

Fachkanon Biochemie

Fachliche Kompetenzen

Die Biochemie ist eine strikt experimentell orientierte Fachdisziplin, daher erfordert die Erlangung von Fachkompetenz sowohl theoretisches Fachwissen als auch praktische Methodenkompetenz. Das spezifische Merkmal des Biochemiestudiums ist die Aneignung von fundierten **mathematischen, physikalischen, biologischen und chemischen Grundkenntnissen**.

Priorität 1: Absolventinnen und Absolventen von Bachelorstudiengängen im Bereich der Biochemie

- kennen die **Grundlagen der Molekular-, Zellbiologie**,
- haben biochemische und molekularbiologische **Methodenkompetenz** erworben und sind in der Lage, diese auch auf unbekannte Wissensgebiete und Fragenkomplexe zu übertragen,
- sind zu relativ selbstständigem Arbeiten im Labor sowie dem explorativen und experimentellen Umgang mit Organismen befähigt,
- können biochemische Sachverhalte begründet bewerten und sich eine fachlich fundierte Meinung bilden,
- sind dazu befähigt, einfache biochemische Aufgabenstellungen zu lösen, die Ergebnisse in einen theoretischen Rahmen einzuordnen und vor dem Hintergrund vergleichbarer Arbeiten zu bewerten,
- können Kenntnisse aus verschiedenen Fachgebieten des Studiengangs in einen übergeordneten Gesamtzusammenhang bringen,
- haben vertiefte Fachkompetenz in mindestens einem Spezialgebiet des Studiengangs erworben.

Priorität 2:

- entwickeln Kommunikationsfähigkeiten und können eigene oder andere wissenschaftlichen Arbeiten in Postern und Vorträgen darstellen,
- kennen die Grundlagen statistischer Methodik und können diese für biowissenschaftliche Zwecke anwenden,
- verfügen über relevante Grundkenntnisse über chemische und biologische Gefahrstoffe, sowie die rechtlichen und sicherheitsrelevanten Aspekte zu deren Handhabung.

Priorität 3:

- sind in der Lage, mit divergierenden wissenschaftlichen Standpunkten umzugehen und Sachverhalte differenziert zu diskutieren,
- entwickeln ethische und rechtliche Bewertungsmaßstäbe für die gesellschaftlichen Konsequenzen biochemischer Arbeiten,
- kennen grundlegenden Prinzipien der chemischen und biologischen Evolution.

Anforderungen an die fachlichen Inhalte von Bachelorstudiengängen

- vermitteln eine allgemeine naturwissenschaftliche Grundausbildung als Basis für ein erfolgreiches Studium der Biochemie,
- Darauf aufbauend, die Vermittlung grundlegender biochemischer Kenntnisse und Fertigkeiten in den oben genannten Bereichen,
- Hoher Praxisanteil im Studium: Etwa 50 % der fachspezifischen Studienleistungen werden als experimentelle Laborpraktika, Übungen, sowie Projektarbeiten (inkl. Thesis) in den Präsenzanteilen des Studiums erbracht. Dies sichert das Erreichen einer den angestrebten Lernergebnissen angemessenen soliden Methodenkompetenz und zeichnet die Biochemie aus,
- Die Aneignung vertiefender Fachkompetenz in zumindest einem ausgewählten Teilbereich der Biochemie, in dem gewöhnlich auch die Thesis verfasst wird.

Gestaltung des Bachelor-Studiums

Die Ausgestaltung konkreter Curricula ergibt sich aus den jeweiligen Studiengangzielen und angestrebten Lernergebnissen. Insbesondere gilt,

- die Förderung der nationalen und internationalen Mobilität der Studierenden durch flexible Gestaltung des Studienverlaufs in höheren Semestern sowie durch Anerkennung von außerhalb der Heimat-Universität erworbenen Studienleistungen unter Wahrung der geltenden Qualitätsstandards.
- der Erwerb von fachübergreifenden Schlüsselkompetenzen (personale, methodische und soziale Kompetenzen) vorzugsweise im biochemischen Kontext.

Grundlegende Fachspezifische Studieninhalte

- **Allgemeine naturwissenschaftliche Studieninhalte** umfassen insbesondere die grundlegenden und die für das Studium notwendigen vertieften Gesetzmäßigkeiten und Methoden aus anorganischer, organischer und physikalischer **Chemie, Biologie, Medizin, Physik, Bioinformatik und Mathematik inkl. Statistik**. Diese sind für das Verständnis biologischer Systeme und biochemischer Arbeits- und Messmethoden erforderlich. **Grundlegende Studieninhalte** eines Biochemiestudiums sind jeweils theoretische und methodische Kenntnisse bzw. Kompetenzen in folgenden Bereichen:

- **Fachliche Kompetenzen**

- Struktur und Funktion der pro- und eukaryotischen Zelle, sowie subzellulärer und molekularer Systeme,
- Selbstständiges Arbeiten in einem biochemischen Labor unter Einsatz der gängigen Methoden und Geräte,
- Grundlagen der molekularen Genetik, Aspekte der angewandten Biologie und Biotechnologie,
- Grundlagen und Regulation des Stoffwechsels,
- Allg. naturwissenschaftliches und spezifisch biochemisches Denken, Methodik und kritische Diskussion wissenschaftlicher Ergebnisse,
- Grundverständnis des gesellschaftlich-biochemischen Handelns und die daraus resultierende Verantwortung.

- **Schlüsselkompetenzen**

- Wissenschaftliches Denken und Arbeiten, kritische Analyse und Diskussion erhobener Daten,
- Befähigung zur Präsentation von Daten,
- Grundverständnis und Umsetzen der allgemeinen Regeln „Guter Praxis“ inkl. Sorgfaltspflichten am Arbeitsplatz (Gefährdung und Gefährdungsbeurteilung, Arbeits- und Unfallschutz),
- Persönliche, soziale und kommunikative Kompetenzen.

Persönliche, methodische und soziale Kompetenzen

Absolventinnen und Absolventen von Bachelorstudiengängen der Biochemie:

- haben **konzeptionelles, analytisch-synthetisches** und **logisches** Denken trainiert,
- entwickeln ein **Bewusstsein und Einschätzung für** mögliche gesellschaftliche, ethische und umweltbezogene **Auswirkungen ihres Handelns**,
- haben **Kommunikationsfertigkeiten** erworben und können wissenschaftliche Informationen mit Experten und Laien angemessen kommunizieren,
- sind zur **kooperativen Gruppenarbeit** auch in interkulturellen Zusammenhängen befähigt,
- haben das Bewusstsein und Strategien erworben, **sich stetig weiterzubilden** und in ausgewählten Teilbereichen auf dem jeweils aktuellen **Stand des Wissens** zu bleiben,
- sind befähigt, sich neue biochemische Themengebiete selbstständig zu erschließen.

Empfehlenswerte Inhalte für ein breit angelegtes Bachelorstudium Biochemie

Die folgende Auflistung und deren Reihenfolge beschreiben die elementaren inhaltlichen Bestandteile des Studiums. Die hier dargestellte Struktur versucht eine Gruppierung nach Themenbereichen, ohne dabei strukturelle oder formale Vorgaben zu machen oder gar modulare Einheiten zu beschreiben. Die Gestaltung und Strukturierung der inhaltlichen Elemente, auch die relative Gewichtung zueinander, kann sich daher unterscheiden. Die Fakultäten, die von den Vorgaben des Fachkanons grob abweichen, sind aufgerufen, dies den Studienwilligen und Studierenden zu kommunizieren (Transparenzgebot).

1. Kernbereich Biochemie

1a Biochemie

- Struktur und Funktion von Biomolekülen (Proteine, Nucleinsäuren, Kohlenhydrate, Lipide)
- Proteinmodifikationen und ihre Bedeutung
- Enzyme und Katalyse, Enzymkinetik
- Aufreinigung und Charakterisierung von Proteinen und Enzymen, Chromatographie, Elektrophorese, Zentrifugation, Angewandte Spektroskopie, Antikörper-basierte Nachweisverfahren
- Zelluläre Kompartimente inklusive Mitochondrien
- Kohlenhydratstoffwechsel (Glykolyse, Gärungen, Gluconeogenese, Pentosephosphatweg, Calvin-Zyklus, Pyruvatdehydrogenase, Citratzyklus, Bildung von Di- und Polysacchariden, Glykogenstoffwechsel)
- Lipidstoffwechsel (Fettsäure-Oxidation und Fettsäure-Synthese, biologische Membranen und ihre Bausteine, Isoprenoide, Cholesterin- und Steroidstoffwechsel, tierische und pflanzliche Hormone, Lipoproteine)
- Aminosäurestoffwechsel (Stickstoffkreislauf und Harnstoffzyklus, Synthese und Abbau von Aminosäuren und Peptiden, Biogene Amine)
- Bioenergetik (Elektronentransport und Atmungskette, Photosynthese)
- (Hormonelle) Regulation des Stoffwechsels, Zusammenwirken der Stoffwechselwege und Organbiochemie
- Mechanismen des Transports und der Informationsübertragung an Membranen, Prinzipien der intrazelluläre Signaltransduktion
- Redoxbiochemie
- Stoffwechsel der Nucleotide und Nucleinsäuren
- Struktur und Vererbung der Erbinformation, Chromatin, Replikation, DNA-Reparatur, Rekombination, Transposition, Transkription und posttranskriptionelle Modifikation
- Proteinbiosynthese, Faltung, Targeting, Assemblierung und Degradation von Proteinen
- Protein-Interaktionen und Protein-Kaskaden
- Durchführung genetischer und gentechnischer Experimente
- Erfassung molekularbiologischer Daten, Blotting- und Array-Verfahren
- Grundzüge der Bioinformatik, Genomannotation, phylogenetische Analysen, Genomics, RNomics, Proteomics, High Throughput Sequencing

1b Zell- und Entwicklungsbiologie

- Innere und äußere Organisation einer Zelle als Grundeinheit des Lebens
- Funktionelle Elemente einer Zelle im Vergleich zwischen Prokaryot, Tier, Pilz und Pflanze
- Zelluläre Filamente, Zytoskelett und Organellen
- Funktionelle Zusammenhänge zellulärer Bestandteile
- Zell-Zell-Kommunikation
- Stammzellen und Zelldifferenzierung
- Tumorbilogie
- Zelltod und Apoptose
- Grundlagen der Immunologie und Infektionsbiologie
- Nervenleitung und Reizwahrnehmung
- Umgang mit prokaryontischen und eukaryontischen Organismen im Labor

2. Naturwissenschaftliche Grundlagen

Für das tiefere fachliche Verständnis der Biochemie ist eine grundlegende naturwissenschaftliche und mathematische Ausbildung vertieft durch praktische Übungen essentiell. Diese bezieht sich vor allem auf die Chemie, Biologie, Physik, Informatik und Mathematik inkl. Statistik.

2a. Allgemeine und Anorganische Chemie

- Grundkenntnisse der Allgemeinen und Anorganischen Chemie (Atome, Moleküle, Ionen, Salze, Molare Größen, Stöchiometrie, Periodizität, chemische Bindung, Energiebilanz chemische Reaktionen, chemisches Gleichgewicht, Fällungsreaktionen, Säure-Base-Begriff und -Reaktionen, Redox-Reaktionen, Elektrochemische Potentiale und – Reaktionen, Periodensystem der Elemente, typische Verbindungen der Hauptgruppenelemente, Nebengruppenelemente, Komplexe, Metalle in Lebensvorgängen,
- Spezielle Eigenschaften des Wassers, Leitfähigkeit, Osmotischer Druck,
- Quantitative und Instrumentelle Analyse (Titrations und apparative Methoden), Standardreaktionen (Reagenzglasversuche),
- Grundlagen und Grundbegriffe der Stereochemie,
- Grundlagen der Spektroskopie von Biomolekülen.

2b. Organische Chemie

- Grundkenntnisse der Organischen Chemie, Stoffchemie (z.B. Kohlenwasserstoffe, funktionelle Gruppen, Carbonylverbindungen, Polysaccharide, Aminosäuren, Peptide, Heterocyclen, Nukleinsäuren),
- Kovalente Bindungen, Bindungsstärke, Polarisierung, Bindungswinkel,
- Nicht-kovalente Bindungen: Ladungsinteraktionen, Wasserstoffbrückenbindungen, hydrophobe Wechselwirkungen,
- Reaktionsmechanismen (z.B. radikalische, nucleophile und elektrophile Substitution, Polarisierte Bindung, Eliminierungen, Reaktionen der Carbonylverbindungen sowie an CC-Mehrfachbindungen, Oxidationen und Reduktionen, Heterocyclen),
- Erkennen der Zusammenhänge zwischen molekularer und räumlicher Struktur, Bindungskräften, stofflichen Eigenschaften und Reaktivität, Kennen wichtiger Reaktionstypen, Stoffgruppen und technischer Herstellungsverfahren, Kennen der wichtigsten Naturstoffklassen und deren Bedeutung,
- Grundlagen der Stereochemie.

2c. Physik und Physikalische Chemie

- Grundkenntnisse der Experimentalphysik: Mechanik und Thermodynamik, 1. Hauptsatz, 2. Hauptsatz, Gibbs freie Energie, Chemisches Gleichgewicht, Aktivierungsenergie, Fließgleichgewicht, ideale und reale Gase, Aggregatzustände und Phasenübergänge, Lösungen und Mischphasen, Gemische und Trennverfahren,
- Elektrizität und (Elektro-)Magnetismus, Schwingungen und Wellen, polarisiertes Licht und seine Anwendungen, Optik (Brechung, Absorption, Fluoreszenz),
- Rechnen mit physikalischen Größen und Einheiten,
- Kinetik (phänomenologische Kinetik, experimentelle Methoden, Mechanismen chemischer Reaktionen) und Elektrochemie (Elektrolytlösungen, Elektrodenprozesse, Ionengleichgewichte),
- Atom- und Kernphysik, Radioaktivität und ionisierende Strahlung,
- Grundlagen der Mikroskopie (Lichtmikroskopie, hochauflösende (*superresolution*) Mikroskopie).

2d. Mathematik, Statistik und Bioinformatik

- Funktionale Zusammenhänge, Differentiation und Integration von Funktionen einer und mehrerer Variablen Kurvendiskussion, Potenzreihen, Gewöhnliche Differentialgleichungen, Lineare Gleichungssysteme,
- statistische Grundbegriffe, Lage- und Streuungsmaße, Regression, Klassifikation und Testen biologischer Modelle, Biologische explorative Statistik, parametrische und nichtparametrische Tests, Dimensionen und Größenbeziehungen in der Biologie,
- Mathematische Beschreibung dynamischer biologischer Prozesse,
- Sequenzanalyse, Datenbanken, Proteinstruktur (Analyse und Vorhersage).

Studiengänge, die zu mindestens 70% des Kernbereichs Biochemie (1) und der naturwissenschaftlichen Grundlagen (2) aus dem obigen Katalog enthalten, sollen den Studiengänge der Biochemie zugerechnet werden. Studiengänge mit 50% Inhalt aus dem gelisteten Kernbereich Biochemie (1) und den naturwissenschaftlichen Inhalten (2) der sollen den Life Sciences mit biochemischem Schwerpunkt angehören. Zu den Spezialisierungsbereichen der Biochemie oder der Life Sciences gehören z.B. Biologie, Medizin, Physik, Materialwissenschaften, Informatik, Biophysik, Biotechnologie etc.

3. Spezialisierungsbereiche (Beispiele)

a. Biologie

- Allgemeine Biologie und Genetik (Grundlagen der Vererbung, Adaptive Mechanismen der Evolution, Klassische Genetik (Mendelsche Regeln, Züchtung), Molekulargenetik (Mutagenese, Transformation, genetische Modellsysteme),
- Molekulare Grundlagen der Epigenetik,
- Molekulare Physiologie und Grundlagen der Tierphysiologie,
- Grundlagen der Botanik (z.B. Morphologie pflanzlicher Organismen, Gewebe und Zellen, Phylogenie, Bau und Funktion ausgewählter Pflanzen und Pilze, und Pflanzenphysiologie,
- Mikrobiologie (Zellbiologie, Physiologie, Regulation und Signaltransduktion bei

Prokaryoten, Mikroorganismen als Modellorganismen für die Forschung, Einsatz von Mikroorganismen in der Umweltmikrobiologie und Biotechnologie, Verständnis grundlegender Pathogenitätsmechanismen, Kenntnis und sicherer Umgang mit Biostoffen inklusive Gefährdungsbeurteilung und Einteilung in Schutzstufen).

b. Medizin

- Grundlagen der Physiologie, Organbiochemie und Pathobiochemie,
- Grundlagen der Anatomie,
- Grundlagen der Stammzellbiologie,

4. Schlüsselqualifikationen

- Gute wissenschaftliche Praxis,
- Sorgfalts- und Organisationspflichten am biowissenschaftlichen Arbeitsplatz,
- Regularien für Tätigkeiten im biochemischen Bereich (Gentechnik, Strahlenschutz (optional), Tierschutz (optional), Gefahrstoffe, Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen),
- Sicherer und verantwortungsbewusster Umgang mit biologischen Materialien sowie weiteren, häufig in der Biochemie verwendeten Stoffen,
- Personale, soziale und kommunikative Kompetenzen (Team- und Führungsfähigkeit, Reflexivität, Selbstständigkeit, Lernkompetenz),
- Erlernen von Kernkompetenzen in Bioethik,
- Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten unter den Gesichtspunkten der kritischen Auseinandersetzung mit eigenen und fremden Daten sowie korrekten Zitierens.

Modifiziert nach dem Fachkanon Biowissenschaften durch Prof. Dr. Jürgen Alves, Rolf Heumann, Dorothea Kaufmann, Karsten Niefind und Alois Palmetshofer

Weitergehende Änderungen entsprechend der Diskussion während des Treffens des GBM Arbeitskreises „Studium Molekulare Biowissenschaften“ in Mosbach, Raum Schalander am 3. April 2019, 14.00 – 16.30 Uhr. Teilnehmer: Christian Hammann, Rolf Heumann, Sørge Kelm, Jonathan Pletzger-Zelger, Fabian Raudzus, Hendrik Schöneborn.

Für das Protokoll:

Rolf Heumann

Bochum 16. 04. 2019