexes need insights from several methods. Furthermore, the year 2021 has had a huge impact for structural biology with the release of AlphaFold2. This enhances high resolution structure determination of larger biomolecular complexes significantly. Thus, this module will provide an overview about how to solve structures of biomolecules and their complexes, the methods needed to obtain restraints for structure calculation, how to handle dynamics and how to interpret the structures to understand functional impact.

Learning content

During the beginning of this lecture series, we will discuss structural biology in general followed by lectures about contributing methods (AlphaFold2, NMR spectroscopy, X-ray crystallography, cryo-EM, small-angle scattering, EPR, FRET, cross-linking mass spectrometry). To avoid redundancy we will focus on which restraints are useful for integrative approaches. This will be followed by explanations about how to combine restraints from these methods in an efficient way, depending on what complexes are investigated (protein-protein, protein-nucleic acids). Later, computational tools and platforms will be introduced and how to best apply them for certain complexes. Lastly, we will discuss the problem of how to handle dynamic molecules, like intrinsically disordered proteins and RNA. Obtaining models of these kind of complexes are challenging and ensemble modelling is therefore a major focus.
The lecture, seminar and practical will be generally in English.
In the seminar, we will discuss new and relevant literature, which is in relation to the lecture and practical, which helps to deepen the students' understanding of the topic and it will be discussed in the group. Here, we will also focus on assessing the articles critically.
In the practical, we will try to provide insights into the difficulties integrative modelling and how to find solutions. Hands-on experience on computational tools with existing data will be taught.

Teaching types

Lecture (2 SWS), Seminar (2 SWS), Practical (2 SWS). The practical will be computational and together with the seminar will be after the lecture. The modul takes place in SoSe.

Recommended knowledge

Basic knowledge in biochemistry and molecular biology is necessary. Previous knowledge on e.g. X-ray crystallography (see existing module) will be useful but not necessary. Basic knowledge in Unix systems is also recommended, but not necessary.

Assessment

Written or oral exam (35 %), active participation in seminar including a presentation (35 %) and assessment of the practical including lab reports (30 %).

Workload

140 hours of presence, 100 hours pf preparation and independent studies, 30 hours exam preparation,270 hours total

ECTS: 9

Selbstassemblierende Biopolymere

Self-assembling biopolymers
(Modulverantwortliche Organisation: Biomaterialien)

Lernziele
Selbstassemblierende Biopolymere (DNA/RNA, Proteine, Lipide, Polysaccharide) bilden die Grundlage dieser Veranstaltung. Die Studierenden sollen Einblicke in die Analyse von Biopolymeren mit einem Fokus auf die Assemblierungsmechanismen von Biopolymeren und der Bildung von Superstrukturen erhalten. Als Ausblick werden auch mögliche technische Anwendungen vorgestellt.

Lerninhalte
Vorlesung: Bildung von Superstrukturen aus Nukleinsäuren; Assemblierungsmechanismen von Lipiden und Proteinen in Hinblick auf wissenschaftliche Grundlagen; mögliche technische Anwendungen.
Seminar: Im Seminar werden vertiefend aktuelle Entwicklungen im Bereich der Biopolymere besprochen und ebenso für Vorlesung und Praktikum benötigte Analysemethoden.
Praktikum: Im Praktikum sollen die in Vorlesung und Seminar theoretisch erlernten Methoden praktisch am Beispiel von selbstassemblierenden Biopolymeren (Hefe-Prionproteine und Nukleinsäuren) umgesetzt werden.

Lehrformen und –zeiten
Lehrveranstaltung: *Selbstassemblierende Biopolymere (für Biologen & Biochemiker)*
2 SWS Vorlesung
2 SWS Seminar
5 SWS Praktikum
Dozenten: Scheibel und Mitarbeiter
Das Modul wird nur im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Biochemie werden vorausgesetzt. Das Modul kann nur gewählt werden, wenn während des Bachelorstudiums an der Universität Bayreuth das Modul *Selbstassemblierende Biopolymere* nicht belegt wurde.

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

Non-coding RNA and Epigenetics

Modulverantwortliche Organisation: RNA Biochemie (Biochemie VI)

Lernziele
RNAs, die nicht in Proteine übersetzt werden, sondern vor allem regulatorisch wirken, haben große Teil der Biologie in den letzten 20 Jahren revolutioniert. Das Modul macht die Studierenden mit den verschiedenen Klassen dieser nicht-kodierenden RNAs vertraut und erklärt deren Biogenese und molekulare Wirkweise. Mit den nicht-kodierenden RNAs eng verwoben sind epigenetische Prozesse, d.h. vererbliche Merkmale, die nicht auf Änderungen der DNA-Sequenz zurückzuführen sind. Um epigenetische Mechanismen zu verstehen, vermittelt das Modul Grundzüge der Regulation eukaryontischer DNA-Struktur, Heterochromatin-Bildung und -Erhaltung. Dabei liegt der Schwerpunkt auf der Verbindung zwischen nicht-kodierender RNA und Epigenetik. Darüber hinaus führt das Modul auch in den therapeutischen Nutzen von (nicht-kodierenden) RNAs ein, ein Forschungsfeld, das in den letzten Jahren nicht allein durch die Sars-CoV-2 Pandemie enorm an Bedeutung gewonnen hat.

<u>Vorlesung</u>
Die Vorlesung umfasst folgende Themen: Chromatin and chromatin remodeling, history of the discovery of RNA interference, microRNAs and their biogenesis, translational repression, piRNAs in Drosophila and mouse, oligonucleotide therapeutics, next-generation sequencing techniques (including ChIP-seq, RNA-seq, GRO-seq, PAR-CLIP and iCLIP), epigenetic mechanisms in plants, DNA methylation in animals and plants, genomic imprinting, histone variants. *Optional (if time allows)*: RNA epigenetics (e.g. m6A), long non-coding RNAs, X inactivation, enhancer RNAs, 3D-genome organization.
Sprache: *Englisch, Folien: Englisch*.

<u>Seminar</u>
30-minütige Seminare über wegweisende Veröffentlichungen aus der Originalliteratur. ***Sprache:*** *Englisch.*

Praktikum
Das 2-wöchige Blockpraktikum macht die Studierenden mit den Grundlagen der rekombinanten Proteinexpression in Insektenzellen, der Protein-Aufreinigung, Techniken der RNA-Biologie und der Bioinformatik vertraut.
Humanes Argonaute-2 und eine katalytisch inaktive Argonaute Mutante werden in Insektenzellen exprimiert und mithilfe moderner Chromatographietechniken aufgereinigt. Die Aktivität von Argonaute-2 gegenüber einem spezifischen mRNA *target* wird dann mithilfe eines radioaktiven *Slicer Assays* gemessen. Darüber hinaus schalten die Praktikumsteil-nehmer ein PIWI-Protein mithilfe von RNA-Interferenz in Planarien aus und untersuchen den Einfluss dieses Knockdowns auf die Stammzellpopulation mithilfe von Durchflusszytometrie (FACS). Zuletzt vermittelt das Praktikum einen Einblick in die RNA-Bioinformatik: In einem *in silico* Experiment werden die Auswirkungen eines microRNA Knockdowns auf das humane Transkriptom in einem RNA-seq Experiment ausgewertet, und die tatsächlichen Bindestellen einer microRNA auf einem mRNA *target* werden mithilfe von PAR-CLIP Daten bestimmt.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Praktikum (5 SWS), Seminar zu aktuellen Themen der Forschung (2 SWS). Das Modul wird im Sommersemester angeboten. Während die Vorlesung 2-stündig das

ganze Semester über stattfindet, werden die Seminare Ende Juni/Anfang Juli abgehalten. Das 2-wöchiges Blockpraktikum findet im Juli statt.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse der Biochemie und der Molekularen Biologie werden vorausgesetzt.

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung zu den Inhalten der Vorlesung (4 LP), Vortragsleistung im Seminar (2 LP), Schriftliches Protokoll (auf Englisch) und kurze mündliche Vorstellung der Praktikumsergebnisse (3 LP)

Studentischer Arbeitsaufwand
120 Stunden Anwesenheit, 120 Stunden Vor- und Nachbereitung, 60 Stunden Prüfungsvorbereitung. Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Synthetische Biologie & Sensorische Photorezeptoren

Synthetic biology & sensory photoreceptors
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie II)

Lernziele
Die Veranstaltung setzt sich zum Ziel, Studierende mit der aktuellen und vielfältigen Materie der ‚Synthetischen Biologie' vertraut zu machen. Es werden verschiedene Bereiche ausgehend vom einzelnen Molekül bis hin zum ganzen Lebewesen behandelt. Besonderes Augenmerk finden hierbei sensorische Photorezeptoren, die verschiedenen Organismen lichtvermittelte Anpassungen ihres Verhaltens ermöglichen; neuerdings werden Photorezeptoren auch in der Optogenetik eingesetzt, um auf räumlich-zeitlich präzise, reversible und nicht-invasive Weise organismisches Verhalten und Physiologie über Licht zu kontrollieren. Perspektivisch soll das Modul den Studenten Wissen, Motivation und Fähigkeiten vermitteln, in ihrer eigenen Forschung auch auf synthetische Strategien zu setzen.

Lerninhalte
Vorlesung: Einleitung, Verortung und grundlegende Konzepte der Synthetischen Biologie; bioinformatische Ressourcen und Datenbanken; Proteinmodifikationen; Einbau nicht-natürlicher Aminosäuren; DNA-Bibliotheken und Methoden zu ihrer Erzeugung; Directed Evolution; sensorische Photorezeptoren (Klassen, Photochemie, Struktur und Funktion); Optogenetik; de novo Proteindesign; DNA Computer und DNA Origami; metabolische Netzwerke; synthetisches Leben. Die Vorlesungsmaterialien sind grundsätzlich auf Englisch gehalten, die Vorlesung kann aber bei Bedarf auch auf Deutsch gelesen werden.
Seminar: Begleitend zur Vorlesung werden bahnbrechende und/oder aktuelle Arbeiten aus der Literatur in einem Vortrag vorgestellt und in der Gruppe diskutiert. Themen entstammen den oben genannten und in der Vorlesung behandelten Bereichen der Synthetischen Biologie.
Praktikum: Im Praktikum gilt es, Konzepte der Synthetischen Biologie am Modellsystem sensorischer Photorezeptoren umzusetzen. Zentrales Ziel ist die Präparation, spektroskopische, funktionale Analyse und optogenetische Anwendung eines künstlich erzeugten Photorezeptors sowie das Erstellen funktionaler Varianten dieses Rezeptors. Methodisch umfaßt das Praktikum molekularbiologische, biochemische und spektroskopische Ansätze. Das Praktikum wird als zweiwöchige Blockveranstaltung durchgeführt.

Lehrformen und –zeiten
2 SWS Vorlesung, 2 SWS Seminar, 5 SWS Praktikum; Das Modul wird im SoSe angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Biochemie und Molekularbiologie werden vorausgesetzt.

Leistungsnachweis
Der Leistungsnachweis erfolgt über eine mündliche oder schriftliche Prüfung (Gewichtung 50 %), der Benotung des Praktikums (Protokoll, Gewichtung 50 %) sowie der aktiven Teilnahme am Seminar (unbenotet).

Studentischer Arbeitsaufwand
135 Stunden Anwesenheit, 105 Stunden Vor- und Nachbereitung, 30 Stunden Prüfungsvorbereitung, in Summe 270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Prinzipien der Biochemie

Principles of biochemistry
(Modulverantwortliche Organisationen: Dozenten des Bereichs Biochemie)

Lernziele
Durch Kombination von zwei Vorlesungen aus dem Angebot des Bereichs A sollen die Kenntnisse in Biochemie vertieft werden, Zusammenhänge zwischen den Disziplinen erkannt werden und die Grundlage für eigenes wissenschaftliches Arbeiten verbreitert werden.

Lerninhalte
Die Lerninhalte der Vorlesungen und die Zielsetzungen der Seminare sind in den Modulen definiert, aus denen sie gewählt werden.

Lehrformen und –zeiten
Die Veranstaltung besteht aus zwei Vorlesungen im Umfang von jeweils 2 SWS aus dem Angebot des Bereichs A (Biochemie) und einem Seminar (2 SWS), das einer der beiden Vorlesungen zugeordnet ist. Vorlesungen und Seminare, die bereits im Rahmen eines anderen Moduls absolviert wurden, können nicht gewählt werden.
Die Vorlesung, der das Seminar nicht zugeordnet ist, kann auch aus einem anderen Bereich gewählt werden.

Teilnahmevoraussetzung
Die Teilnahme an diesem Modul ist nur einmal möglich.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung I (3.5 Leistungspunkte), schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung II (3.5 Leistungspunkte) und benoteter Seminarvortrag (2 Leistungspunkte). Bei der Anmeldung zu den Prüfungen zu den Vorlesungen I und II ist anzugeben, dass diese Prüfungen im Rahmen des Moduls „Prinzipien der Biochemie“ abgelegt werden.

Studentischer Arbeitsaufwand
90 Stunden Anwesenheit, 120 Stunden Vor- und Nachbereitung, 60 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Biochemical Physics

(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie V)

Lernziele
The aim of the course is to enable the students to familiarize with the structural and mechanistic aspects of biomolecules - how physics helps to understand biochemistry.

Lerninhalte
Vorlesung:
- Structure and bonding in biomolecules.
- Thermodynamic driving forces - Energy, the capacity to store and move - Entropy - Boltzmann distribution- Calorimetry
- Proton and electron transfer - pH and redox reaction - Chemical potential and reduction potential
  Chemical equilibrium - Thermodynamics of binding - Molecular recognition, specificity, allostery, cooperativity - Titration experiments (what to measure with which methods, particular attention to optical spectroscopy methods)
- Kinetics - Diffusion and flow. Rates of molecular processes
- Chemical kinetics - Transition state - Binding and catalysis (Enzymes) - Flow and relaxation methods
- Molecular shape - Conformational changes- Folding
- Single molecule approach in the investigation of bio-molecule
- Mechanistic models

Praktikum:
Case studies will be proposed to illustrate practical concerns to approach some of the topics presented in the lecture.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS) und Seminar (2 SWS). Praktikum (7 SWS) als 2-wöchige Blockveranstaltung im Anschluss an die Vorlesungszeit. Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Mathematische Grundlagen (Mathematik I + II). Grundkenntnisse in physikalischer Chemie.

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

Studentischer Arbeitsaufwand
150 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Bioorganische Chemie I: Aminosäuren, Peptide, Proteine

Bioorganic chemistry I: Amino acids, peptides, proteins
(Modulverantwortliche Organisation: Bioorganische 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.

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, Kohlenhydrate, Nukleinsäuren. Im Praktikum werden die theoretischen Kenntnisse mit Versuchen zu folgenden Themengebieten vertieft:

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

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung *Bioorganische Chemie* (2 SWS) und Praktikum (9 SWS). Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen. Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Kenntnisse in Organischer Chemie werden vorausgesetzt. Das Modul kann nur gewählt werden, wenn im Bachelorstudiengang das Modul *Bioorganische Chemie* nicht belegt wurde.

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

Studentischer Arbeitsaufwand
140 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung und 40 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Bioorganische Chemie II: Kohlenhydrate und Glycobiologie

Bioorganic chemistry II: Carbohydrates and glycobiology
(Modulverantwortliche Organisation: 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.

Lerninhalte
Die Vorlesung geht von den wichtigsten Klassen von Biomakromolekülen aus und bespricht ausgewählte Beispiele aus dem Bereich von Proteinen, Kohlenhydraten, der Kombinatorischen Synthese und der Herstellung von Chips mit Biomolekülen. 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

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung *Bioorganische Chemie II* (2 SWS), Praktikum (9 SWS). Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Die erfolgreiche Teilnahme am Modul *Bioorganische Chemie* im Bachelorstudiengang Biochemie oder am Modul *Bioorganische Chemie I* wird dringend empfohlen.

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

Studentischer Arbeitsaufwand
140 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung und 40 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Molekulare Virologie

Diese Lehrveranstaltungen können als Vorlesung und Seminar in Prinzipien der Biochemie belegt werden.

Molecular virology
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie IV)

Lernziele
Die Studierenden sollen Grundlagen der molekularen Virologie erwerben. Der Aufbau und der Lebenszyklus wichtiger eukaryontischer und krankheitsrelevanter Viren werden vermittelt. Virologische, molekularbiologische, biochemische und biophysikalische Fragestellungen werden miteinander verknüpft.

Lerninhalte
In der Vorlesung werden die Grundlagen der molekularen Virologie, der Aufbau, die Replikation und die Pathogenese einzelner Virusgruppen wie HIV, Herpes, Influenza, Polio, Hepatitis sowie Strategien zur Virusbekämpfung behandelt. Verschiedene Mechanismen z.B. viraler Enzyme werden auf molekularer Ebene erklärt. Im Seminar werden aktuelle Themen aus der Virologie anhand von Veröffentlichungen von den Studierenden erarbeitet und vorgetragen.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS, WS) und Seminar (1 SWS, SoSe). Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in der Biochemie und Molekularer Biologie werden vorausgesetzt.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung (Gewichtung 3,5 LP), aktive Teilnahme am Seminar inklusive Vortrag (2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand
50 Stunden Anwesenheit, 85 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung, insg. 165 Stunden

Leistungspunkte: 5,5

Fachmodule – Bereich Molekulare Biologie

Subject-specific modules – Section Molecular Biology

Biotechnologie

Biotechnology
(Modulverantwortliche Organisation: 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.

Lerninhalte
Es werden die folgenden Themen bearbeitet: zelluläre Biotechnologie (Expressions-systeme, Kultivierungsbedingungen, Stammzellen, Tissue Engineering), industrielle Biotechnologie (technische Enzyme, Ganzzelltransformationen, Proteindesign, Metabolic Engineering), Bioreaktionstechnik (Bioreaktoren, Prozessführung, Grundoperationen, Prozessanalytik, computerunterstützte Prozesssimulation), Produktgewinnung und –reindarstellung (Downstream Prozessing Grundoperationen, Apparaturen, Strategien), Qualitätskontrolle (Prozess, Produkt), regulatorische Aspekte (Prinzipien der „Good Manufacturing Practice“ und „Good Laboratory Practice“, 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“ sowie „Anlagenplanung nach GMP“ absolviert. Im Praktikum werden vor allem die technischen Aspekte (Bioreaktoren, Aufarbeitungsverfahren, computerunterstütze Prozesssimulation) an einer eigenständig zu bearbeitenden wissenschaftlichen Fragestellung veranschaulicht.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung *Produkte aus Zellen, Zellen als Produkte* (2 SWS), Seminar *Aktuelle Aspekte der Biotechnologie* (2 SWS) und Praktikum (5 SWS). Das Praktikum findet als dreiwöchige Blockveranstaltung statt. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Biologische und biochemische Grundkenntnisse. Das Modul kann nur gewählt werden, wenn es nicht im Bachelorstudium belegt wurde.

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

Leistungspunkte: 9

Entwicklungsbiologie

Developmental biology
(Modulverantwortliche Organisation: Entwicklungsbiologie)

Lernziele
Die Entwicklungsbiologie bildet die Grundlage für das Verständnis von molekularen und zellulären Prozessen während der Embryonalentwicklung, Metamorphose und Regeneration von Organismen. Themen, die aktuell von großer biomedizinische Relevanz sind, wie Stammzellen, Krebs und Organregeneration, können nur im Zusammenhang mit den zellulären Signalmechanismen verstanden werden, durch die sie kontrolliert werden. Ziele des Moduls sind es, die Prinzipien der Entwicklung kennen zu lernen, sich mit den Signalmolekülen vertraut zu machen, die die Entscheidungen zwischen Proliferation und Differenzierung von Zellen steuern, und die wichtigsten Tiermodelle kennen zu lernen insbesondere von Wirbeltieren (Zebrafisch, Frosch, Huhn und Maus), die das Feld der Entwicklungsbiologie revolutioniert haben. Durch ausgewählte Kapitel der Entwicklungsgenetik sollen die Studierenden an die Theorie und Praxis der modernen Forschung herangeführt werden sowie Grundkenntnisse im Umgang mit dem genetischen Modellsystem Zebrafisch erlernen.

Lerninhalte
In diesem Modul werden wichtige Grundlagen der Entwicklungsbiologie behandelt. Dabei werden Schwerpunkte auf die Prinzipien der Entwicklung bei Wirbeltieren gesetzt, die anhand der Ergebnisse klassischer und moderner Experimente vorgestellt werden. Die Vorlesung führt ein in die Themen Keimzellen, Befruchtung und frühe Embryogenese; Molekulare Signale der Gastrulation; Stammzellen und Zelldifferenzierung; Mechanismen der Regeneration nach Amputation; Entwicklung des Nervensystems; Molekulare Ursachen von Links-Rechts Asymmetrie; Genetische Defekte der Gliedmaßen; Die molekularen Mechanismen morphologischer Evolution der Tiere. Im Seminar werden ausgewählte Themen der Vorlesung durch das Erarbeiten und die Präsentation von Fachliteratur vertieft. Einen zweiten Schwerpunkt bildet die Einführung in klassische und moderne genetische Methoden, die in der Entwicklungsgenetik, speziell beim „Zebrafisch“ (Zebrabärbling; *Danio rerio*) wichtige Rollen spielen. Dazu zählen Mutagenese-Screens, in situ-Hybridisierungen, antisense-Methoden, die Herstellung transgener Tiere und die Nutzung fortschrittlicher genetischer Tricks zur zellspezifischen Expression beliebiger Gene (z.B. Cre-Lox Rekombination, Gal4-UAS Systeme). Im praktischen Teil (Blockpraktikum) wird die in situ-Hybridisierung an Embryonen des Zebrafischs erlernt, die histologische Färbung von Knochen- und Knorpelskeletten verschiedener Entwicklungsstadien, sowie die Manipulation der Entwicklung mit Inhibitoren und Aktivatoren spezifischer zellulärer Signalwege in der Entwicklung (chemical genetics).

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Praktikum (5 SWS) und Seminar (2 SWS). Sprache: Deutsch (Vorlesung) und Englisch (Seminar/Praktikumsskript), Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Allgemeiner Biologie, Biochemie, Molekularbiologie und Genetik.

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung über Vorlesung, Seminar und Praktikum (Gewichtung 5 LP), Seminarvortrag (2 LP), Arbeitsbericht (2 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand
9 SWS Lehrveranstaltungen (135 Stunden), 60 Stunden Vor- und Nachbereitung, 45 Stunden begleitendes Selbststudium und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung, insgesamt 270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Eukaryontengenetik

Genetics of Eukaryotes
(Modulverantwortliche Organisation: 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.

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).

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS) und Praktikum (5 SWS als Block).

Teilnahmevoraussetzung
Erfolgreiche Teilnahme am Modul *Allgemeine Genetik* im Bachelorstudiengang Biologie oder Biochemie bzw. Nachweis äquivalenter Leistungen. Das Modul kann nur gewählt werden, wenn das Modul *Eukaryontengenetik* im Bachelorstudiengang Biochemie oder Biologie nicht belegt wurde. Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Leistungsnachweis
Klausur oder mündliche Prüfung 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

Zellbiologie: Funktion und Biogenese von Zellorganellen

Cell biology: Function and biogenesis of cell organelles
(Modulverantwortliche Organisation: Zellbiologie)

Lernziele
Die Studierenden sollen ein vertieftes Verständnis der Funktionsweise eukaryontischer Zellen erwerben und mit aktuellen Entwicklungen und Methoden der zellbiologischen Forschung vertraut gemacht werden.

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, und es werden allgemeine Mechanismen des Aufbaus und der Vererbung von Zellorganellen diskutiert. Biogenese und Funktionsweise der wichtigsten Organellen werden detailliert dargestellt, wobei an ausgewählten Beispielen wichtige zellbiologische Methoden vorgestellt werden. 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 (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. 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 dargestellt 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 ersten Studienjahr zu belegen.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Zellbiologie werden empfohlen. Das Modul kann nur gewählt werden, wenn es nicht bereits im Bachelorstudium absolviert wurde. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Leistungsnachweis
Klausur oder mündliche Prüfung (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

Immunologie

Immunology
(Modulverantwortliche Organisation: Molekulare Parasitologie)
Mit Beiträgen von: Prof. S. Clemens, Dr. O. Otti (alle Uni Bayreuth), Prof. H. Rupprecht, Prof. A. Kiani, Dr. K.-P. Peters (alle Klinikum Bayreuth)

Lernziele
Ziel des Moduls ist die Vermittlung der Grundlagen der Immunologie. Neben allgemeinen Grundlagen, die sich hauptsächlich auf das Immunsystem von Säugetieren beziehen wird auch die Diversität von Abwehrmechanismen gegen Pathogene am Beispiel von Insekten und Pflanzen erläutert. Ein wichtiger Aspekt des Curriculums ist die Einbeziehung angewandter und klinischer Immunologie. Dieser Bestandteil des Moduls wird von Ärzten des Klinikums Bayreuth unterrichtet, die in den Bereichen klinische Immunologie, Hämatologie, Onkologie und Allergologie tätig sind.
Im Praktikum werden aktuelle molekulare Arbeitstechniken, die in der Immunologie angewendet werden, erlernt. Allgemeine (transferierbare) Lernziele dieses Moduls sind die Erfassung relevanter wissenschaftlicher Literatur, die Ausarbeitung eines strukturierten Vortrags und die Analyse und Interpretation von experimentellen Daten.

Lerninhalte
Vorlesung: Das Ziel dieses Moduls ist die Vermittlung von Grundlagen der Immunologie sowie eine Einführung in Aspekte der klinischen Immunologie. Schwerpunkt ist die Immunantwort des Menschen, es werden aber auch Aspekte der Immunität anderer Organismen eingeschlossen.

- Unspezifische und adaptive Immunität
- Humorale und zelluläre Immunität
- Molekulare Grundlagen (Antikörpervielfalt, T-Zell Rezeptor Reservoir)
- Immunmechanismen von Insekten und Pflanzen, Evolution des Immunsystems
- Klinische Immunologie
    - Autoimmunerkrankungen, Erkrankungen des Komplementsystems
    - Transplantationsimmunologie, Immuntherapie bei Krebs
    - Allergologie, Psoriasis

Seminar: Referate der Studenten zu speziellen Themen der Immunologie. Das 30-minütige Referat wird Original- und Übersichtsliteratur (in Englisch) als Grundlage haben. Eine anschließende Diskussion ist Teil des Seminars. Der Vortrag kann wahlweise in Englisch oder Deutsch gehalten werden. Präsentationsmedium ist Powerpoint.
Praktikum:

- Immunoaffinitätsreinigung, Immunofluoreszenzmikroskopie & ELISA
- Reinigung und Charakterisierung von monoklonalen Antikörpern
- Blutanalyse (Giemsa Färbung, Hämatokritwertbestimmung)
- Isolierung & Proliferationsbestimmung von murinen mononukl. Zellen aus der Milz
- Untersuchung der Phagozytoseaktivität peritonealer Makrophagen

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS) und Praktikum (5 SWS). Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
keine

Leistungsnachweis
Klausur zu Vorlesung (Gewichtung 4 LP); Vortragsleistung im Seminar (Gewichtung 2,5 LP) benotetes Protokoll zum Praktikum (Gewichtung 2,5 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand
135 Stunden Anwesenheit, 135 Stunden Vor- und Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Instrumentelle Bioanalytik und Lebensmittelanalytik

Instrumental bioanalytics and food analysis
(Modulverantwortliche Organisation: Bioanalytik und Lebensmittelanalytik)

Lernziele
Die Studierenden erwerben tiefergehende theoretische Kenntnisse und praktische Erfahrung in der Anwendung und Auswertung instrumenteller Analyseverfahren. Neben experimentellen Fähigkeiten soll vor allem ein Verständnis für die Komplexität moderner Analysenergebnisse vermittelt werden und ein kritischer Umgang sowohl mit eigenen Ergebnissen als auch mit Literaturstudien angeregt werden.

Lerninhalte
Die Vorlesung führt in erweitere Aspekte der instrumentellen Analytik ein. Aus methodischer Sicht liegt der Schwerpunkt vor allem auf der Massenspektrometrie und der Raman-Spektroskopie. Der Fokus liegt dabei auf der Analyse „kleiner Moleküle“ wie z. B. Metabolite, sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe, Peptide und pharmazeutische Wirkstoffe. Als Anwendungsbeispiele dienen Themen aus der Lebensmittelanalytik sowie biomedizinische Fragestellungen. Insbesondere werden auch bildgebende Verfahren sowie „in situ“-Methoden, die eine schnelle Analyse mit minimaler Probenvorbereitung erlauben, behandelt.
Im Seminar werden Vorlesungs- und Praktikumsthemen an Hand der aktuellen Forschungsliteratur ausführlich diskutiert und die erworbenen Kenntnisse vertieft.
Im Praktikum werden Themen aus der Vorlesung in kleinen Gruppen bearbeitet. Dabei werden sowohl die Probenvorbereitung und die experimentelle Durchführung als auch die Auswertung und Interpretation der Messdaten behandelt.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS) im Wintersemester, Seminar (2 SWS) und Praktikum (5 SWS) nach der Vorlesungszeit als Block.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in analytischer Chemie und Kenntnis instrumenteller Verfahren in der Biochemie.

Leistungsnachweis
Klausur zur Vorlesung (3 LP), benoteter Seminarvortrag (3 LP) und benotetes Protokoll zum Praktikum (3 LP)

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

Leistungspunkte: 9

Funktionelle Mikrobiomforschung

Functional microbiome research
(Modulverantwortliche Organisation: Ökologische Mikrobiologie)

Lernziele
Mikrobiome sind in der Umwelt des Menschen, ebenso wie in uns Menschen selbst, mit vielen wichtigen Funktionen verknüpft. Gleichzeitig haben sich durch die rasante Entwicklung molekularer Technologien in der letzten Dekade völlig neue Forschungsansätze in der modernen Mikrobiomforschung ergeben, die unseren Zugang zu komplexen mikrobiellen Lebensgemeinschaften revolutioniert haben. Dieses Modul vermittelt ein umfassendes Verständnis (i) des methodischen Repertoires und (ii) der wichtigsten Forschungsfelder der modernen Mikrobiomforschung in den Umwelt-, Agrar- und Lebenswissenschaften. Studierende erhalten die Kompetenz, Fragestellungen der funktionellen Mikrobiomforschung in ihrer weiteren Studien- und Forschungsaktivität eigenständig zu bearbeiten.

Lerninhalte
In der Vorlesung wird den Studierenden ein umfassendes Verständnis der Methoden und Ansätze der funktionellen Mikrobiomforschung vermittelt. Moderne Hochdurchsatz-Technologien der Metagenomik und -Transkriptomik, Proteomik und Metabolomik werden ebenso erläutert wie funktionelle Markierungsansätze mit stabilen Isotopen und anderen molekularen und zellulären Markern. Wichtige Anwendungsfelder der modernen Mikrobiomforschung in terrestrischen und marinen Habitaten, Mikroben-Wirts Interaktionen in Pflanzen, Invertebraten und Vertebraten (inkl. des humanen Mikrobioms), sowie biotechnologische Aspekte der Mikrobiomforschung werden vorgestellt. Im Seminar werden diese Themen anhand von ausgewählten Originalarbeiten diskutiert und vertieft.
In den Übungen werden ausgewählte Struktur-Funktionsbeziehungen innerhalb komplexer Mikrobiome mittels stabilisotopischer Markierung in Kombination mit moderner Hochdurchsatz-Sequenzierung und anderen molekularen und bildgebenden Verfahren gemeinsam erarbeitet. Die gewonnenen qualitativen und quantitativen Daten sollen interaktiv ausgewertet und hypothesenbasiert hinterfragt werden.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (1 SWS), Übungen (6 SWS) als Block. Die Unterrichtssprache ist Deutsch oder Englisch, nach Absprache. Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen. Das Modul wird in der Regel im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Gute theoretische und praktische Kenntnisse in der Mikrobiologie, Ökologie, Biochemie und Molekularbiologie werden empfohlen. Wenn möglich, soll das Modul in Kombination mit dem Modul „Molekulare Aquatische Umweltmikrobiologie“ belegt werden.

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung zur Vorlesung (4 LP), Seminarvortrag (2 LP) und Protokolle zu den Übungen (3 LP).

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

Leistungspunkte: 9

Molekulare aquatische Umweltmikrobiologie

Molecular aquatic environmental microbiology
(Modulverantwortliche Organisation: Ökologische Mikrobiologie)

Lernziele
Mikroorganismen sind in der Umwelt zentral an der Steuerung wichtiger biogeochemischer Prozesse und Ökosystemdienstleistungen beteiligt. Am Beispiel des terrestrischen Wasserkreislaufs vermittelt das Modul ein umfassendes Verständnis der Mikrobiologie solcher Prozesse, sowie deren molekularbiologischer und biochemischer Grundlagen. Mikrobiologische Aspekte der chemischen und hygienischen Wasserqualität, der nachhaltigen Nutzung und der (Bio-)Technologie von Wasserressourcen werden gemeinsam erarbeitet. Die Biochemie des Abbaus wichtiger Wasserschadstoffe, sowie der molekularen umweltmikrobiologischen Analytik werden erlernt. Ökologische Konzepte, die zu einem besseren Verständnis aquatischer mikrobieller Gemeinschaften und Systeme beitragen, werden vorgestellt.

Lerninhalte
In der Vorlesung wird den Studierenden ein umfassendes Verständnis der Physiologie, Biochemie und Ökologie der Mikroorganismen in terrestrischen aquatischen Habitaten vermittelt. Ausgewählte Ökosysteme werden aus mikrobiologischer Perspektive vorgestellt, wie z.B. Oberflächengewässer, Grundwasser, Trink- und Abwasser. Verschiedene aerobe und anaerobe, autotrophe und heterotrophe mikrobielle Lebensweisen, die für die Wasserqualität relevant sind, werden vorgestellt. Wichtige organische und anorganische Schadstoffklassen, sowie deren Umsetzung durch Mikroorganismen werden physiologisch, biochemisch und thermodynamisch dargelegt. Möglichkeiten der Nutzung und Steuerung mikrobieller Aktivitäten in aquatischen Systemen, so z.B. in der Abwasserbehandlung oder der Bioremediation, werden diskutiert. Im Seminar werden diese Themen anhand von ausgewählten Originalarbeiten vertieft.
In den Übungen wird das komplexe Zusammenspiel mikrobieller, redoxchemischer, hydrologischer und ökologischer Faktoren in aquatischen Systemen anhand ausgewählter Mikroben und Physiologien gemeinsam erarbeitet. Dabei kommen moderne Methoden der biogeochemischen Analytik der Umweltmikrobiologie und Nukleinsäureanalytik zum Einsatz. Die gewonnenen qualitativen und quantitativen Daten sollen interaktiv ausgewertet und hypothesenbasiert hinterfragt werden.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (1 SWS), Übungen (6 SWS) als Block. Die Unterrichtssprache ist Englisch oder Deutsch, nach Absprache. Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen. Das Modul wird in der Regel im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Theoretische und praktische Grundkenntnisse in Mikrobiologie, Mikrobieller Ökologie, Biochemie und Molekularbiologie werden empfohlen.

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung zur Vorlesung (4 LP), Seminarvortrag (2 LP) und Protokolle zu den Übungen (3 LP).

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

Leistungspunkte: 9

Molekulare Pflanzenphysiologie

Molecular plant physiology
(Modulverantwortliche Organisation: Pflanzenphysiologie)

Lernziele
Die Studierenden sollen ein vertieftes Verständnis der besonderen Bedingungen und Leistungen der pflanzlichen Physiologie (z.B. Plastizität von Entwicklung und Metabolismus) erwerben. Dabei sollen wichtige Konzepte der molekularen Erforschung von Pflanzen vermittelt werden. Gleichzeitig soll der Blick der Studierenden für die möglichen biotechnologischen Anwendungen von Erkenntnissen der molekularen Pflanzenphysiologie geschärft werden.

Lerninhalte
Zentrales Anliegen der Vorlesung ist die Vermittlung von Entwicklung und aktuellem Forschungsstand der molekularen Pflanzenphysiologie. Die Fokussierung auf wenige Modellsysteme und insbesondere *Arabidopsis thaliana* hat die Pflanzenphysiologie revolutioniert. Dies soll durch die Betrachtung von Entwicklungsphysiologie, Stoffwechselphysiologie, und molekularer Pflanzengenetik verdeutlicht werden. Moderne *Functional Genomics*-Ansätze sollen ebenfalls vermittelt werden. Im Praktikum werden Versuche zur Plastizität der pflanzlichen Entwicklung und zur Dynamik des pflanzlichen Stoffwechsels durchgeführt. Trainiert werden sollen dabei wichtige methodische Ansätze wie etwa chromatographische und enzymatische Analytik pflanzlicher Metabolite (DC, HPLC und GC-MS), funktionelle Charakterisierung pflanzlicher Proteine durch heterologe Expression, Genexpressionsstudien, Reportergen-Analysen, die Kartierung von Genloci mittels molekularer Marker oder physiologische Assays. Im Seminar werden aktuelle wissenschaftliche Originalarbeiten aus dem Bereich der molekularen Pflanzenphysiologie diskutiert. Dadurch wird eine Vertiefung des Vorlesungsstoffs und des Praktikumsinhalts erreicht. Insbesondere soll das Konzept der Erforschung grundlegender Prozesse am Modellsystem *Arabidopsis thaliana* verdeutlicht werden. In diesem Kontext soll auch die Entwicklung von *Functional Genomics*-Methoden und systembiologischen Ansätzen diskutiert werden.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Praktikum (5 SWS) und Seminar (2 SWS). Praktikum und Seminar finden als 3-wöchige Blockveranstaltung statt. Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in der Molekularbiologie und Biochemie der Pflanzen werden empfohlen.

Leistungsnachweis
Klausur (Gewichtung 6 LP), benoteter Seminarvortrag (Gewichtung 1,5 LP) und benotetes Protokoll (Gewichtung 1,5 LP).

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

Leistungspunkte: 9

Molekulare und Medizinische Parasitologie

Molecular and medical parasitology
(Modulverantwortliche Organisation: Molekulare Parasitologie)

Lernziele
Parasitäre Erkrankungen und Infektionserkrankungen sind, bis auf wenige Ausnahmen (HIV) nicht im Wahrnehmungsbereich westlicher und reicher Gesellschaften. Daher ist ein Lernziel die Vermittlung der globalen Bedeutung solcher Erkrankungen im aktuellen und im historischen Kontext. Parasiten bieten interessante Bespiele für Anpassungen an komplexe Lebensbedingungen, z.B. in der Auseinandersetzung mit dem Immunsystem des Wirtes. Solche Anpassungen spiegeln sich in zellbiologischen und biochemischen Phänomenen wieder, die oft erheblich von den Standard-Lehrbuchinhalten abweichen. Daher ist das Studium der Parasitologie geeignet um die Diversität von Lebensformen exemplarisch darzustellen. Im Praktikum werden aktuelle molekulare Arbeitstechniken, die in der Parasitologie angewendet werden, erlernt. Allgemeine (transferierbare) Lernziele dieses Moduls sind die Erfassung relevanter wissenschaftlicher Literatur, die Ausarbeitung eines strukturierten Vortrags und die Analyse und Interpretation von experimentellen Daten.

Lerninhalte
Vorlesung: Einführung in die Biologie von humanmedizinisch relevanten Parasiten. Klassische Aspekte der Parasitologie (Morphologie, Lebenszyklen), die molekularen Grundlagen der Parasitenbiologie in Bezug auf Pathogenese und Wirt-Parasit-Beziehung und angewandte Aspekte, wie Parasiten- und Vektorkontrolle sowie medizinische Aspekte, werden behandelt. Themenbereiche des Moduls sind:

- Biologie einer Auswahl der wichtigsten humanpathogenen Parasiten (z.B. Malaria)
- Biologie der Übertragung/Vektorbiologie
- Evolution der Wirt-Parasit Interaktion
- Chemotherapie und Kontrolle von parasitären Infektionen
- Soziale und ökonomische Aspekte von Infektionskrankheiten
- Molekulare und Biochemische Aspekte der Wirt-Parasit Interaktion

Seminar: Referate der Studenten zu speziellen Themen der Parasitologie. Schwerpunkt werden molekulare Aspekte sein.
Praktikum: Anwendungen zell- und molekularbiologischer Techniken in der Parasitologie.

- Assays zur Überprüfung der Wirksamkeit von Medikamenten
- Differentielle Genexpression in unterschiedlichen Lebenszyklusstadien von Parasiten
- RNA Interferenz als Werkzeug um Proteinfunktionen zu charakterisieren
- In situ DNA Hybridisierung zur Analyse der Mitose in Parasiten
- Immunfluoreszenzmikroskopie zur subzellulären Strukturanalyse

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS), Praktikum (5 SWS), Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Genetik und Zellbiologie

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung über Vorlesung, Seminar und Praktikum (Gewichtung 4 LP), Seminarvortrag (Gewichtung 3 LP), Arbeitsbericht zum Praktikum (Gewichtung 2 LP)

Studentischer Arbeitsaufwand
135 Stunden Anwesenheit, 135 Stunden Vor- und Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung, Gesamtaufwand 270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Molekulare Mikrobiologie und prokaryontische Zellbiologie

Molecular microbiology and prokaryotic cell biology
(Modulverantwortliche Organisation: Mikrobiologie)

Lernziele
Vertieftes Verständnis der molekularen Funktionsweise und Struktur von prokaryontischen Zellen, insbesondere die Steuerung von komplexen Prozessen wie bakterieller Zellzyklus, Morphogenese und Differenzierung, sowie moderne Methoden der genetischen, biochemischen und mikroskopischen Analyse von Mikroben. Dabei werden die Studierenden mit aktuellen Entwicklungen und Methoden der mikrobiologischen Forschung vertraut gemacht.

Lerninhalte
Die Vorlesung stellt fortgeschrittene Aspekte der molekularen Mikrobiologie vor, dies sind insbesondere: Prinzipien der bakteriellen Molekulargenetik und genetischen Analyse, prokaryontischer Zellzyklus, Differenzierung und Morphogenese, mikrobielle Zellbiologie, Methoden der Fluoreszenz- und *super-resolution* Mikroskopie.

Im Praktikum werden erweiterte Aspekte der molekularen Mikrobiologie wie z. B. prokaryontische Zellorganellen sowie der Zellzyklus und die Motilität von ausgewählten Modellorganismen untersucht. Dazu kommen moderne molekulargenetische Methoden wie *genome engineering* und Mutagenese mit Hilfe von Transposons, die genetische Markierung von Proteinen, die bakterielle Herstellung rekombinanter Proteine und Produkte, sowie Fluoreszenz- und Elektronenmikroskopie zur Anwendung.

Im Rahmen des Praktikums findet eine eintägige Exkursion zu ausgewählten Unternehmen oder Forschungseinrichtungen der Biotechnologie und Mikrobiologie statt. Hierbei werden auch berufliche Möglichkeiten und Karrierewege für Absolventinnen und Absolventen des Studiengangs vorgestellt.

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

Lehrformen und –zeiten
Die Veranstaltung besteht aus einer Vorlesung (2 SWS), einem Seminar (2 SWS, praktikumsbegleitend als Block) und einem Praktikum (5 SWS als Block). Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Theoretische und praktische Grundkenntnisse in der Mikro- und Molekularbiologie werden empfohlen.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 4 LP), benoteter Seminarvortrag (Gewichtung 2 LP) und benotetes Protokoll oder Präsentation zum Praktikum (Gewichtung 3 LP).

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

Leistungspunkte: 9

Neurobiologie

Neurobiology
(Modulverantwortliche Organisation: Tierphysiologie)

Lernziele
Das Modul gibt einen Überblick über grundlegende Konzepte der Neurobiologie mit einer ausführlichen Darlegung der experimentellen Ansätze. So werden Ansätze wie die 'Spannungsklammer', verschiedene Patch-clamp-Techniken (zur Kanalcharakterisierung), die Analyse von lebenden Hirnschnitten, Experimente an lebenden Hirnen und moderne optische Methoden zur Analyse von Nervenschaltungen vorgestellt.

Lerninhalte
Vorlesung
Die Vorlesung soll einen guten Überblick überspannende Fragen der Neurobiologie bringen und das Verständnis von modernen neurobiologischen Techniken vermitteln, die in verschiedenen Bereichen der Lebenswissenschaften mit Gewinn eingesetzt werden können.

Seminar
Das Seminar wird als 'Journal Club' durchgeführt und vertieft die Themen der Vorlesung. Dazu sollen die einzelnen Themen anhand ausgewählter Originalarbeiten (englisch!) erarbeitet werden. Je ein(e) Teilnehmer(in) stellt eine Arbeit vor, aber alle Teilnehmer bekommen alle Arbeiten. Die gemeinsame Diskussion ist wichtiger Bestandteil des Seminars.

Praktikum
Das Praktikum besteht aus zwei Teilen: (a) Einem Teil in dem wir Computersimulationen durchführen, die zur Interpretation und zum Verständnis tatsächlicher Messungen sehr hilfreich sind. (b) Einem kleinen Projekt.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS) und Praktikum (5 SWS als Block). Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in der Tierphysiologie werden dringend empfohlen.

Leistungsnachweis
Klausur zu Vorlesung, Seminar und Praktikum (Gewichtung 3 LP), Vortragsleistung und Teilnahme im Seminar (Gewichtung 3 LP), benotetes Protokoll zum Praktikum (Gewichtung 3 LP)

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

Leistungspunkte: 9

Nukleinsäureanalytische Methoden

Nucleic acid analytical methods
(Modulverantwortliche Organisation: Genomanalytik & Bioinformatik)

Lernziele
Ziel dieses Moduls ist es, einen Überblick über die verschiedenen Analysemethoden in der Genomforschung zu erhalten und deren Einsatz in verschiedenen Forschungsgebieten der molekularen Ökologie oder der molekularen Physiologie aufzuzeigen. An zwei Beispielen sollen Verfahren zur Genotypisierung und zur Transkriptomanalyse angewendet und mit bioinformatorischen Verfahren ausgewertet werden.

Lerninhalte
In der Vorlesung werden verschiedene Methoden in der molekularen Biodiversitätsforschung, der Genotypisierung und der Genomanalyse vorgestellt. Dazu gehören Fingerprinting, DNA-Barcoding sowie Metagenom-, Metatranskriptom-Analysen. Des Weiteren werden Verfahren zur Transkriptom- und Genom-Analyse, sowie genomische bzw. epigentische Regulationsmechanismen erläutert. An Hand von Beispielen wird dargelegt, wie diese Methoden zur Erforschung von Organismen bzw. Organismengemeinschaften und deren funktionellen Anpassung z.B. an verschiedene Entwicklungsstadien oder sich verändernde Umweltbedingungen eingesetzt werden können.
Im Praktikum werden zum einen Verfahren zur genetischen Charakterisierung von Organismen bzw. Organismengemeinschaften angewendet, um die Identität und die Zusammensetzung von Organismen (z.B. Varietäten oder mikrobielle Gemeinschaften) zu erfassen. Zum anderen werden Methoden zur Genexpressionsanalyse eingesetzt, um die transkriptionelle Antworten von Organismen auf sich verändernde Bedingungen zu analysieren.
In der Übung werden spezielle Bioinformatik-Anwendungen verwendet, um die im Praktikum gewonnenen Daten detailliert auszuwerten. Zusätzlich werden online-Portale für Genom- oder Metagenom-Datenbanken genutzt, um die in großer Menge bereits veröffentlichten Analysedaten aus ähnlichen Experimenten mit in die Auswertung mit einzubeziehen.
Die Experimente und Ergebnisse werden in einer schriftlichen Abschlussarbeit präsentiert und diskutiert.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Praktikum (4 SWS), und Übung (3 SWS). Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in molekularer Biologie werden vorausgesetzt.

Leistungsnachweis
Klausur über die Vorlesung (5 LP), schriftlicher Abschlussbericht (4 LP)

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

Leistungspunkte: 9

Biologie des Alterns

Biology of ageing
(Modulverantwortliche Organisation: Zellbiologie)

Lernziele
Den Studierenden soll ein vertieftes Verständnis der molekularen Biologie und zellulären Pathologie des Alterns vermittelt werden. Der Fokus liegt auf den zellbiologischen Grundlagen und der organismischen Ausprägung des Alterns sowie altersassoziierter Erkrankungen. Darüber hinaus werden medizinische und pharmakologische Ansätze diskutiert, die zum gesünderen Altern bzw. zur Verlängerung der Lebensspanne vorgeschlagen wurden. Ferner sollen die Studierenden mit aktuellen theoretischen und praktischen Aspekten der Erforschung von Alterungsprozessen vertraut gemacht werden.

Lerninhalte
In diesem Modul werden die molekularen Grundlagen und zellulären sowie organismischen Konsequenzen des Alterns behandelt.
Die Vorlesung soll einen Überblick über die spannende und komplexe Biologie des zellulären und organismischen Alterns vermitteln. Dafür werden verschiedene Theorien über die molekularen Grundlagen des Alterungsprozesses vorgestellt und diskutiert. Besonderes Augenmerk wird hier auf die zugrundeliegenden biochemischen und zellbiologischen Prozesse gelegt. Ein weiterer Schwerpunkt sind die molekularen Grundlagen und Konsequenzen von zellulärem Stress sowie deren Relevanz für das Altern. Der dritte Themenkomplex, der behandelt wird, ist das organismische Altern. Dies beinhaltet altersassoziierte Erkrankungen, deren Therapiemöglichkeiten und Ansätze zur Verlängerung der Lebensdauer (z.B. *calorie restriction, alternate day fasting*, Coenzym Q Supplementation).
Wichtige Themen der Vorlesung sowie darüberhinausgehende Fragestellungen werden in der Übung mit den Studierenden erarbeitet, reflektiert und diskutiert.
Im Praktikum werden die Studierenden an praktische Aspekte der Erforschung von zellulärem Stress und Alterungsprozessen herangeführt. Dazu kommen wichtige moderne zellbiologische Methoden zum Einsatz. Als Modellorganismus dient hierbei die Bäckerhefe *Saccharomyces cerevisiae*.
Im Seminar präsentieren und diskutieren die Studierenden aktuelle bahnbrechende Forschungs- und Übersichtsartikel der englischsprachigen Fachliteratur. Die behandelten Themen orientieren sich am Inhalt der Vorlesung und des Praktikums und ergänzen diese.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Praktikum (4 SWS), Seminar (2 SWS) und Übung (1 SWS). Praktikum und Seminar finden als Blockveranstaltung statt. Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen. Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Zellbiologie werden empfohlen. Das Modul kann nur gewählt werden, wenn es nicht bereits im Bachelorstudium absolviert wurde.

Leistungsnachweis
Klausur oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (3 LP), benoteter Seminarvortrag (3 LP) und benotetes Protokoll zum Praktikum (3 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand
135 Stunden Anwesenheit, 135 Stunden Vor- und Nachbereitung und Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

The CRISPR/Cas-Revolution of Precise Genome Editing

Modulverantwortliche Organisation: Genetik
Dozenten: G. Begemann, K. Ersfeld, S. Heidmann, C. Kuhn, A. Möglich, A. Mustroph, O. Stemmann

Lernziele
Inwiefern hat CRISPR/Cas die gezielte Veränderung von Genomen revolutioniert? Wie hat man vor dieser Ära Genome editiert? Woher stammt CRISPR/Cas und was ist seine ursprüngliche biologische Bedeutung? Was für Weiterentwicklungen gibt es bereits, um die Effizienz und Spezifität von CRISPR/Cas noch zu erhöhen? Wie kann man CRISPR/Cas modifizieren, um damit auch andere Anwendungen wie z.B. Mutagenese, Transkriptionsregulation oder Fluoreszenzmarkierung bestimmter Genomabschnitte zu realisieren? Was für Möglichkeiten zeichnen sich für die rote und grüne Gentechnik ab, und was sind die hierbei zu beachtenden ethischen und sicherheitsrelevanten Bedenken?
Dieses rein englischsprachige Modul zeigt den aktuellen Wissensstand zu diesen und vielen weiteren zentralen Fragen bezüglich CRISPR/Cas auf.

Lerninhalte
Vorlesungsinhalte
transgenesis and precise genome editing in ‘the olden days’; zinc-finger nucleases and TALENs; the canonical function of CRISPR/Cas as an adaptive bacterial immune system; Cas9 *versus* Cas12a/Cpf1; molecular mechanisms and structural aspects of CRISPR/Cas; sgRNA *versus* tracrRNA+crRNA; NHEJ and knock-out *versus* HDR and knock-in; HDR template considerations; increasing specificity and preventing off-target effects (nickase, high-fidelity Cas9, FokI-dCas9, split Cas9, photoactivatable Cas9, etc.), increasing efficiency of gene replacement (positive and negative selection methods, Co-CRISPR, boosting HDR, inhibiting NHEJ, cell cycle effects); application specifics for various model systems (tissue culture, Drosophila, zebrafish, mouse); CRISPR/Cas-mediated precision plant breeding and its agricultural applications; emerging CRISPR–Cas genome editing technologies; non-canonical applications in basic research (dCas9-eGFP fusions, CRISPRi, transcriptional regulation, epigenome editing, EvolvR, gene drive), medical potential (correcting of disease-causing mutations in zygotes/embryos *versus* somatic cells, CRISPR/Cas and iPS in cell therapy), biological safety, ethical and regulatory issues (scarless genome editing, classification of CRISPR/Cas generated organisms as GMOs)
Journal club
Es werden Originalarbeiten ausgegeben, die von allen Teilnehmer*innen gelesen und vorbereitet werden. Die Teilnehmer*innen stellen reihum anhand der Abbildungen den Inhalt der Veröffentlichungen vor und erklären die zugrundeliegenden Methoden. Die gezeigten Daten und Ergebnisse werden von allen Teilnehmer*innen kritisch diskutiert.
Praktikum
Alle vier 2er-Gruppen: Reinigung von bakteriell exprimierter Cas9 Endonuklease mittels Affinitäts- und Ionenaustauscherchromatographie; *in vitro*-Assemblierung von RNPs aus Cas9, tracrRNA und crRNA; *in vitro*-Spaltung von fluoreszenzmarkierter Ziel-DNA und Nachweis der Spaltung mittels PAGE; Bindung von dCas9-enthaltenden RNPs an markierte Ziel-DNA und Nachweis (auch der Bedeutung der PAM) über Anisotropie-Messung und Gelretardationstest (EMSA); *plasmid transformation interference assay* in *E. coli*; Teilgruppen: (A) Nukleofektion von humanen RPE1 Zellen, Selektion von *knock-in* Ereignissen über Co-CRISPR, Phänotyp-Analyse mittels *live-cell fluorescence microscopy;* (B) Mikroinjektion von Zebrafisch-Embryonen, Phänotyp-Analyse über Quantifizierung von Pigmentzellen; (C)

Identifizierung von Phänotypen nach CRISPR/Cas-induziertem knock-out ausgewählter Gene in *Drosophila melanogaster*; Isolierung genomischer DNA und Sequenzanalyse klonierter PCR-Amplifikate zur Identifizierung der NHEJ-basierten DNA-Läsionen; (D) CRISPR/Cas-induzierter *knock-out* ausgewählter Gene in Modellpflanzen (Arabidopsis, Tabak)

Lehrformen und –zeiten
im SS: Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS) u. Blockpraktikum (5 SWS). Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
für Studierende im MSc Biochemie und Molekulare Biologie

Leistungsnachweis
Klausur zur Vorlesung (5 LP); Präsentations- und Diskussionsbeitrag im journal club (2 LP); Kurzvorträge über einzelne Praktikumsversuche (2 LP)

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

Leistungspunkte: 9

Zellzyklus und Krebs

Cell cycle and cancer
(Modulverantwortliche Organisation: 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 vermittelt eine Vielzahl von biochemischen, zellbiologischen und immunologischen Techniken.

Lerninhalte
Vorlesung: Zellzyklusphasen, Cyclin-abhängige Kinasen (Struktur, Regulation, Funktion, Entdeckungsgeschichte), Ubiquitin-Proteasom-System, Ubiquitin-Verwandte (Sumo, Nedd8), kritische Übergänge & biologische Schalter, Replikationskontrolle, Chromatidenpaarung und Cohesinkomplex, 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, DNA-Schadensantwort, “Checkpoints”, Krebs und Therapie (Modell der multiple Mutationen, chromosomale Instabilität, Tetraploidisierungshypothese, Wirkprinzipien von erfolgreichen Medikamenten), Meiose (synaptonemaler Komplex, cytoplasmatische Polyadenylierung und Translationskontrolle, cytostatischer Faktor, Downs Syndrom), Modellorganismen;
Vorlesung auf Deutsch aber Powerpoint-Folien auf Englisch
Seminar: im *journal club* Format und auf Englisch; jeder Teilnehmer hat alle Publikationen gelesen, ist in der Lage die Daten und zugrunde liegenden Methoden vorzustellen und diese kritisch zu evaluieren; 4 Termine
Praktikum: Reinigung von bakteriell exprimierten Proteinen mittels Affinitäts- und Ionenaustauscherchromatographie; DNA-Protein *crosslinking assay*; Western Blot; Techniken zur Kultivierung, Synchronisation und Transfektion von humanen Krebszelllinien; Immunfluoreszenzmikroskopie; Durchflußzytometrie; Isolation, Färbung und Mikroskopie von Chromosomen; Langzeitmikroskopie von fluoreszierenden Markerproteinen in lebenden Zellen; 2er Gruppen; individuelle Protokolle in Form eines Laborjournals

Lehrformen und –zeiten
im SS: Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS, *journal club*-Format) u. Blockpraktikum (5 SWS)
Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
bestandenes Modul Allg. Genetik; Fachkenntnisse in Genetik und Zellbiologie sowie praktische Erfahrungen im molekularbiologischen/biochemischen Labor

Leistungsnachweis
Klausur zu Vorlesung (5 LP); Mitarbeit im *journal club* (2 LP); benotetes Protokoll zum Praktikum (2 LP)

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

Leistungspunkte: 9

Lebensmittelproduktion

Diese Lehrveranstaltung kann als eine Vorlesung und ggf. mit Seminar im Rahmen des Moduls Prinzipien der Molekularen Biologie belegt werden.

Food production
(Modulverantwortliche Organisation: Bioanalytik und Lebensmittelanalytik)

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

Lerninhalte
Unter Einbeziehung von Beiträgen durch Praktiker aus der Lebensmittelproduktion und -überwachung sollen Studierende mit wesentlichen Aspekten der Herstellung und Sicherheit von Nahrungsmitteln von der Rohstofferzeugung bis zum Konsum durch den Endverbraucher vertraut gemacht werden. Dazu zählen die Produktion von Roh- und Ausgangsstoffen sowie Methoden zu deren Verarbeitung, physikalische, chemische und biologische Verfahren der Prozessierung und Haltbarmachung, Verpackung und Transport sowie Produktentwicklung. Weiterhin wird ein Überblick über wesentliche Schritte und Methoden der Qualitätsüberprüfung und –sicherung durch Hersteller und zuständige staatliche Stellen vermittelt.

Sprache: Deutsch, Englisch

Lehrformen und –zeiten
2 SWS Vorlesung, 1 SWS Seminar, Sommersemester

Teilnahmevoraussetzung
biologische und biochemische Grundkenntnisse

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung zur Vorlesung (3.5 LP) und benoteter Seminarvortrag (2 LP)

Studentischer Arbeitsaufwand
3 SWS Lehrveranstaltungen (45 Stunden), 40 Stunden Vor- und Nachbereitung, 20 Stunden Prüfungsvorbereitung, 44 Stunden Vorbereitung Seminarvortrag und 1 Stunde Prüfung, insgesamt 150 Stunden

Leistungspunkte: 5,5

Prinzipien der Molekularen Biologie

Principles of molecular biology
(Modulverantwortliche Organisationen: Dozenten des Bereichs Molekulare Biologie)

Lernziele
Durch Kombination von zwei Vorlesungen aus dem Angebot des Bereichs B sollen die Kenntnisse in Molekularer Biologie vertieft werden, Zusammenhänge zwischen den Disziplinen erkannt werden und die Grundlage für eigenes wissenschaftliches Arbeiten verbreitert werden.

Lerninhalte
Die Lerninhalte der Vorlesungen und die Zielsetzungen der Seminare sind in den Modulen definiert, aus denen sie gewählt werden.

Lehrformen und –zeiten
Die Veranstaltung besteht aus zwei Vorlesungen im Umfang von jeweils 2 SWS aus dem Angebot des Bereichs B (Molekulare Biologie) und einem Seminar (2 SWS), das einer der beiden Vorlesungen zugeordnet ist. Vorlesungen und Seminare, die bereits im Rahmen eines anderen Moduls absolviert wurden, können nicht gewählt werden.
Die Vorlesung, der das Seminar nicht zugeordnet ist, kann auch aus einem anderen Bereich gewählt werden.

Teilnahmevoraussetzung
Die Teilnahme an diesem Modul ist nur einmal möglich.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung I (3.5 Leistungspunkte), schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung II (3.5 Leistungspunkte) und benoteter Seminarvortrag (2 Leistungspunkte). Bei der Anmeldung zu den Prüfungen zu den Vorlesungen I und II ist anzugeben, dass diese Prüfungen im Rahmen des Moduls „Prinzipien der Molekularen Biologie“ abgelegt werden.

Studentischer Arbeitsaufwand
90 Stunden Anwesenheit, 120 Stunden Vor- und Nachbereitung, 60 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Molekulare Mechanismen der Anpassung von Pflanzen

Molecular mechanisms of adaptation in plants
(Modulverantwortliche Organisation: Pflanzenphysiologie)

Lernziele
Die Studierenden sollen ein vertieftes Verständnis der Mechanismen erlangen, die Pflanzen ermöglichen, dynamisch auf Umweltveränderungen zu reagieren. Insbesondere sollen hier Fragen der Stressphysiologie behandelt werden. Zudem soll unser aktueller Erkenntnisstand zur molekularen Physiologie und Evolution von Pflanzen auf natürlich oder anthropogenbedingten Extremstandorten vermittelt werden.

Lerninhalte
Molekulare Mechanismen der pflanzlichen Stressantwort bilden einen Schwerpunkt der Vorlesung. Die pflanzliche Plastizität basiert auf Signalperzeption, –transduktion und –integration. Diese ermöglichen schließlich dynamische stoffwechsel- und entwicklungsphysiologische Anpassungen. Sowohl biotische als auch abiotische Umweltfaktoren werden dabei betrachtet. Ein zweites wesentliches Anliegen der Vorlesung betrifft die Frage der Evolution von Anpassungsleistungen. Selbst nah verwandte Pflanzenarten besiedeln eine Vielzahl sehr unterschiedlicher Habitate. Vergleichende Genomik und Methoden der funktionellen Genomik erlauben inzwischen, die Frage nach zugrundeliegenden molekularen Mechanismen zu stellen. Im Praktikum werden Versuche zur Stressantwort vor allem im Modellsystem *Arabidopsis thaliana* durchgeführt. Schnelle Antworten auf ungünstige Umweltbedingungen sollen in Wildtyppflanzen und ausgewählten Mutanten auf der Ebene von Transkripten, Proteinen und Metaboliten verfolgt werden. Zudem sollen vergleichende Experimente mit *A. thaliana*-Verwandten wie *Arabidopsis halleri* oder *Thellungiella halophila* die Mechanismen der Anpassung dieser Arten an Extremstandorte verdeutlichen. Im Seminar werden aktuelle wissenschaftliche Originalarbeiten diskutiert, die sich mit molekularen Aspekten der Stressantwort sowie der Anpassung und Evolution von Pflanzen beschäftigen. Dadurch wird eine Vertiefung des Vorlesungsstoffs und des Praktikumsinhalts erreicht. Insbesondere soll das Konzept der Erforschung grundlegender Prozesse im Modellsystem *Arabidopsis thaliana* und seiner Verwandten verdeutlicht werden. Weiterhin sollen aktuelle Entwicklungen der pflanzenphysiologischen und pflanzengenetischen Methodik in Bezug auf Anpassungsleistungen diskutiert werden.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS) und Praktikum (5 SWS). Praktikum und Seminar finden als 3-wöchige Blockveranstaltung statt. Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in der Molekularbiologie, Genetik & Pflanzenphysiologie werden empfohlen.

Leistungsnachweis
Schriftliche oder mündliche Prüfung zur Vorlesung (Gewichtung 6 LP), benoteter Seminarvortrag (Gewichtung 1,5 LP) und benotete Protokolle zu den Praktikumsaufgaben (Gewichtung 1,5 LP).

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

Leistungspunkte: 9

Molekulare und angewandte Mikrobiologie

Molecular and applied microbiology
(Modulverantwortliche Organisation: Mikrobiologie)

Lernziele
Vertieftes Verständnis der Grundlagen der molekularen Mikrobiologie und Genetik, der prokaryontischen Stoffwechselvielfalt 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.

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 Stoffwechselleistungen 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.

Lehrformen und –zeiten
2 SWS Vorlesung, 2 SWS Seminar, 5 SWS Praktikum. Das Modul wird nicht regelmäßig angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Voraussetzung ist die bestandene Prüfung im Grundmodul „*Allgemeine Mikrobiologie*“ oder anerkannte vergleichbare Leistungen.

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.

Leistungspunkte: 9

Fachmodule – Wahlbereich

Subject-specific modules – Section Biochemistry, Molecular Biology or further subjects

Mechanismen des Verhaltens

Mechanisms of behaviour
(Modulverantwortliche Organisation: Tierphysiologie)

Lernziele
In diesem Modul werden alle wesentlichen Aspekte des Verhaltens der Tiere aus einer neurobiologischen Perspektive vorgestellt. Dabei werden wir erarbeiten, was wir heute über Mechanismen wissen zu den klassischen Themen der Verhaltensbiologie.

Lerninhalte
Die Vorlesung wird die folgenden Themen behandeln:
Klassische Ethologie, Räumliche Orientierung, Bewegungskontrolle, Nutzung verschiedener Sinneskanäle zur Verhaltenssteuerung, Sensomotorische Integration, Motivation, Biologische Uhren, Migration, Kommunikation, Lernen und Gedächtnis.

Das Seminar wird als 'Journal Club' durchgeführt in dem jeder Teilnehmer eine (englische) Originalarbeit vorstellen wird. Die Arbeiten werden an alle Teilnehmer ausgegeben und von allen Teilnehmern kritisch diskutiert. Bewertet wird einerseits der Vortrag selbst, andererseits die eigene Beteiligung an der Diskussion der anderen Vorträge. Bei der Bewertung des Vortrags ist wichtig, ob genügend Vorlagen für eine wirkliche inhaltliche Auseinandersetzung der anderen Seminarteilnehmer gegeben wurden (z.B. waren die benutzen Methoden angemessen? Was genau waren die Hypothesen und wurden sie wirklich überzeugend getestet? Gäbe es alternative Erklärungen? Was könnte man von den Ergebnissen ausgehend jetzt untersuchen?).

In den Übungen werden wichtige Methoden erarbeitet und dann - in kleinen Gruppen - zur Bearbeitung eines kleinen Projekts benutzt.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (2 SWS) und Übung (5 SWS als Block).
Das Modul wird in der Regel im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Keine

Leistungsnachweis
Schriftliche Prüfung zu Vorlesung, Seminar und Praktikum (3 LP), Vortragsleistung und Teilnahme am Seminar (3 LP), benotetes Protokoll zum Praktikum (3 LP).

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

Leistungspunkte: 9

Datenbanken und Informationssysteme I

Databases and information systems I
(Modulverantwortliche Organisation: Angewandte Informatik I)

Lernziele
Ziel ist die Vermittlung grundlegender Kenntnisse zum Entwurf von (relationalen) Datenbanken. Die Studierenden sollen Analyse-, Entwurfs und Realisierungskompetenzen vermittelt bekommen, so dass sie selbständig eine Anwendungssituation analysieren und darauf aufbauend ein datenbankgestützte Anwendungen entwickeln können. Daneben sollen Grundkenntnisse bezüglich des Aufbaus und des Betriebs von Datenbanksystemen vermittelt werden, so dass die Studierenden einen prinzipiellen Einblick in die Technologie von Datenbanksystemen bekommen. Über den Übungsbetrieb sollen die Studierenden den praktischen Umgang mit Datenbanken und deren Anwendungen erlernen. In den Intensivübungen werden darüber hinaus programmiertechnische Fähigkeiten vermittelt.

Lerninhalte
Entwurf von Datenbanksystemen: Aufbau konzeptioneller Schemata (Von Entity-Relationship-Diagrammen zu Relationen), Normalisierung, Relationenalgebra, Einführung in SQL, Verwendung von Datenbanksystemen (SQL als DB-Schnittstelle), Objektrelationale Datenbanksysteme; Aufbau von Datenbanksystemen (Architektur), Einführung ins Transaktionsmanagement; Aufbau von Informationssystemen (Arten von Informationssystemen), Anwendungen von Datenbanken in den Bereichen Bio-, Ingenieur- und Umweltinformatik; Vorstellung von Beispielen und Fallstudien.
Inhalt der Intensivübung: Programmierung ausgewählter Kapitel der Vorlesung

Lehrformen und –zeiten

Datenbanken und Informationssysteme I – Vorlesung	4 SWS
Datenbanken und Informationssysteme I – Übung	2 SWS
Datenbanken und Informationssysteme I – Intensivübung	2 SWS

Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Informatik

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

Studentischer Arbeitsaufwand
Präsenz 120 Stunden, Vor- und Nachbereitung 90 h, Klausurvorbereitung 60 h. Dies führt zu einem Gesamtaufwand von 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Homogene Katalyse (Metallorganische Komplexkatalyse)

Homogeneous catalysis
(Modulverantwortliche Organisation: Anorganischen Chemie II)

Lernziele
Die Studenten erwerben Kenntnisse in dem Bereich Homogene Katalyse und vertiefen Ihr Wissen im Bereich Metallorganische Chemie.

Lerninhalte
In der Vorlesung *Metallorganische Komplexkatalyse* werden die folgenden Themen erörtert: Reaktivität von Metall-Kohlenstoff-Bindungen, Katalytische Anwendungen von Metallorganische Verbindungen, Homogene Katalyse mit Metallorganischen Verbindungen, Koordinative Polymerisationskatalyse. Im Praktikum vertiefen die Studierenden aerobe Arbeitstechniken und wenden diese Kenntnisse anschließend im Mitarbeiterpraktikum an, um einfache katalytische Fragestellungen zu adressieren.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung *Metallorganische Komplexkatalyse* (2 SWS), Mitarbeiterpraktikum (9 SWS als Block). Die Vorlesung findet in der Regel im Wintersemester statt. Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Chemie werden vorausgesetzt.

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
165 Stunden Anwesenheit, 75 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Katalysatordesign

Catalyst design
(Modulverantwortliche Organisation: Anorganischen Chemie II)

Lernziele
Die Studenten erwerben Kenntnisse in dem Bereich Katalysatordesign und vertiefen Ihr Wissen im Bereich Homogene Katalyse.

Lerninhalte
In der Vorlesung *Katalysatordesign* werden die folgenden Themen erörtert: Grundlagen der Metallorganischen Komplexkatalyse sowie Konzepte zum Katalysatordesign: Explorative Komplexchemie, Mechanistische Studien, Kombinatorische Katalyseforschung. Im Praktikum vertiefen die Studierenden katalytische Arbeitstechniken und wenden diese Kenntnisse anschließend im Mitarbeiterpraktikum an, um einfache katalytische Fragestellungen zu adressieren.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung *Katalysatordesign* (2 SWS), Mitarbeiterpraktikum (9 SWS als Block). Die Vorlesung findet in der Regel im Sommersemester statt. Es wird empfohlen, das Modul im ersten Studienjahr zu belegen.

Teilnahmevoraussetzung
Die erfolgreiche Teilnahme am Modul *Homogene Katalyse* wird dringend empfohlen.

Leistungsnachweis
Der Leistungsnachweis erfolgt über eine benotete mündliche Prüfung (Gewichtung 6 LP) und aus der Bewertung des Praktikums, Laborheft bzw. der Qualität der katalytischen Experimente (Gewichtung 3 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand
165 Stunden Anwesenheit, 75 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Naturstoffchemie

Natural substances chemistry
(Modulverantwortliche Organisation: Bioorganische Chemie)

Lernziele
Vermittelt werden soll ein tieferes Verständnis für die Biosynthesewege von Naturstoffen, ihre Grundstrukturtypen und deren Zusammenhang mit der biologischen Wirkung.

Lerninhalte
In der Vorlesung *Naturstoffchemie* werden die generellen Biosynthesewege für Naturstoffe vorgestellt und die der wichtigsten wie z.B. Fettsäuren, Aminosäuren, Kohlenhydrate, Nukleinsäuren, Polyketide, Terpene, Vitamine, Alkaloide und deren Sekundärmetabolite ausführlich besprochen. Im Praktikum werden einzelne Aspekte der Naturstoffchemie durch Mitwirkung an aktuellen Forschungsprojekten der beteiligten Gruppen bearbeitet und die Ergebnisse in einem Seminarvortrag vorgestellt.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (1 SWS), Praktikum (7 SWS). Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Organischer Chemie werden dringend empfohlen.

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

Studentischer Arbeitsaufwand
150 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Alkaloids – Biosynthesis and Total Synthesis

(Modulverantwortliche Organisation: Organische Chemie III)

Learning objectives
Extensive knowledge of the natural product class of alkaloids will be provided: their biogenesis, structures, biological/medical significance and total synthesis.

Learning content
Lecture: The focus is on the natural product class of alkaloids, which is characterized by multifaceted biosynthetic pathways and high structural diversity and complexity. After an introduction to general methods for the elucidation of biosynthetic pathways and a basic overview of this broad class of natural products, the four major alkaloid classes, the ornithine-, lysine-, phenylalanine/tyrosine- and tryptophan-derived alkaloids, as well as alkaloids of other origins will be discussed in detail: Typical representatives of the individual classes and their mostly plantderived producers are presented; the biosynthesis of the alkaloids, starting from the basic building blocks via the central intermediates to the corresponding natural products, is outlined. Important drugs derived from highly bioactive alkaloids, their structural commonalities with the lead compound and their mechanisms of action are shown. Elegant and pioneering chemical total syntheses of selected alkaloids are presented and discussed step by step.
Lab course: Individual aspects of natural product chemistry are taught by working on a current research project in one of the participating research groups. The results are summarized in a report and presented in a seminar lecture.

Teaching types
Lecture (2 SWS), Lab course (4 weeks, block course, date by arrangement) (8 SWS). The modul takes place in summer semester.

Requirements
None.

Assessment
Graded oral or written examination on the lecture (5 LP), graded lab course with report and seminar presentation (4 LP).

Workload
Lecture 60 hours (2 hours plus 2 hours preparation and wrap-up for 15 weeks), exam preparation 30 hours, lab course with report and seminar presentation 180 hours.
Total workload: 270 hours.

ECTS / Leistungspunkte: 9

Analytik und Screening von Natur- und Wirkstoffen

Analysis and screening of natural and active substances
(Modulverantwortliche Organisation: Organische Chemie I)

Lernziele
Vermittelt werden Kenntnisse zur Isolierung, Quantifizierung und zum Screening von Natur- und Wirkstoffen.

Lerninhalte
Vorlesung: Methoden zur Extraktion, zur Isolierung, Trennung und Quantifizierung (GC, HPLC), sowie zur Strukturbestimmung (Spektroskopie) von Natur- und Wirkstoffen werden vorgestellt. Daneben werden die wichtigsten Verfahren zum Screening auf Aktivität verschiedenster Art besprochen, z.B. fluorimetrische Assays auf Cytotoxizität, Hemmung spezieller Enzyme und Proteine, sowie zellmorphologische Änderungen; Agardiffusionstests auf antibiotische Aktivität; Immunoblotting und Elektrophorese zur Quantifizierung von DNA und Proteinen.
Kleingruppenpraktikum: Die Methoden werden an ausgewählten, standardisierten Trenn- und Screeningproblemen geübt und durch teilweise Mitwirkung an aktuellen Forschungsprojekten der beteiligten Arbeitsgruppen sowie durch einen Vortrag zu einem aktuellen Thema vertieft.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung Analytik und Screening von Natur- und Wirkstoffen (2 SWS), Kleingruppenpraktikum Analytik und Screening von Natur- und Wirkstoffen (6 SWS, 3 Wochen Blockpraktikum).
Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Keine

Leistungsnachweis
Benotete mündliche oder schriftliche Prüfung zur Vorlesung (60%), Benotetes Kleingruppenpraktikum mit Bericht und Seminarvortrag (40%).

Studentischer Arbeitsaufwand

Vorlesung: 2 Stunden plus 2 Stunden Vor- und Nachbereitung à 15 Wochen	60 Stunden
Prüfungsvorbereitung	30 Stunden
Kleingruppenpraktikum mit Bericht und Seminarvortrag	180 Stunden
Gesamtbelastung:	270 Stunden

Leistungspunkte: 9

Wirkstoffchemie

Active substance chemistry
(Modulverantwortliche Organisation: Organischen Chemie I)

Lernziele
Vermittlung von Kenntnissen der Wirkstoffchemie wie Leitstruktursuche, Struktur-Wirkungsbeziehungen und rationales Design von Wirkstoffen.

Lerninhalte
In der Vorlesung Wirkstoffchemie werden ausgewählte Aspekte der Wirkstoffforschung wie Leitstruktursuche, Struktur und Konformation von Biomolekülen, Struktur-Wirkungsbeziehungen und rationales Design von Wirkstoffen vorgestellt. Schwerpunkte liegen auf natürlichen Wirkstoffen der Klassen Antibiotika und Cytostatika (Strukturen, Wirkmechanismen, semisynthetische Verbesserung). Im Praktikum werden einzelne Aspekte der Wirkstoffchemie durch Mitwirkung an aktuellen Forschungsprojekten der beteiligten Gruppen bearbeitet und die Ergebnisse in einem Seminarvortrag vorgestellt.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (1 SWS), Praktikum (7 SWS). Das Modul wird im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Organischer Chemie werden dringend empfohlen.

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

Studentischer Arbeitsaufwand
150 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Biodiversität in den Tropen

Biodiversity in the tropics
(Modulverantwortliche Organisation: LS Pflanzenökologie (AG Funktionelle und tropische Pflanzenökologie)

Lernziele
Die Studierenden sollen einen fundierten Überblick über die Tropenökologie und insbesondere über die Biodiversitätsforschung in den Tropen erlangen. Gleichzeitig sollen anhand von Beispielen verschiedene Ansätze erarbeitet werden, ökologische Hypothesen zu entwickeln und zu testen. Die kritische Erarbeitung von aktuellen Themen anhand wissenschaftlicher Literatur und die wissenschaftliche Präsentation werden geübt.

Lerninhalte
Das Modul gibt zunächst einen einführenden Überblick über die Tropenökologie. Anhand tropischer Wälder, einem der artenreichsten Systeme der Erde, sollen dann die Theorien und der aktuelle Kenntnistand zu Mechanismen der Entstehung und Erhaltung von Diversität, zu Prozessen, die die räumliche und zeitliche Verteilung von Diversität bestimmen, zur Funktion der Diversität, zu Einflüssen von Klimawandel und Landnutzung, und zu Schutzstrategien vermittelt werden. Dabei werden genetische, chemische, funktionelle und Arten-Diversität sowie verschiedene taxonomische Gruppen einbezogen.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS) und Seminar (3 SWS) zur Tropischen Biodiversität. Die Veranstaltungen finden auf Englisch statt.

Teilnahmevoraussetzung
Grundlagen der Tierökologie, Pflanzenökologie und Evolution aus dem Grundstudium.

Leistungsnachweis
Benotete semesterbegleitende Aufgaben (20%), und zwei benotete Präsentationen (je 40%).

Studentischer Arbeitsaufwand
5 SWS Lehrveranstaltungen, wöchentlich ca. 4 Stunden Vor- und Nachbereitung, Literaturarbeit und Erarbeitung eigener Präsentationen 135 Stunden (insgesamt 270 Stunden).

Leistungspunkte: 9

Principles of Logic, Argumentation and Decision Theory

(Organisation in charge: Philosophie I)

Learning objective
The student will learn how to analyze complex argumentative situations, understand the underlying coherence of a given set of arguments, and recognize standard rhetorical fallacies. She/he shall also master the basics of utility theory, decision and game theory and their normative foundations.

Content
'Logic and Argumentation Theory' provides an introduction to propositional as well as first-order logic. The lecture covers syntax, and semantics for each of these formal languages as well as formal derivations (the proof theory). The course also covers the basics of argumentation theory.
'Foundations of Decision Theory I' will introduce students to the fundamentals of decision and game theory. In this course the following topics are covered: (1) decisions under risk: utility, probability, rationality as maximizing expectation; (2) normative foundation and bounded rationality; (3) strategic interaction of games and solution concepts as well as (4) Bayesian foundation, evolutionary game theory and behavioral game theory.

Composition of the course
The module is composed of 'Logic and Argumentation Theory' (lecture 4 SWS; tutorial 4 SWS; winter semester) and 'Foundations of Decision Theory I' ('Grundlagen des Entscheidens I'; lecture 2 SWS; tutorial 2 SWS; summer semester). 'Foundations of Decision Theory I' will take place in the second half of the semester, then occupying two 2-hour slots per week. Language of the course (including exam): English.

Requirements
none

Course assessment
The course will be accomplished by passing the written exams: 'Logic and Argumentation Theory' (4.5 ECTS) and 'Foundations of Decision Theory I' (4.5 ECTS).

Amount of work
'Logic and Argumentation Theory': 51 hours attendance, 25 hours preparation and post-processing, 25 h tutorial, 34 hours exam preparation
'Foundations of Decision Theory I ': 27 hours attendance, 54 hours preparation and post-processing, 27 h tutorial, 27 hours exam preparation
Total effort 270 hours

ECTS: 9

Molekulare Diagnostik und Therapie

Diese Lehrveranstaltung kann als eine Vorlesung in Prinzipien der Biochemie oder Prinzipien der Molekularen Biologie belegt werden.

Molecular diagnostics and therapy
(Modulverantwortliche Organisation: Biochemie IV, DozentInnen des Klinikums Bayreuth)

Lernziele
Die Anwendung zunehmend komplexer Verfahren der medizinischen Diagnostik und Therapie führt zu einem Wandel der Nachweis- und Analyseverfahren hin zu einer individuelleren Diagnostik basiert auf chemischen, biochemischen und molekularbiologischen Grundlagen. Die Studierenden erwerben Kenntnisse über Probleme und Methoden, moderner diagnostischer und therapeutischer Verfahren sowie über deren molekularbiologische, biochemische und biophysikalische Grundlagen. Die Studierenden sollen nach Abschluss des Moduls in der Lage sein, medizinische Analyseverfahren hinsichtlich Anwendbarkeit und Gültigkeit zu beurteilen sowie Therapieansätze zu verstehen.

Lerninhalte
Den Studierenden werden anhand praxisnaher Beispiele an einem ausgewählten Krankheitsbild die Notwendigkeiten, Vorgehensweisen und die Nachweismöglichkeiten der medizinischen Diagnostik und deren Konsequenzen für die Therapie erläutert. Es werden molekularbiologische, biochemische und biophysikalische Grundlagen vermittelt, die zum Verständnis von Diagnose und Therapie notwendig sind. Moderne Verfahren und Möglichkeiten verschiedener Fachrichtungen in der Medizin, etwa Gastroenterologie, Pathologie, Strahlentherapie, Chirurgie, Onkologie, werden anhand des laufenden Klinikbetriebes dargestellt. Im praktischen Teil werden Führungen durch Abteilungen des Klinikums Bayreuth durchgeführt, die dazu dienen, das in der Vorlesung erworbene Wissen an den in der Klinik verwendeten Geräten und Analysetechniken sowie die Auswirkung auf die Therapie von Erkrankungen zu vertiefen.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung Medizinische Diagnostik (2 SWS, Wintersemester); Führungen (Blockveranstaltung) (1 Woche, Wintersemester). Das Modul wird nicht mehr angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
keine

Leistungsnachweis
Schriftlich über den Inhalt der Vorlesung und die Führung.

Studentischer Arbeitsaufwand
Für die 2 Vorlesungsstunden sind 1 Stunde an Vor- und Nachbereitung notwendig. Bei 15 Wochen pro Semester ergibt sich eine Arbeitsbelastung von 45 Stunden. Die Führung hat den Umfang von 6 Stunden an fünf Tagen, insgesamt 30 Stunden. Die Prüfungsvorbereitung erfordert 30 Stunden. Gesamtbelastung 105 Stunden.

Leistungspunkte: 3,5

Ausbreitungsbiologie und angewandte Populationsgenetik

Dispersal biology and applied population genetics
(Modulverantwortliche Organisation: Populationsökologie der Tiere)

Lernziele
Die Studierenden sollen die Kompetenz zur selbständigen Durchführung und Beurteilung von populationsgenetischen Untersuchungen von Tierpopulationen bekommen. Zudem soll ein Verständnis über die evolutionsbiologischen Zusammenhänge von Ausbreitungsfähigkeit und Populationsökologie erlangt werden.

Lerninhalte
Ausbreitung ist ein integraler Bestandteil des Lebenszyklus der meisten Tiere: Sie bewegen sich weg von den Eltern um Konkurrenz zu vermeiden, sind auf der Suche nach Paarungspartnern oder suchen besser zum Leben geeignete Habitate. Kenntnisse über Populationsstruktur und Ausbreitungsfähigkeit von Arten sind zudem essentiell um geeignete Schutzmaßnahmen für bedrohte Arten zu erarbeiten, bzw. eine Bedrohung zu vermeiden. Der Nachweis, dass sich Organismen ausgebreitet haben kann entweder direkt über Beobachtung erfolgen oder aber indirekt mit Hilfe populationsgenetischer Methoden.
In der Vorlesung werden Ursachen für Ausbreitung, deren Folgen für die Populationsstruktur einer Art sowie evolutionsbiologische Aspekte wie Artbildung vorgestellt. Neben einer Vertiefung der Kenntnisse in Populationsgenetik werden angewandte Aspekte (Artenschutz) umrissen. Im Seminar werden diese Themen anhand von ausgewählten Originalarbeiten vertieft.
Das Praktikum umfasst zwei Teile: Es sollen DNA-analytische Arbeitsmethoden (z.B. PCR, Sequenzierung, Fragmentanalysen) erlernt werden. Des Weiteren soll die computergestützte Auswertung von Sequenz- und Fragmentdaten unter besonderer Berücksichtigung ökologischer und populationsgenetischer Fragestellungen erlernt werden, wie etwa die Abschätzung von Migrationsrate oder geographischer Isolation von Populationen. Für Studenten des Studiengangs Ökologie und Biodiversität ist die Teilnahme am Laborteil freiwillig.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS) und Übung (4 SWS als Block). Teilnahme am begleitenden Seminar ist verpflichtend. Das Modul wird in der Regel im Wintersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
keine

Leistungsnachweis
benotetes Protokoll zur Übung (70%), Seminarvortrag (30%).

Studentischer Arbeitsaufwand
Aktive Teilnahme: 135 Std.; Vor- und Nachbereitung: 105 Std.; Vorbereitung Seminar: 30 Std.; Gesamtaufwand 270 Std

Leistungspunkte: 9

Spezielle Naturstoffchemie

Special natural substances chemistry
(Modulverantwortliche Organisation: Organische Chemie I/2)

Lernziele
Es werden umfangreiche Kenntnisse über die Naturstoffklasse der Alkaloide, ihre Biogenese, Strukturen, biologisch/medizinische Bedeutung und Synthese vermittelt.

Lerninhalte
In der Vorlesung Spezielle *Naturstoffchemie* stehen die Alkaloide, die sich durch facettenreiche Biosynthesewege und hohe strukturelle Diversität und Komplexität auszeichnen, im Mittelpunkt. Nach einer Einführung über generelle Methoden zur Aufklärung von Biosynthesewegen und einer grundlegenden Übersicht über diese breit gefächerte Naturstoffklasse werden die vier großen Alkaloidklassen, die Ornithin-, Lysin-, Phenylalanin/Tyrosin- und Tryptophan-abgeleiteten Alkaloide, sowie Alkaloide anderen Ursprungs im Detail besprochen: Typische Vertreter der einzelnen Klassen und ihre Produzenten werden vorgestellt; die Biosynthese der Alkaloide, ausgehend von Grundbausteinen über zentrale Intermediate hin zu den entsprechenden Naturstoffen, wird skizziert; wichtige Arzneimittel, die sich von hoch bioaktiven Alkaloiden ableiten, ihre strukturellen Gemeinsamkeiten mit der Leitverbindung und ihre Wirkmechanismen werden gezeigt; elegante und richtungsweisende chemische Synthesen ausgewählter Alkaloide werden schrittweise nachvollzogen und diskutiert. Im *Praktikum* werden einzelne Aspekte der Naturstoffchemie durch Mitwirkung an aktuellen Forschungsprojekten der beteiligten Gruppen bearbeitet und die Ergebnisse in einem Seminarvortrag vorgestellt.

Lehrformen und –zeiten
Vorlesung (2 SWS), Seminar (1 SWS), Praktikum (6 SWS). Das Modul wird im Sommersemester angeboten.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Organischer Chemie werden dringend empfohlen.

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

Studentischer Arbeitsaufwand
150 Stunden Anwesenheit, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung und 30 Stunden Prüfungsvorbereitung; Gesamtaufwand 270 Stunden.

Leistungspunkte: 9

Drug Design

(Responsible organisation: Organic Chemistry II)

Learning objectives
This course provides an in-depth exploration of the scientific principles and methods involved in the design and synthesis of modern drugs. Students will learn the fundamental concepts of drug discovery, focusing on the molecular mechanisms of drug action, and the strategies used to design small molecules that can interact effectively with biological targets.
The course also covers the various stages of drug development, from the discussion of drug targets towards lead compound identification to clinical trials.
Students will learn to synthesize natural and non-natural biologically active compounds using modern synthesis methods. Basic synthesis routes are as present as complex reaction mechanisms. The students learn the ability to plan the synthesis of bioactive, pharmacologically interesting compounds. In this process, aspects of pharmacology are recognized in their relationship to basic chemical structures and used for the development of new "active compounds".

Learning content
Lecture: The major classes of targets in drug discovery are introduced and modern synthetic methods towards pharmaceutically active compounds for each class are discussed in detail. Topics covered in detail include G-protein coupled receptors, ion channels, analytical tools in drug discovery, modern methods in catalysis, protein synthesis, total synthesis.
Lab course: Theoretical knowledge will be reinforced by experiments on the following topics: transition metal catalysis, photochemistry and -catalysis, radical reactions, late stage functionalization reactions, synthesis of biologically active compounds, structural characterisation of products using spectroscopic methods.

Teaching types
Lecture (2 SWS), Lab course (4 weeks, block course, date by arrangement) (8 SWS). The modul takes place in summer semester.

Requirements
None.

Assessment
Graded oral or written examination on the lecture (5 LP), graded semester related tasks to the lab course with report and seminar presentation (4 LP).

Workload
Lecture 60 hours (2 hours plus 2 hours preparation and wrap-up for 15 weeks), exam preparation 30 hours, lab course with report and seminar presentation 180 hours.
Total workload: 270 hours.

ECTS: 9

Integratives Modul

Integrative module
(Modulverantwortliche Organisation: Dozentinnen und Dozenten der Molekularen Biowissenschaften und Biochemie)

Lernziele
Die Studierenden sollen Kernkompetenzen für eigenständige wissenschaftliche Forschung erwerben, indem sie angeleitet werden, ihre Projekte zu planen, sich die wissenschaftliche Literatur zu erarbeiten und Forschungsergebnisse und -vorhaben in mündlicher und schriftlicher Form zu präsentieren. Darüber hinaus soll ihnen eine integrative Sicht der vielfältigen biochemischen und molekularbiologischen Einzeldisziplinen vermittelt werden.

Lerninhalte
In einer zweisemestrigen Ringvorlesung stellen die Dozenten der Biochemie und Molekularen Biologie ihre eigenen aktuellen Forschungsarbeiten vor und diskutieren sie anschließend, um den Studierenden einen Überblick über die Molekularen Biowissenschaften an der Universität Bayreuth zu vermitteln. Vor Beginn der Masterarbeit erstellen die Studierenden einen Forschungsplan ("*Research Proposal*"), in dem das Forschungsfeld der geplanten Arbeit beschrieben und die wissenschaftliche Fragestellung und die experimentelle Herangehensweise schriftlich skizziert werden, um Kompetenzen in der Planung wissenschaftlicher Projekte zu erwerben. Dabei werden sie angeleitet, sich die Grundlagen des Forschungsgebiets und der experimentellen Methodik anhand der wissenschaftlichen Literatur selbständig zu erarbeiten. Der Forschungsplan und bereits erzielte Ergebnisse aus dem Forschungsmodul werden in einem Seminar vorgestellt, um Fähigkeiten in der Präsentationstechnik zu schulen.

Lehrformen und –zeiten
Ringvorlesung *Molecular Biosciences* (2 x 1 SWS), Forschungsseminar (2 x 1 SWS oder 1 x 2 SWS), Erstellung eines schriftlichen Forschungsplans. Die Ringvorlesung findet sowohl im Winter- als auch im Sommersemester statt und muss über mindestens zwei Semester besucht werden. Das Forschungsseminar wird nach Bedarf angeboten. Es wird empfohlen, den Vortrag im Forschungsseminar und die Ausarbeitung des Forschungsplans im 3. Fachsemester zu absolvieren.

Teilnahmevoraussetzung
Grundkenntnisse in Biochemie und Molekularer Biologie werden vorausgesetzt.

Leistungsnachweis
Teilnahme an der Ringvorlesung, Vortrag im Forschungsseminar (Gewichtung 3,5 LP), benoteter schriftlicher Forschungsplan (Gewichtung 6,5 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand
60 Stunden Anwesenheit, 240 Stunden Literaturarbeit und Vor- und Nachbereitungszeit; Gesamtaufwand 300 Stunden.

Leistungspunkte: 10

Forschungsmodul

Research module
(Modulverantwortliche Organisation: Dozentinnen und Dozenten der Molekularen Biowissenschaften und Biochemie)

Lernziele
Die Studierenden sollen einen Einblick in die Forschungspraxis biochemisch und molekularbiologisch arbeitender Gruppen erhalten. Zudem sollen sie durch eigenständige Laborarbeit unter Anleitung experimentelle Fähigkeiten erwerben, und es sollen Teamfähigkeit geübt und Präsentationstechniken geschult werden.

Lerninhalte
Die Lerninhalte betreffen die aktuellen Forschungsprojekte der jeweils gewählten Arbeitsgruppe. Das Modul beinhaltet experimentelle Arbeit, Literaturarbeit, Teilnahme an den Arbeitsgruppenseminaren mit Vortrag und Erstellung eines Protokolls.

Lehrformen und –zeiten
Bearbeitung eines Forschungsprojekts und Teilnahme an den Arbeitsgruppenseminaren als Block. Der praktische Teil des Forschungsmoduls sollte ca. 7 Arbeitswochen dauern. Zu Beginn des Forschungsmoduls sollten zeitliche und inhaltliche Anforderungen des praktischen Teils und der Vor- und Nacharbeit zwischen Studierenden und Betreuenden besprochen werden. Ggf. können Gesprächsprotokolle oder eine Betreuungsvereinbarung erstellt werden.

Teilnahmevoraussetzung
Die erfolgreiche Absolvierung eines Fachmoduls im Fach des Forschungsmoduls wird empfohlen, ist aber nicht zwingend Voraussetzung. Es wird empfohlen, das Modul im dritten Fachsemester zu absolvieren.

Leistungsnachweis
Benotetes Protokoll (Gewichtung 10 LP) und Vortrag im Arbeitsgruppenseminar (Gewichtung 3 LP).

Studentischer Arbeitsaufwand
300 Stunden Labor- und Literaturarbeit und Anwesenheit bei den Arbeitsgruppenseminaren, 90 Stunden Vor- und Nachbereitung; insgesamt 390 Stunden.

Leistungspunkte: 13

Masterarbeit

Master thesis
(Modulverantwortliche Organisation: Dozentinnen und Dozenten der Molekularen Biowissenschaften und Biochemie)

Lernziele
Die Studierenden sollen ein Forschungsprojekt unter Anleitung in Eigenverantwortung bearbeiten und die Ergebnisse schriftlich niederlegen.

Lerninhalte
Die Lerninhalte betreffen die aktuellen Forschungsprojekte der gewählten Arbeitsgruppe.

Lehrformen und –zeiten
Bearbeitung eines Forschungsprojekts, Literaturarbeit und Abfassung einer Masterarbeit im 2. Studienjahr.

Teilnahmevoraussetzung
Die erfolgreiche Absolvierung eines Forschungsmoduls im Fach der Masterarbeit wird empfohlen.

Leistungsnachweis
Vorlage der schriftlichen Fassung der Masterarbeit.

Studentischer Arbeitsaufwand
900 Stunden.

Leistungspunkte: 30