

Fachkanon Biologie

Inhaltliche Empfehlungen für grundständige und weiterführende Studiengänge¹

KBF-Beschluss vom 24.5. 2013
in revidierter Form vom 27. Mai 2021

Präambel

Biologie ist eine komplexe und dynamische Naturwissenschaft, die sich in eine Vielzahl von biowissenschaftlichen Teildisziplinen verzweigt. Es ist eine permanente Herausforderung, die Lehre auf dem jeweils aktuellen Stand des Wissens zu halten und die intellektuelle Eigenständigkeit, Kritik- und Innovationsfähigkeit sowie Berufsbefähigung sicherzustellen. Die beruflich nutzbare Qualifikation von Absolventinnen und Absolventen eines biowissenschaftlichen Studiums hängt entscheidend vom verinnerlichten Verständnis naturwissenschaftlicher Grundlagen und Prinzipien sowie den darauf aufbauenden vertiefenden Kenntnissen und Fertigkeiten in Spezialgebieten der Biologie ab. Absolventinnen und Absolventen sollten in der Lage sein, diese Fähigkeiten innovativ einzusetzen, um eigenständig oder in Arbeitsgruppen Probleme zu lösen. Sie sollten darüber hinaus auch in der Lage sein, eigenes sowie das Tun anderer kritisch zu hinterfragen - insbesondere auch in der Verantwortung gegenüber Gesellschaft und Umwelt.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden und dabei fachliche Standards im Studium zu gewährleisten, haben sich die biologischen Fakultäten bzw. Fachbereiche im Benehmen mit dem Dachverband VBiO und anderen Interessensgruppen bereits 2013 konsensual einen gemeinsamen fachlichen Referenzrahmen gegeben. Dieser ergänzt die formalen Kriterien des Akkreditierungssystems zur Qualitätssicherung in Studium und Lehre an deutschen Hochschulen ("Studienakkreditierungsstaatsvertrag")² und seiner nachgeordneten Musterrechtsverordnung.

Fachliche Standards in der Hochschulausbildung werden von den Lehrenden gegenüber Studierenden, Fachgemeinschaft und Gesellschaft verantwortet. Dazu sind sie in Fakultäten bzw. Fachbereichen oder Departments ihrer Hochschulen organisiert und stellen die Studieninhalte für die verschiedenen Studiengänge zusammen. Im Rahmen von Akkreditierungen stellen sich die Studiengangs-Verantwortlichen den Qualitätskriterien, die sich von Bundesland zu Bundesland unterscheiden können. Um bundesweit einen vergleichbaren fachspezifischen Kompetenzerwerb zu ermöglichen, brauchen die Fachbereiche hinreichende inhaltliche und formale Gestaltungsfreiheit. Dies betrifft den Aufbau des Studiums sowie Umfang von Prüfungs-, Lehr- und Lernformen.

Der vorliegende fachliche Referenzrahmen „Fachkanon Biologie“ ist eine Revision des 2013 verabschiedeten Papiers und wurde im Konsens der Hochschullehrenden, Studierenden, Fachgesellschaften sowie Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbände erstellt.

Die Vergleichbarkeit der grundständigen Biologie-Studiengänge und der Kanon an gemeinsamen fachlichen Kompetenzen machen die Studiengänge zueinander kompatibel,

¹Gemeinsames Papier der Konferenz Biologischer Fachbereiche (KBF), dem Organ der Biologischen Fakultäten der deutschen Universitäten, Universitäten für Angewandte Wissenschaften, den Studierendenvertretungen, dem Dachverband VBiO – Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland e.V. und seinen Fachgesellschaften sowie Verbänden der Arbeitgeber und Arbeitnehmer

²www.akkreditierungsrat.de/fileadmin/Seiteninhalte/AR/Sonstige/Studienakkreditierungsstaatsvertrag.pdf

gewährleisten die nötigen Eingangsqualifikationen für konsekutive Master-Studiengänge (vgl. www.master-bio.de) und erleichtern den Studierenden Orientierung und Mobilität. Fachlicher und fachübergreifender Kompetenz-Erwerb inkl. Persönlichkeits-Entwicklung, Kommunikations-Fähigkeiten und Verantwortungsbewusstsein tragen wesentlich dazu bei, dass Absolventinnen und Absolventen auf dem Arbeitsmarkt gute Chancen haben und eine ihrer akademischen Bildung adäquate Rolle übernehmen können.

Ziele

Die Anforderungen für Studiengänge der Biologie haben folgende Ziele:

- Sicherstellung einer allgemeinen naturwissenschaftlichen Grundbildung
- Inhaltliche Vergleichbarkeit der vermittelten naturwissenschaftlichen und biologischen Grundkenntnisse und Fertigkeiten
- Erwerb der grundlegenden Kompetenz, neue komplexe Sach- und Wissensgebiete rasch zu erschließen und anzuwenden
- Erwerb fachlicher, methodischer, personaler und sozialer Kompetenzen
- Optimierung der Lehre durch Anpassung der Lehr- und Lernformen an die Besonderheiten des Faches Biologie (Fachkultur)
- Transparenz bei der Studienwahl durch vergleichbare Bezeichnungen
- Sicherung der lokalen und fachlichen Mobilität durch erleichterte Anrechnung von „extern“ erbrachten Leistungen
- Erreichen vergleichbarer Eingangsqualifikationen für Masterstudiengänge
- Kompetenzorientierte „Beschäftigungsfähigkeit“ (Employability, die über eine rein kanonische „Berufsbefähigung“ hinausgeht

Die hier formulierten Erwartungen an das Erreichen von Studienzielen mit entsprechenden professionsrelevanten Kenntnissen, Fähigkeiten und Haltungen in der Biologie sind dabei nicht statisch angelegt. Vielmehr unterliegen sie einer ständigen Überprüfung durch die eng kooperierende „Fachcommunity“ aus Fakultäten- und Fachbereichstagen, Studierendenorganisationen, Fachgesellschaften und Verbänden der Berufspraxis. Der Fachkanon Biologie ist eine fachspezifische Orientierungshilfe als Empfehlung zur Gestaltung von grundständigen Studiengängen.

Die Biologie als naturwissenschaftliches Fach

Die Biologie als naturwissenschaftliche Disziplin erfordert grundlegende naturwissenschaftliche und formalwissenschaftliche Kenntnisse und Fähigkeiten. Neben der Biologie ist insbesondere Wissen in Chemie, Physik, Informatik und Mathematik incl. Statistik von Bedeutung. Nur mit diesen Grundlagen können die Phänomene des Lebens und dessen Interaktion mit der abiotischen Welt verstanden werden.

Die Biologie erlebt wie andere naturwissenschaftliche Disziplinen eine dynamische Entwicklung. Eine klare Abgrenzung zu benachbarten Fächern (z. B. Biochemie, Biomedizin, Biotechnologie, Umweltwissenschaften, Bioinformatik, Quantitative Biologie) ist willkürlich

und teilweise schwierig. Aus diesem Grund hat sich eine Vielfalt an Studiengängen mit mehr oder weniger biowissenschaftlichen Schwerpunkten entwickelt.

Die Planung und Entwicklung von biowissenschaftlichen Studiengängen erfordert eine Abwägung zwischen der Vermittlung allgemeiner Grundlagen, den aktuellen Erkenntnissen der Wissenschaft in den Kern- und Grenzbereichen der Biologie und der differenzierten Bewertung neuer Entwicklungen, die sich aus diesen Erkenntnissen ableiten.

Der vorliegende Fachkanon zielt darauf ab, die beschriebenen fachlichen Anforderungen zu benennen.

Studiengangtypen

Um für die eigentlichen Studiengänge der Biologie und auch für die teilweise interdisziplinär ausgelegten Studiengänge entsprechend differenzierte Anforderungsprofile zu ermöglichen, werden vier Typen entsprechend ihrem Anteil an biowissenschaftlichen Fächern unterteilt:

- Typ 1** Studiengänge mit einem biowissenschaftlichen Anteil von etwa 2/3 (Biologie und vergleichbare Curricula).
- Typ 2** Studiengänge mit einem biowissenschaftlichen Anteil von etwa 1/2 (z.B. Biochemie, Biotechnologie, Biophysik, Biomedizin).
- Typ 3** Interdisziplinäre Studiengänge mit einem geringeren biowissenschaftlichen Anteil (z.B. Bioinformatik, Bioverfahrenstechnik).
- Typ 4** 2-Fach-Studium (Lehramtsstudiengänge, v.a. Lehramt an Gymnasien).

Studienziele - Kompetenzen

Studienziele werden durch die Beschreibung derjenigen Lernergebnisse deutlich, die Absolventinnen und Absolventen in ihrer späteren Berufstätigkeit oder für weiterführende Studien benötigen. Die Gestaltung der Studiengänge ist gemäß den Vorgaben des Bologna-Prozesses Output-orientiert und fokussiert auf die zu erwerbenden Kompetenzen. Die Absolventinnen und Absolventen sollen fähig sein, ihre erworbenen fachlichen und überfachlichen Kompetenzen anzuwenden, d.h. konkrete naturwissenschaftliche Problemstellungen zu bewältigen.

Ein besonderes Merkmal im Kompetenzprofil der Biologie ist die Synopse von Theorie und praktischer experimenteller Methodik. Trotz zeitlicher Begrenzung gilt es, den Absolventinnen und Absolventen der Biologie hinreichende theoretische und praktische naturwissenschaftliche Grundlagen zu vermitteln, damit sie auch bei raschem Wandel wissenschaftlicher Entwicklungen gute Chancen für die erfolgreiche berufliche Weiterentwicklung besitzen.

Während Typ 1-Studiengänge den gemeinsamen Grundkanon an fachlichen Inhalten möglichst vollständig abbilden sollen, können bei Typ 3-Studiengängen hinsichtlich Breite und Tiefe sehr unterschiedliche Kompetenzprofile angestrebt werden. Bei Typ 4-Studiengängen ist auf eine fachliche Breite zu achten, die den Erfordernissen des Schulunterrichts in der jeweiligen Fachstufe entspricht. Auf eine Integration von Fachwissenschaft und Fachdidaktik ist besonders zu achten. Aufgrund der Synergieeffekte

ist die Belegung verwandter bzw. sich ergänzender Fächer sinnvoll. Andernfalls sollte sichergestellt werden, dass Biologielehramtsstudierende die Möglichkeit erhalten ausreichende naturwissenschaftliche Grundlagen zu erwerben, die ihnen ein Gesamtverständnis der modernen Biologie ermöglichen. Auf dem Hintergrund der Notwendigkeit sich laufend entsprechend der rapiden Weiterentwicklung der Biowissenschaften anpassen zu müssen, sind fundierte naturwissenschaftliche Kenntnisse bei Lehramtsstudierenden und die Bereitschaft zum lebenslangen Lernen und Fortbilden essentiell.

Anforderungen an Bachelorstudiengänge

Ein erfolgreich absolvierter Bachelorstudiengang soll einerseits die Grundlagen für ein wissenschaftlich vertiefendes Master-Studium oder ein nicht-biologisches Zusatzstudium schaffen, andererseits auch einen frühen Einstieg ins Berufsleben ermöglichen (Berufsbefähigung). Die Absolventinnen und Absolventen haben fachliche und methodische Kompetenzen sowie Selbstkompetenz, soziale und kommunikative Kompetenzen erworben, die sie zum gesellschaftlichen Engagement mit ethischer Verantwortung befähigen. Dies entspricht den Forderungen des Communiqué von Bukarest 2012 der European Higher Education Area (EHEA) Ministerial Conference³.

Fachlicher Kompetenzerwerb

Die Biologie ist eine empirisch arbeitende Fachdisziplin, die sich sowohl korrelativer als auch manipulativer Studien (Pilot-, Feld- und Laborstudien), oftmals experimenteller Natur bedient. Daher erfordert die Erlangung von Fachkompetenz sowohl **theoretisches Fachwissen** als auch **praktische Methodenkompetenz** und **psychomotorische Fertigkeiten**.

Ziele für den erfolgreichen Abschluss eines Bachelorstudiums der Biologie:

Absolventinnen und Absolventen

- haben sich fundierte biologierelevante **mathematische, physikalische und chemische Grundkenntnisse** angeeignet,
- kennen zentrale **Grundlagen der Molekular-, Zell- und organismischen Biologie inklusive Evolution**,
- sind unter Anleitung zu weitgehend selbstständiger **Arbeitsweise in Labor und Freiland** sowie dem explorativen und experimentellen **Umgang mit Organismen** befähigt,
- haben biowissenschaftliche und statistische **Methodenkompetenz** erworben und sind in der Lage, diese auch auf andere Kontexte zu übertragen,
- haben die Regeln **Guter Wissenschaftlicher Praxis** verinnerlicht, kennen die relevanten **Rechtsgrundlagen und Verhaltens-Kodizes** und beachten diese in ihrer Tätigkeit,

³ EHEA Ministerial Conference- Bucharest Communiqué (2012):
Making the Most of Our Potential: Consolidating the European Higher Education Area.

- verfügen über relevante Kenntnisse von **(Bio-)Sicherheits- und Umweltbelangen und sind sensibilisiert hinsichtlich möglichen Missbrauchs (Dual Use) von Erkenntnissen und Techniken,**
- können auf Basis ihres Fachwissens sachlich argumentieren und hieraus **fachlich begründet** biologische **Sachverhalte beurteilen**. Zudem sind sie in der Lage, auch **ethische, ökonomische und rechtliche Bewertungsmaßstäbe** auf diese anzuwenden,
- haben sich vertiefte **Fachkompetenz** in mindestens einem biologischen Spezialgebiet angeeignet,
- sind dazu befähigt, **biowissenschaftliche Aufgabenstellungen zu lösen** und die Ergebnisse korrekt darzustellen und sie **in einen theoretischen Rahmen einordnen**, vor dem Hintergrund vergleichbarer Arbeiten zu diskutieren und in wissenschaftlichen Arbeiten, Postern und Vorträgen darzustellen.
- sind befähigt, **neue biologische Themengebiete** selbstständig zu **erschließen** und können Erkenntnisse aus verschiedenen Fachgebieten in einen **übergeordneten Gesamtzusammenhang** bringen,
- haben **fachspezifische Englischkenntnisse** erworben.

Selbstkompetenzen, methodische und soziale Kompetenzen

Absolventinnen und Absolventen von Bachelorstudiengängen im Bereich der Biologie:

- haben **konzeptionelles, analytisch-synthetisches, kritisches, lösungsorientiertes und logisches** Denken trainiert,
- haben ein Bewusstsein für mögliche **gesellschaftliche, ethische und umweltbezogene Auswirkungen** ihres Handelns,
- haben Kommunikationsfertigkeiten erworben und können wissenschaftliche Informationen mit Experten und Laien angemessen kommunizieren,
- haben Interkulturelle Kompetenz und können auch in multinationalen Teams arbeiten,
- haben Strategien für ein lebenslanges Lernen erworben.

Anforderungen an Masterstudiengänge

Aufbauend auf einem ersten Hochschulabschluss führt das Masterstudium zum Erwerb vertiefter analytisch-methodischer Kompetenzen. Zugleich werden die fachlichen und sozialen Kompetenzen aus dem Grundstudium vertieft bzw. erweitert.

Fachliche Kompetenzen

Absolventinnen und Absolventen von Masterstudiengängen:

- haben ihr **Wissen** in Kernfächern, fachrelevanten oder interdisziplinären Fächern **vertieft**;

- sind in der Lage, komplexe wissenschaftliche Sachverhalte zu erfassen, sie im Kontext des aktuellen Stands der internationalen Forschung **zu diskutieren und** in schriftlicher (z.B. Masterarbeit, wissenschaftliche Veröffentlichung) und mündlicher Form (z.B. Vortrag mit freier Diskussion) **darzustellen**;
- haben fachliche und fachübergreifende **Lösungskompetenz** erworben.

Allgemeine und soziale Kompetenzen

Absolventinnen und Absolventen von Masterstudiengängen:

- haben das Können erworben, Fachkenntnisse auch unterschiedlicher Teildisziplinen zusammenzuführen, **selbstständig wissenschaftlich zu arbeiten** und **komplexere Projekte** zu konzeptionieren, organisieren, durchzuführen und zu leiten und die Ergebnisse zu publizieren;
- haben **didaktische Kompetenzen** erworben und können Wissen vermitteln,
- können abstrahieren und systemanalytisch denken, haben kommunikative Kompetenzen erworben, können im Team arbeiten und haben internationale und interkulturelle Erfahrungen gesammelt. Sie sind dadurch gut für die Übernahme von **Führungsverantwortung** vorbereitet;
- sind in der Lage, auch die gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und umweltbezogenen **Auswirkungen ihres Handelns** abzuschätzen. Dies umschließt Grundsätze der Risikobewertung im Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen sowie Aspekten beim Umgang mit gentechnisch veränderten Organismen.

Anforderungen an die fachlichen Inhalte von Bachelorstudiengängen

- Eine fundierte allgemeine **naturwissenschaftliche Grundausbildung** als Basis jedes naturwissenschaftlichen Studiums.
- Darauf aufbauend, die Vermittlung grundlegender biologischer Kenntnisse und Fertigkeiten in den unter „**Fachlicher Kompetenzerwerb**“ genannten Bereichen. Die Aneignung vertiefender Fachkompetenz in zumindest einem ausgewählten Teilbereich der Biologie, in dem auch die Abschlussarbeit verfasst wird.
- **Hoher „Praxisanteil“** im Studium: Etwa 50 % der Studienleistungen werden als experimentelle Laborpraktika, Übungen, Exkursionen, Geländepraktika sowie Projektarbeiten (inkl. Thesis) in den Präsenzanteilen des Studiums erbracht. Die hohe Relevanz praxisorientierter Studienleistungen ist typisch für biowissenschaftliche Studiengänge.
- Adäquate Sicherung der Lernergebnisse mittels **Kompetenz-orientierter Prüfung** (Klausur, mündliche Prüfung, Vortrag, Protokoll, Präsentation, Portfolio etc.)
- 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** (Selbstkompetenz, methodische und soziale Kompetenzen) vorzugsweise in biowissenschaftlichen Kontexten.

Gestaltung des Bachelor-Studiums

Der Fachkanon Biologie gibt lediglich eine grobe Auflistung relevanter und wünschenswerter Inhalte in einer „Tiefe“, wie sie auf Bachelorniveau zumutbar ist. Die Ausgestaltung konkreter Curricula ergibt sich aus den jeweiligen Studiengangzielen und angestrebten Lernergebnissen.

Grundlegende fachspezifische Studieninhalte

Allgemeine naturwissenschaftliche Studieninhalte umfassen insbesondere die grundlegenden und die für das Studium notwendigen vertieften Gesetzmäßigkeiten und Methoden aus allgemeiner, anorganischer und organischer **Chemie, Physik, und Mathematik inkl. Statistik**. Diese sind für das Verständnis biologischer Systeme und biologischer Arbeits- und Messmethoden erforderlich. Die Lerninhalte in den naturwissenschaftlichen Grundlagenfächern orientieren sich an den erforderlichen Kenntnissen und Kompetenzen, die für das fachliche Verständnis und deren Anwendung erforderlich sind. Sie sollten einen erkennbaren Bezug zu den jeweiligen Studiengangzielen aufweisen.

Grundlegende Studieninhalte der Biologie eines breit angelegten Biologiestudiums umfassen jeweils theoretische und methodisch analytisch-synthetische Kenntnisse bzw. Kompetenzen in folgenden Bereichen:

• **Fachliche Inhalte**

- Genetik, Evolution und Systematik, Physiologie und Biogeographie von Viren, Bakterien, Archaeen, eukaryontischen Organismen wie Pilze, Pflanzen und Tieren (inkl. Mensch)
- Zellbiologisches, biochemisches, biophysikalisches und molekularbiologisches Verständnis der Funktion einer pro- und eukaryotischen Zelle, sowie subzellulärer und molekularer Systeme
- Struktur, Funktion, Entwicklung und Verhalten ein- und vielzelliger, auch sozial lebender Organismen
- Ökologie, Ökosystemanalyse
- Aspekte der angewandten Biologie, Neurobiologie, Immunbiologie, Biotechnologie
- Grundlagen der Statistik und Datenverarbeitung, quantitative Biologie, Auswertung großer Datensätze (Omics)
- Allg. naturwissenschaftliche sowie spezifisch biowissenschaftliche Denk- und Arbeitsweise und kritische Diskussion wissenschaftlicher Ergebnisse inklusive ihrer soziokulturellen Relevanz
- Rechtliche und regulatorische Grundlagen biologischen Handelns, Bioethische Aspekte

• **Vermittlung von Schlüsselkompetenzen**

- Wissenschaftliches Denken und Arbeiten, kritische Analyse, Synthese und Interpretation, sowie Dokumentation erhobener Daten

- „Gute wissenschaftliche Praxis“, wissenschaftliches Schreiben, sowie Präsentation erhaltener Ergebnisse und Folgerungen inkl. korrekter Erstellung von Abbildungen und Achtung geistigen Eigentums.
- Weitere Regeln „Guter Praxis“ inkl. Sorgfalts- und Organisationspflichten am Arbeitsplatz (z.B. Gefährdung und Gefährdungsbeurteilung, Sicherheitsaspekte und Schutzmaßnahmen, Unterweisungen und Betriebsanweisungen, Arbeits- und Unfallschutz).
- Selbstkompetenz, soziale und kommunikative Kompetenzen

Empfehlenswerte Inhalte für ein breit angelegtes Bachelorstudium Biologie

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 Liste der hier genannten relevanten und wünschenswerten Inhalte beschränkt sich auf in eine „Tiefe“, wie sie auf Bachelorniveau zumutbar ist. Die Fakultäten, die von den Vorgaben des Fachkanons erheblich abweichen, sind aufgerufen, dies den Studienwilligen und Studierenden zu kommunizieren (Transparenzgebot).

*In allen Themenbereichen empfiehlt es sich, die Studierenden auch mit den **Fachbegriffen** auch **in englischer Sprache** vertraut zu machen, um sie in die englische Wissenschaftssprache einzuführen.*

1. Kernbereich Biologie

Der Anteil dieses Bereichs am Curriculum ist je nach Studiengangstyp (vgl. o.) unterschiedlich hoch und gegebenenfalls durch andere vertiefende Kernbereiche ersetzt. Die Lehrenden verständigen sich, in Abhängigkeit von deren jeweiligen Schwerpunkten, über eine möglichst umfassende Vermittlung der folgenden Themen.

1a Allgemeine Biologie, Evolution und Genetik

- Geschichtliche Entwicklung der Biologie
- Grundlagen der Vererbung, der Steuerung von Entwicklungsprozessen und der genetischen Kontrolle der Umweltadaptation
- Grundlagen der Evolution: genetische Drift, Selektion und deren Nachweis, evolutionsstabile „Strategie“, frequenzabhängige Selektion
- Synthetische Evolutionstheorie
- Durchführung genetischer und gentechnischer Experimente
- Erfassung molekularbiologischer Daten, phylogenetische Analysen
- Grundzüge der Bioinformatik, Genomannotation, Genomics, Transcriptomics, Proteomics, Interactomics, Metabolomics, High Throughput Sequencing
- Klassische Genetik (Mendel'sche Regeln, Züchtung), Karyologie und Chromosomenbiologie
- Molekulargenetik (Mutagenese, Transformation, genetische Modellsysteme)
- Entwicklungsgenetik, Grundlagen der Populationsgenetik
- Grundlegende Konzepte der Art und Artbildung
- Aktueller Stammbaum des Lebens mit phylogenetisch erfassten Großgruppen der Bacteria, Archaea und Eukaryota, Endosymbiontentheorie

1b Biochemie, Biophysik und Physiologie

- Struktur und Funktion von Biomolekülen (Proteine, Nukleinsäuren, Kohlenhydrate, Lipide, Kofaktoren)
- Biochemische Grundlagen (Glykolyse und Glukoneogenese, Zitratzyklus, Fettsäure-Oxidation und Fettsäure-Synthese, Stickstoffkreislauf und Harnstoffzyklus, Synthese und Abbau von Aminosäuren und Peptiden, biologische Membranen, Elektronentransport und Atmungskette, ATP Synthese, Photosynthese, tierische und pflanzliche Hormone)
- Mechanismen des Transports und der Informationsübertragung
- Stoffwechsel der Nukleotide und Nukleinsäuren
- Struktur und Vererbung der Erbinformation
- Regulation der Transkription und posttranskriptionelle Modifikationen
- Regulation der Proteinbiosynthese sowie Faltung, Assemblierung, Transport und Degradation von Proteinen
- Protein-Interaktionen und Protein-Kaskaden
- Makroskopische Physiologie der Organismen (Stofftransport, Gasaustausch, etc.)
- Hormone und Endokrinologie

1c Zell- und Entwicklungsbiologie

- Innere und äußere Organisation einer Zelle als Grundeinheit des Lebens
- Aufbau und Biogenese biologischer Membranen, Kompartimente und Organellen
- Funktionelle Elemente einer Zelle im Vergleich zwischen Prokaryot, Tier, Pilz und Pflanze
- Zelluläre Filamente und Zytoskelett
- Funktionelle Zusammenhänge zellulärer Bestandteile
- Entwicklungsbiologie ausgewählter Modellorganismen
- Ausgewählte molekulare Mechanismen der Steuerung von Determinations- und Differenzierungsprozessen
- Etablierung embryonaler Achsensysteme
- Histologie und Zytologie
- Beispiele der Mechanismen von Morphogenese und Organogenese
- Zusammenhänge von Ontogenese und Evolution
- Stammzellen und Zelldifferenzierung

1d Zoologie

- Phylogenie, Bau und Funktion der wichtigsten Tiergruppen
- Taxonomie (Methoden/Theorien), Kurzcharakteristik der Stämme des Tierreiches
- Artenkenntnis und Bestimmung der Arten im Freiland und im Labor
- Struktur tierischer Organe und Gewebe, Fortpflanzung, Ontogenese, Skelettsysteme, Integument, Atmung, Kreislauf, Verdauung, Exkretion, Sinnesorgane, Kommunikationssysteme
- Neurobiologie (Typen von Nervensystemen, Entstehung, Evolution und Diversität von Nervensystemen, neuronale Steuerung des Verhaltens)
- Mechanismen der Sensorik und Motorik
- Grundlagen der Zoogeographie und Evolution der Tiere
- Grundkenntnisse zum Verhalten von Tieren
- Grundlagen der Immunologie und Infektionsbiologie
- Grundlagen der Verhaltensbiologie (Verhaltensweisen auf proximaler und ultimer Ebene, Lernmechanismen und Verhaltensontogenie, Kommunikationsformen, Sozialverhalten)

1e Botanik

- Phylogenie, Taxonomie und Systematik der wichtigsten Landpflanzen (exkl. Algen)
- Morphologie pflanzlicher Organismen
- Struktur pflanzlicher Organe, Gewebe und Zellen
- Bau und Funktion ausgewählter Pflanzen einschließlich der Entwicklungskreisläufe
- Physiologie der Pflanzen (Photosynthese, molekulare Mechanismen der Anpassung an die Umwelt)
- Kenntnis der wichtigsten heimischen und außereuropäischen Pflanzenfamilien
- Aneignung praktischer Fertigkeiten zur Bestimmung von Pflanzenarten und zur Präparation pflanzlicher Objekte
- Grundlagen der Phytogeographie und Evolution der Pflanzen

1f Mykologie, Algen und Protisten

- Phylogenie, Taxonomie und Systematik der wichtigsten Pilzgruppen und eukaryotischen Mikroorganismen (Algen, Protisten) nach aktuellen phylogenetischen Erkenntnissen; inkl. Flechten
- Morphologie, Lebenszyklen, und Fortpflanzung von Pilzen, Algen und Protisten
- Rolle der Pilze, Algen und Protisten im Ökosystem inkl. Symbionten, Destruenten, Parasiten, Pathogene
- Bau und Funktion ausgewählter Pilze einschließlich der Entwicklungskreisläufe
- Physiologie der Pilze anhand ausgewählter Beispiele
- Kenntnis der wichtigsten heimischen und außereuropäischen Gruppen und Diversität der Pilze, Algen und Protisten
- Aneignung praktischer Fertigkeiten zur Bestimmung und Kultur von Pilzen, Algen und Protisten

1g Mikrobiologie

- Phylogenie, Taxonomie und Systematik pro- und eukaryotischer Mikroorganismen
- Zellbiologie, Physiologie, Regulation und Signaltransduktion bei pro- und eukaryotischen Mikroorganismen
- Mikrobieller Energiestoffwechsel
- Grundlagen der Molekulargenetik der pro- und eukaryotischen Mikroorganismen
- Bedeutung der Mikroorganismen in globalen Stoffkreisläufen, Mikrobiome
- Einsatz von Mikroorganismen in der Umweltmikrobiologie und Biotechnologie
- Verständnis grundlegender Pathogenitätsmechanismen bei pro- und eukaryotischen Mikroorganismen
- Kenntnis und sicherer Umgang mit Biostoffen inklusive Gefährdungsbeurteilung und Einteilung in Schutzstufen

1h Ökologie

- Analyse und Energiehaushalt der Biosphäre, biogeochemische Kreisläufe
- Grundlegende Kenntnisse über die Interaktion von Organismen mit ihrer biotischen und abiotischen Umwelt (Lebensraumsprüche, Anpassungen, Symbiose, Kommensalismus, Parasitismus)
- Ökophysiologie und Umweltanpassung auf metabolischer Ebene
- Bioindikation
- Verständnis für ökologische Zusammenhänge und Modelle im Zusammenhang mit aktuellen Umweltfragen
- Grundlegende Konzepte: Ökologische Nische, Stress, Populationswachstum, Konkurrenz, Räuber-Beute-Dynamik
- Grundkenntnisse über die Struktur und Funktion von Ökosystemen

- Angewandte Ökologie (Biodiversitätsforschung, anthropogene Auswirkungen, ökonomische Aspekte)

1i Evolutionsbiologie

- Geschichtlicher Überblick der Evolutionstheorie von Darwin bis heute
- Evolution in Raum und Zeit: Geschichte des Lebens, Fossilbefund; biogeographische Zusammenhänge
- Populationsbiologie und -genetik
- Evolution adaptiver traits, Evo-Devo
- Molekulare Evolution
- Umfassende Kenntnis von Konzepten der Artbildung, Artbegriff, Hybridisierung, mit kritischer Diskussion
- Koevolution, biotische Interaktionen aus evolutionärer Sicht
- Evolution und Reproduktion (Fitness; Paradox of sex; sexuelle Selektion)
- Evolutionstheorie und Gesellschaft (Auseinandersetzung mit Gegnern der Evolutionstheorie)

2. Naturwissenschaftliche Grundlagen

Für das tiefere fachliche Verständnis der Biologie ist eine grundlegende naturwissenschaftliche und mathematische Ausbildung essentiell. Diese bezieht sich vor allem auf die Chemie, Physik sowie 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, typische Verbindungen der Hauptgruppenelemente, Nebengruppenelemente, Komplexe, Metalle in Lebensvorgängen)
- Quantitative und Instrumentelle Analyse (Titrationen und apparative Methoden), Standardreaktionen (Reagenzglasversuche)

2b. Organische Chemie

- Grundkenntnisse der Organischen Chemie, Stoffchemie (z.B. Kohlenwasserstoffe, funktionelle Gruppen, Carbonylverbindungen, Polysaccharide, Aminosäuren, Peptide, Heterocyclen, Nukleinsäuren), Reaktionsmechanismen (z.B. radikalische, nucleophile und elektrophile Substitution, Polarisierte Bindung, Eliminierungen, Reaktionen der Carbonylverbindungen sowie an CC-Mehrfachbindungen, Oxidationen und Reduktionen).
- Erkennen der Zusammenhänge zwischen molekularer und räumlicher Struktur, Bindungskräften, stofflichen Eigenschaften und Reaktivität, Kenntnis wichtiger Reaktionstypen, Stoffgruppen und technischer Herstellungsverfahren, Kenntnis der wichtigsten Naturstoffklassen und deren Bedeutung.

2c. Physik und Physikalische Chemie

- Grundkenntnisse in biologierelevanten Bereichen der Experimentalphysik: Mechanik und Thermodynamik (Bindungsgleichgewichte), ideale und reale Gase, Aggregatzustände und Phasenübergänge, Lösungen und Mischphasen, Gemische und Trennverfahren,
- Elektrizität und (Elektro-)Magnetismus, Schwingungen und Wellen, Optik
- 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

2d. Mathematik, Statistik und Informatik

- Funktionale Zusammenhänge, Differentiation und Integration von Funktionen mit einer und mehreren 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

Regularien, Sicherheit und Regeln Guter Praxis

Biologische Sicherheit ist essentieller Bestandteil der Ausbildung in den Lebenswissenschaften. Sicherheitsrelevante Themen im Rahmen fachübergreifender Inhalte sind:

- Einführung in maßgebliche Gesetze (G), Verordnungen (V) und sonstige Regelungen (z.B. ArbeitsschutzG, InfektionsschutzG, BiostoffV, GefahrstoffV, GentechnikG, Natur- und UmweltschutzG, StrahlenschutzG, TierschutzG und TierschutzG-VersuchstierV, Access and Benefit Sharing / Nagoya Protokoll, Laborrichtlinien, Technische Regeln zum Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen (TRBA))
- Sicherheit und Gesundheitsschutz in Labor und /oder Klinik
- Sorgfaltspflichten, Organisation, Haftung, Verantwortung
- Sicherheitsaspekte und Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten im Labor (z.B. GLP, Unterweisung der Beschäftigten, Betriebsanweisung, Bau und Ausrüstung)
- Gefährdungsbeurteilung von Biostoffen und Arbeitsstoffen
- Erkennung und Beachtung von Hygienekriterien sowie Maßnahmen zu deren Einhaltung
- Bewusstseinsbildung / „Awareness Raising“ – Bewertung von Erkenntnissen und Entwicklungen im Fach hinsichtlich möglicher Konsequenzen (Nutzen und Gefahren) für Umwelt und Gesellschaft

Weitere Studieninhalte können Spezialaspekte im Fachgebiet erläutern, aus verwandten Fachgebieten stammen oder fachübergreifende Inhalte haben. Sie sollten jeweils erkennbar zur Erreichung der jeweiligen fachlichen Studiengangziele und des angestrebten Qualifikationsniveaus beitragen.

Eine optimale Berufsvorbereitung kann auch durch die curriculare Integration behördlich anerkannter Zertifikate für den Erwerb der Sach- bzw. Fachkunde erreicht werden (z.B. Sachkunde als Projektleiter, als Beauftragter für die Biologische Sicherheit gem. §28 GenTSV, Sachkunde im Tierschutz gem. §§7f TierSchG bzw. §16 & Anhg.1 TierSchVersV, Fachkunde im Strahlenschutz gem. §§30ff StrlSchV/§§13-15 RöV), Fachkunde gem. §2(11) BioStoffV & TRBA200); Kurse zu Hygieneverordnung und Infektionsschutz. Dabei ist zu beachten, dass bestimmte Tätigkeiten und Verantwortlichkeiten an ein Vollstudium (mind. 10 Semester) bzw. an eine nachgewiesene Berufspraxis (z.B. 3 Jahre Promotion) gekoppelt sein können.

Curriculare Anforderungen an Bachelorstudiengänge

Folgende Punkte sind als Hilfen für die Gestaltung der Curricula von biowissenschaftlichen Bachelorstudiengängen formuliert:

- Ein markanter Anteil an fachbezogenen Modulen, der angemessen und ausreichend die Erreichung der Studiengangziele gewährleistet.
- Ein ausreichend hoher Anteil an Modulen zur praktischen Anwendung und Vertiefung erworbener Lerninhalte in den Präsenzteilen des Studiums zur Erlangung praktischer Methodenkompetenz (z. B. Experimentalpraktika, Übungen, Projektarbeiten, Exkursionen und ggf. Geländepraktika). Diese können als typisches, gemeinsames Merkmal auf dem ansonsten weiten Feld der Biowissenschaften gelten. Antragsteller werden gebeten, im Selbstbericht den Anteil der Demonstrations- und Experimentalpraktika auszuweisen.
- Fachübergreifende Schlüsselqualifikationen werden, soweit möglich, in fachwissenschaftlichen Zusammenhängen erworben (z.B. wissenschaftliche Recherche, Fachenglisch, Kommunikations- und Managementkompetenzen, Regeln Guter Praxis, ethische Aspekte, Gesellschaftliche Relevanz).
- Die Bachelorarbeit kann insbesondere im Hinblick auf die zu erreichende Berufsbefähigung und den typischen Merkmalen biowissenschaftlicher akademischer Ausbildung mit einer vorgelagerten, experimentellen Phase verbunden sein.

Ein weites Feld berufsbefähigender Spezialisierungsmöglichkeiten ergibt sich durch die Integration naturwissenschaftlicher oder medizinischer Themen sowie von wirtschaftswissenschaftlicher, pädagogischer oder publizistischer Lehrveranstaltungen in ansonsten allgemein qualifizierende biowissenschaftlichen Bachelorstudiengänge. Wird in besonders spezialisierenden Studiengängen auf sonst als grundlegend erachtete Inhalte verzichtet, so sollte auf Einschränkungen hinsichtlich der Wahl konsekutiver Masterprogramme ausdrücklich hingewiesen werden.

3. Schlüsselkompetenzen

- Regularien für Tätigkeiten im biowissenschaftlichen Bereich (Gentechnik, Strahlenschutz, Tierschutz, Natur- und Umweltschutz, Biostoffe, Gefahrstoffe, Umgang mit biologischen Arbeitsstoffen)
- Allgemeine Regeln „Guter wissenschaftlicher Praxis“ inkl. Sorgfalts- und Organisationspflichten am Arbeitsplatz (Gefährdung und Gefährdungsbeurteilung, Sicherheitsaspekte und Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten im Labor, Unterweisungen und Betriebsanweisungen, Arbeits- und Unfallschutz, Kenntnisse über Laboreinrichtungen und Sicherheitsaspekte technischer Geräte)
- Selbstkompetenz, soziale und kommunikative (auch interkulturelle) Kompetenzen, (Projektmanagement, Reflexivität, Selbstständigkeit, Lernkompetenz),
- Verfassen wissenschaftlicher Arbeiten unter den Gesichtspunkten der kritischen Auseinandersetzung mit eigenen und fremden Daten sowie korrekten Zitierens

Curriculare Anforderungen an Masterstudiengänge

Folgende Punkte sind als Hilfen für die Gestaltung der Curricula von biowissenschaftlichen Masterstudiengängen formuliert:

- Aufgrund der fachlichen Diversifizierung biowissenschaftlicher Studiengänge v. a. auf der Masterebene kommt den Zulassungsvoraussetzungen unter Berücksichtigung der fachlichen Vorbildung und Maßnahmen zur Angleichung heterogener Vorbildungen eine besondere Bedeutung zu. Wesentlich ist ein schlüssiges Gesamtkonzept, das eine qualitativ hochwertige Ausbildung zum Ziel hat und die Studierenden dabei individuell unterstützt, ggf. fehlende Vorkenntnisse angleichen zu können.
- Ein signifikanter, den angestrebten Lernergebnissen angemessener Anteil praktischer Arbeiten in den Präsenzanteilen des Studiums sichert das Erreichen einer soliden praktischen Methodenkompetenz (z. B. Experimentalpraktika, Übungen, Projektarbeiten, Exkursionen und ggf. Geländepraktika). Diese können als typisches, gemeinsames Merkmal auf dem ansonsten weiten Feld der Lebenswissenschaften gelten. Antragsteller werden gebeten, im Selbstbericht den Anteil der Demonstrations- und Experimentalpraktika auszuweisen.
- Die Möglichkeit für **Externe Praktika** ist für die Berufsorientierung hilfreich und erhöht die Chancen für den erfolgreichen Berufseinstieg.
- Aufgrund der fachlichen Breite und den vielfachen Spezialisierungsmöglichkeiten kommt dem Grundsatz der Kongruenz von Bezeichnung, Zielsetzung und inhaltlicher Ausgestaltung des Studiengangs bei Masterstudiengängen besondere Bedeutung zu.
- Master-Programme werden zunehmend für internationale Studierende gestaltet und sollen angemessen auf den internationalen Arbeitsmarkt vorbereiten. Englischsprachige Lehr-Veranstaltungen und eine flexible Gestaltung, die ausreichende Möglichkeiten für Auslandsaufenthalte während des Studiums ermöglichen, sind dafür hilfreich.

Korrespondenzadressen:

<p>PD Dr. Alois Palmethofer Sprecher der Konferenz Biologischer Fachbereiche Koordinator BioCareers Fakultät für Biologie Biozentrum der Universität Würzburg Am Hubland; B003, 97074 Würzburg Tel. (+49) 0931-31-84239 a.palmetshofer@uni-wuerzburg.de</p>	<p>Dr. Carsten Roller Ressortleiter Ausbildung&Karriere Verband Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland – VBIO e.V. Geschäftsstelle München Corneliusstr. 12, 80469 München Tel.: (+49) 089-260245-73, Fax: -74 roller@vbio.de</p>
--	--