



# LEHRPLAN BIOLOGIE

Grund- und Leistungsfach in der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe)



Foto: © BillionPhotos.com/stock.adobe.com

---

# IMPRESSUM

**Herausgeber:**

Ministerium für Bildung  
Mittlere Bleiche 61  
55116 Mainz

Telefon: 06131 16-0 (zentraler Telefondienst)  
Telefax: 06131 16-2997  
E-Mail: [poststelle@bm.rlp.de](mailto:poststelle@bm.rlp.de)  
Web: [www.bm.rlp.de](http://www.bm.rlp.de)

**Verantwortlich:**

Volker Tschiedel, Ministerium für Bildung

**Redaktion:**

Barbara Dolch, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

**Skriptbearbeitung:**

Ute Nagelschmitt, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

**Satz und Layout:**

Silvia Kuhn, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

**Erscheinungstermin: 2022**

© Ministerium für Bildung

# INHALT

	<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Gesamtkonzeption des Lehrplans Biologie für die gymnasiale Oberstufe</b>	<b>4</b>
1.1	Bildungsbeitrag des Faches Biologie	4
1.2	Bildungsstandards und Lehrplankonzeption	6
<b>2</b>	<b>Kompetenzmodell der Bildungsstandards für das Fach Biologie</b>	<b>8</b>
2.1	Sachkompetenz	8
2.2	Erkenntnisgewinnungskompetenz	10
2.3	Kommunikationskompetenz	12
2.4	Bewertungskompetenz	13
2.5	Basiskonzepte	14
<b>3</b>	<b>Hinweise zur Handhabung des Lehrplans</b>	<b>16</b>
3.1	Differenzierung in Grund- und Leistungsfach	16
3.2	Bausteinprinzip	16
3.3	Zeitansatz von Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen	18
3.4	Einführungs- und Qualifikationsphase	18

<b>4</b>	<b>Leitthemen<sup>1</sup></b>	<b>19</b>
4.1	Leben und Energie	22
4.2	Genetische Grundlagen des Lebens	32
4.3	Entstehung und Entwicklung des Lebens	41
4.4	Lebewesen in ihrer Umwelt	50
4.5	Informationsverarbeitung in Lebewesen	61
<b>5</b>	<b>Kompetenzorientierter Unterricht</b>	<b>70</b>
5.1	Strukturierung und Kompetenzentwicklung	70
5.2	Strukturierungsvorschläge und Kompetenzraster – exemplarisch	71
	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>94</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>95</b>
	<b>Mitglieder der fachdidaktischen Kommission</b>	<b>96</b>

---

1 Im Dokument werden die Leitthemen teilweise mit „LT“ abgekürzt.

# VORWORT



Foto: Peter Bajer

Liebe Leserinnen und Leser,

die 20er Jahre des 21. Jahrhunderts haben die fundamentale Bedeutung der Naturwissenschaften für das Verständnis unserer Welt schon an ihrem Anfang mehr als deutlich gemacht. Die Auswirkungen der Klimakrise, Energieknappheit und die Corona-Pandemie haben gezeigt: Wer die Welt des 21. Jahrhunderts mit all ihren Herausforderungen, aber auch ihren Durchbrüchen in Forschung und Entwicklung verstehen und gestalten will, braucht naturwissenschaftliche Kompetenzen. Die Klimakrise bewältigen, Biodiversität stärken, auf neue Arten der Energiegewinnung oder Mobilität umstellen – all das braucht die Naturwissenschaften und naturwissenschaftliches Verständnis und all das wird unser Land in den kommenden Jahren prägen.

Junge Menschen zur Gestaltung der Zukunft zu befähigen, heißt deshalb auch und besonders, ihnen die notwendigen Kenntnisse und Fähigkeiten aus dem Feld der Naturwissenschaften zu vermitteln.

Dass die im Jahr 2020 von der Kultusministerkonferenz verabschiedeten Bildungsstandards diese große Bedeutung der Naturwissenschaften für die Durchdringung unserer Welt unterstreichen, ist deshalb richtig und folgerichtig.

Diese Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife zu konkretisieren, ist die Aufgabe der vorliegenden Lehrpläne Biologie, Chemie und Physik. Sie knüpfen dabei im Sinne einer kontinuierlichen Kompetenzentwicklung nahtlos an die Lehrpläne der Sekundarstufe I an.

Wo es angezeigt ist, wird eine Strukturierung der Inhalte vorgegeben, wobei die Lehrkräfte eine möglichst große Freiheit zur eigenverantwortlichen Gestaltung und Anpassung des Unterrichts an die jeweilige Lerngruppe haben.

Mit den neuen Lehrplänen für die Sekundarstufe II werden auch zentrale Elemente in den schriftlichen Abiturprüfungen in Biologie, Chemie und Physik eingeführt. Die Konzeption der Lehrpläne stellt die Behandlung aller prüfungsrelevanten Themen in den Pflichtbausteinen sicher. Der modulare Aufbau mit Wahlpflicht- und Wahlbausteinen ermöglicht dabei weiterhin eine individuelle Schwerpunktsetzung unter Berücksichtigung der Interessen der Lernenden.

Mein Dank gilt den Fachdidaktischen Kommissionen für ihre engagierte Arbeit an diesen Lehrplänen und für ihren Einsatz bei der Weiterentwicklung des naturwissenschaftlichen Unterrichts in Rheinland-Pfalz.

Ich danke auch allen Beteiligten aus Wissenschaft, Lehrerbildung und Schule, die in vielen Fachrunden, Arbeitstreffen und im Anhörungsverfahren die Lehrplanentwicklung mit ihrer Expertise begleitet und mit wertvollen Anregungen bereichert haben.

Ich wünsche allen Lehrkräften viel Freude und Erfolg dabei, mit Hilfe der vorliegenden Lehrpläne den Fachunterricht in den Naturwissenschaften zu gestalten und zum Verständnis der Welt beizutragen.

Stefanie Hubig

Dr. Stefanie Hubig  
Ministerin für Bildung des Landes Rheinland-Pfalz

# 1 GESAMTKONZEPTION DES LEHRPLANS

## BIOLOGIE FÜR DIE GYMNASIALE OBERSTUFE

### 1.1 Bildungsbeitrag des Faches Biologie

Der Bildungsbeitrag des Faches Biologie erfasst sowohl allgemeine und fachliche Zielsetzungen als auch den Kompetenzerwerb im Bereich der nachhaltigen Entwicklung. Darüber hinaus werden Aspekte der digitalen Bildung umgesetzt.

Naturwissenschaften und Technik prägen durch ihre spezifischen Denk- und Arbeitsweisen und die gewonnenen Erkenntnisse grundlegend unsere moderne Gesellschaft. Sie machen somit einen bedeutenden Teil unserer kulturellen Identität aus. Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und der daraus resultierenden Anwendung führt zu Fortschritten in vielen Bereichen. Außerdem bergen naturwissenschaftlich-technische Entwicklungen auch Risiken und Gefahren, die erkannt, beurteilt und bewertet werden müssen. In einer sich wandelnden Welt sind Schülerinnen und Schüler mit Herausforderungen wie Klimawandel und neuen Krankheiten konfrontiert. Naturwissenschaftlicher Unterricht leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Allgemeinbildung und befähigt junge Menschen als mündige Bürgerinnen und Bürger aktiv an gesellschaftlichen Diskussionen über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung teilzunehmen.<sup>2</sup>

Die Biologie als Lebenswissenschaft hat sich im Laufe der Zeit von einer eher deskriptiven zu einer erklärenden Wissenschaft entwickelt. Kausalitätszusammenhänge und Funktionsprinzipien rücken zunehmend ins Zentrum der Betrachtungen. Die biologische Evolution gilt dabei als das vereinigende, übergreifende Erkenntnisprinzip der Lebenswissenschaften.<sup>3</sup> Die Evolutionsbiologie liefert Erkenntnisse zum Selbstverständnis des Menschen, seiner Gesundheit, seinen Interaktionen mit der Umwelt, seinem ökonomischen Handeln und seiner kulturellen Entwicklung.<sup>4</sup> Damit unterstützt die biologische Fachkompetenz Lösungsansätze aktueller technischer, medizinischer, globaler und lokaler ökologischer wie auch sozialer Probleme.

Praxisorientierte und empirisch-experimentelle Methoden beim Umgang mit Lebewesen verbunden mit Modell- und Theoriebildung führen in biologische Denk- und Arbeitsweisen ein und leisten dadurch einen Beitrag zur Wissenschaftspropädeutik.

---

<sup>2</sup> Vgl. Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Carl Link. 2020, S. 9ff.

<sup>3</sup> Vgl. Evolutionsbiologische Bildung in Schule und Hochschule. Bedeutung und Perspektiven. Leopoldina. Nationale Akademie der Wissenschaften. 2017, S. 8.

<sup>4</sup> Ebd., S. 6.

Ein überfachliches Ziel des Biologieunterrichts der Sekundarstufe II ist die Berücksichtigung des Weltaktionsprogramms „**Bildung für nachhaltige Entwicklung**“ (BNE)<sup>5</sup> der Kultusministerkonferenz 2016. Durch dieses sollen Schülerinnen und Schüler in Lernprozessen Kompetenzen entwickeln, die sie dazu befähigen, kritisch zu analysieren, fundiert zu urteilen und im Einklang mit nachhaltiger Entwicklung verantwortungsbewusst zu handeln, um den aktuellen Herausforderungen der globalen Gesellschaft gerecht zu werden. Im Zentrum steht dabei der Zusammenhang zwischen Globalisierung und Konsum, wirtschaftlichen Veränderungen, Umweltbelastungen, sozialen Verhältnissen und politischen Entscheidungen. Der vorliegende Lehrplan weist die BNE-spezifischen Inhalte, insbesondere im Bereich ökologischer Themen, explizit aus und bietet dadurch mögliche Anknüpfungspunkte für projektorientierte und fachübergreifende Lernvorhaben.

Die Bundesländer haben sich mit der Strategie „**Bildung in der digitalen Welt**“<sup>6</sup> der Kultusministerkonferenz 2016 auf einen verbindlichen Rahmen zur Erweiterung des Bildungsauftrages in einer zunehmend von Digitalisierung geprägten Gesellschaft verständigt. Schule trägt dazu bei, die Schülerinnen und Schüler für die selbstbestimmte Teilhabe an der digitalen Welt zu befähigen. Die Strategie formuliert dabei Kompetenzbereiche<sup>7</sup> für die digitale Welt.

Jedes Unterrichtsfach, so auch die Biologie, bietet spezifische Zugangsmöglichkeiten zu den Kompetenzen in der digitalen Welt. Diese sind damit integrativer Teil der Fachcurricula. Neben allgemeineren Kompetenzen im Bereich der **Recherche, Dokumentation, Präsentation, Kommunikation/Kollaboration und Bewertung** gilt es die fachspezifischen digitalen wie auch die technischen Kompetenzen zu schulen. Insbesondere naturwissenschaftliche Forschungsmethoden sind in hohem Maße von Digitalisierung geprägt. Dazu gehören: **Messwert-** und **Datenerfassung** bzw. **Datenverarbeitung, Simulation** und **Modellierung**. Die sinnvolle Einbindung digitaler Lernumgebungen erfordert damit auch in der Biologie eine entsprechende Gestaltung der Lehr- und Lernprozesse. Tradierte Lehr- und Lernformen werden dabei durch den Einsatz verschiedener Technologien erweitert, transformiert und zu neuen Wegen des Lernens geführt. Der Einsatz digitaler Lernwerkzeuge ermöglicht zudem die Stärkung eines schülerzentrierten Unterrichts sowie eines individuellen und selbstgesteuerten Lernprozesses.

---

5 <https://www.kmk.org/themen/allgemeinbildende-schulen/weitere-unterrichtsinhalte-und-themen/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung.html>.

6 <https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>.

7 Kompetenzbereiche: 1. Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren; 2. Kommunizieren und Kooperieren; 3. Produzieren und Präsentieren; 4. Schützen und sicher Agieren; 5. Problemlösen und Handeln; 6. Analysieren und Reflektieren.

## 1.2 Bildungsstandards und Lehrplankonzeption

Die „**Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife**“ der Kultusministerkonferenz 2020<sup>8</sup> bilden als abschlussbezogene und in allen Ländern verbindliche Zielvorgabe eine wichtige Grundlage für die Gestaltung des Lehrplans. Sie spezifizieren fachbezogene **Kompetenzen**, die im Unterricht des Faches Biologie entwickelt werden sollen. Diese stellen eine Weiterentwicklung der naturwissenschaftlichen Kompetenz auf Basis der Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss dar. Grundlage ist dabei das Kompetenzmodell der Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife: Die biologische **Fachkompetenz** ergibt sich aus dem Zusammenwirken der Kompetenzen in den Bereichen **Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz**. Diese vier Kompetenzbereiche lassen sich nicht streng voneinander abgrenzen, sondern sie durchdringen und ergänzen einander. Die Entwicklung der biologischen Fachkompetenz ist unter Einbeziehung dieser vier Kompetenzbereiche durchgängiges Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Kompetenzen können dabei nur in der Auseinandersetzung mit **Fachinhalten**, also dem handelnden Umgang mit Wissen, erworben werden.

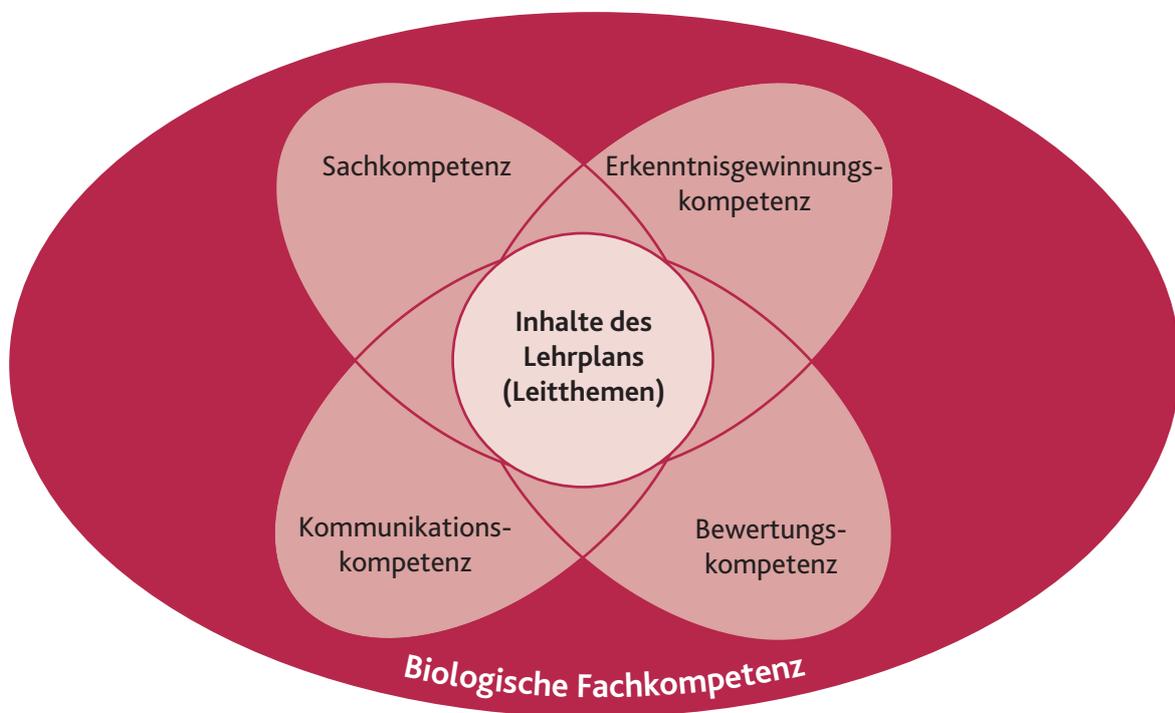


Abb. 1: Kompetenzmodell

<sup>8</sup> [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2020/2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Biologie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf).

Darüber hinaus liegen der Beschreibung biologischer Sachverhalte fachspezifische Prinzipien zugrunde, die sich in Form von **Basiskonzepten** strukturieren lassen. Diese werden ergänzend zur Darstellung der Kompetenzbereiche in den Bildungsstandards abgebildet. Sie ermöglichen eine Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus unterschiedlichen Perspektiven.

Der vorliegende Lehrplan Biologie für die gymnasiale Oberstufe berücksichtigt die Vorgaben der Bildungsstandards, indem die Standard-Formulierungen für die einzelnen Kompetenzbereiche in Kapitel 2 im Wortlaut wiedergegeben werden.

Die Vielfalt der Biologie wird durch fünf **Leitthemen**<sup>9</sup> widergespiegelt. Diese bilden die Grundlage für die Modularität des Lehrplans. Die Auswahl der Leitthemen erfolgt dabei so, dass ein hohes Maß an fachwissenschaftlichen Einsichten in die Struktur und Funktion lebender Systeme im Rahmen der theoretischen Biologie vermittelt werden kann. „Aufgrund der Eigenschaften lebender Systeme können die Forschungsgegenstände der Biologie insgesamt nur in Abhängigkeit von Komplexität (Systemtheorie) und Zeit (Evolutionstheorie) verstanden werden“<sup>10</sup> daher steht die **Synthetische Evolutionstheorie** bei der Auswahl der Themen gleichberechtigt neben der **Systemtheorie**.

Der Lehrplan ist didaktisch-methodisch offen angelegt. Diese Offenheit wird einerseits durch die inhaltliche Gliederung in frei zu kombinierende Leitthemen, andererseits durch das System eines modularen Baukastens mit **Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen** erzielt. Die Pflichtbausteine umfassen im Wesentlichen Orientierungs- und Erweiterungswissen sowie fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen. Des Weiteren garantieren sie ein einheitliches Grundwissen entsprechend den Vorgaben der Bildungsstandards. Der **Praxisbezug** bei den Pflichtbausteinen ist vor allem dem Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung zuzuordnen. Die Wahlpflichtbausteine enthalten überwiegend Erweiterungs- und Vertiefungswissen, greifen fachübergreifende Aspekte sowie aktuelle Forschung auf. Ihre Vielzahl ermöglicht eine maximale Gestaltungsfreiheit für die Lehrenden.

Darüber hinaus ermöglicht der Lehrplan die Umsetzung eines **kompetenzorientierten** Biologieunterrichts mit inhaltlicher und methodischer Vielfalt unter Einbeziehung aktueller Themen und einer großen Auswahl von Unterrichts- und Sozialformen, bei gleichzeitiger Vernetzung mit schüler- und gesellschaftsorientierten Interessen und relevanten Problemen.

---

9 Im Dokument werden die Leitthemen teilweise mit „LT“ abgekürzt.

10 Lübeck, Michael: Basiskonzepte der Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht. Waxmann 2020, S. 28.

## 2 KOMPETENZMODELL DER BILDUNGS- STANDARDS FÜR DAS FACH BIOLOGIE<sup>11</sup>

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen, die Lernende bis zum Ende der Qualifikationsphase erwerben sollen. Diese werden im Unterricht sowohl auf grundlegendem als auch auf erhöhtem Anforderungsniveau entwickelt.

Unterricht auf grundlegendem Anforderungsniveau repräsentiert gemäß der Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung (i. d. F. vom 15.02.2018, Ziffer 3.2) „das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung. Unterricht mit erhöhtem Anforderungsniveau repräsentiert das Lernniveau der gymnasialen Oberstufe unter dem Aspekt einer wissenschaftspropädeutischen Bildung, die exemplarisch vertieft wird.“

Der Unterschied in den Anforderungen der beiden Anforderungsniveaus liegt im Umfang und in der Tiefe der gewonnenen Kenntnisse und des Wissens über deren Verknüpfungen. Zudem unterscheiden sie sich im Maß der Selbststeuerung bei der Bearbeitung von Problemstellungen.

Das erhöhte Anforderungsniveau zeichnet sich durch eine Zunahme von Komplexität, Abstraktheit, Breite und Tiefe sowie Differenziertheit aus. Dies äußert sich im Biologieunterricht im Bereich der Sachkompetenz darin, dass im Vergleich zum grundlegenden Niveau zu bestimmten Themen mehr Sachverhalte in höherer Komplexität und Tiefe betrachtet werden. Im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz bedingt das erhöhte Anforderungsniveau eine höhere Komplexität der bearbeiteten Fragestellungen, ihrer Umsetzung in konkreten Denk- und Arbeitsweisen sowie eine vertiefte Reflexion des Prozesses der Erkenntnisgewinnung. Die Lernenden des erhöhten Anforderungsniveaus besitzen im Bereich der Kommunikationskompetenz ein umfangreicheres Fachvokabular und sind in der Lage, Fachtexte zu komplexeren Inhalten zu verstehen. Im Bereich der Bewertungskompetenz von naturwissenschaftlichen Sachverhalten können Lernende auf erhöhtem Anforderungsniveau komplexere Argumente mit Belegen heranziehen und damit eigene Standpunkte differenzierter begründen.

Im Folgenden werden die einzelnen Kompetenzbereiche definiert und näher beschrieben. Sie werden in Form von Standards präzisiert.<sup>12</sup> Dabei gelten die formulierten Standards für beide Anforderungsniveaus. Die Inhalte, an denen die Kompetenzen erworben werden, sind im Kapitel 4 aufgeführt.

### 2.1 Sachkompetenz

Die Sachkompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis naturwissenschaftlicher Konzepte, Theorien und Verfahren und der Fähigkeit, diese zu beschreiben und zu erklären sowie geeignet auszuwählen und zu nutzen, um Sachverhalte aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen zu verarbeiten.

---

<sup>11</sup> Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Carl Link. 2020, S. 13-19.

<sup>12</sup> Die Verben in den Standards beschreiben zu erwerbende Kompetenzen. Sie sind nicht gleichzusetzen mit Operatoren in Aufgaben, stehen aber nicht im Widerspruch zu diesen.

Lernende erhalten die Möglichkeit, im Bereich der Sachkompetenz fundiertes Wissen über biologische Sachverhalte wie beispielsweise Phänomene, Konzepte, Theorien und Verfahren zu erwerben und Kompetenzen im Sinne einer vertieften Allgemeinbildung aufzubauen. Diese Kompetenzen ermöglichen es ihnen, u. a. theoriegeleitet Fragen zu stellen sowie anspruchsvolle Problemstellungen im Zusammenhang mit biologischen Sachverhalten zu bewältigen bzw. Alltagsfragen zu naturwissenschaftlichen Sachverhalten zu beantworten. Im Rahmen der Erarbeitung von und der Auseinandersetzung mit biologiespezifischen Sachverhalten bekommen die Lernenden die Möglichkeit, fachliche und naturwissenschaftliche Kompetenzen aufzubauen.

Zur Sachkompetenz im Bereich der Biologie gehört das Beschreiben, Erklären, Erläutern sowie das theoriegeleitete Interpretieren von biologischen Phänomenen. Dabei werden Zusammenhänge strukturiert sowie qualitativ und quantitativ erläutert sowie Vernetzungen zwischen Systemebenen von der molekularen Ebene bis zur Ebene der Biosphäre aufgezeigt. Jede der Systemebenen beinhaltet häufig Eigenschaften, die in der vorherigen Ebene nicht erkennbar sind. Biodiversität wird auf der genetischen, organismischen und ökologischen Ebene beschrieben und die Notwendigkeit des Erhalts und Schutzes der Biodiversität wird mit der Bedeutung von Einheitlichkeit und Mannigfaltigkeit erläutert. Die Synthetische Evolutionstheorie wird als grundlegende Erklärungstheorie biologischer Phänomene genutzt. Möglichkeiten der Anwendung naturwissenschaftlichen Wissens zur Bewältigung aktueller und zukünftiger wissenschaftlicher, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Schlüsselprobleme werden erläutert; hier ergeben sich Überschneidungen zum Kompetenzbereich Bewertung.

### 2.1.1 Biologische Sachverhalte betrachten

Die Lernenden ...

- S 1 beschreiben biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht;
- S 2 strukturieren und erschließen biologische Phänomene sowie Anwendungen der Biologie auch mithilfe von Basiskonzepten;
- S 3 erläutern biologische Sachverhalte, auch indem sie Basiskonzepte nutzen und fachübergreifende Aspekte einbinden;
- S 4 formulieren zu biologischen Phänomenen sowie Anwendungen der Biologie theoriegeleitet Hypothesen und Aussagen.

### 2.1.2 Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten

Die Lernenden ...

- S 5 strukturieren und erschließen die Eigenschaften lebender Systeme auch mithilfe von Basiskonzepten und erläutern die Eigenschaften unter qualitativen und quantitativen Aspekten;
- S 6 stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen (Molekular- bis Biosphärenebene) dar;
- S 7 erläutern Prozesse in und zwischen lebenden Systemen sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt;
- S 8 erläutern die Entstehung und Bedeutung von Biodiversität sowie Gründe für deren Schutz und nachhaltige Nutzung.

## 2.2 Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Sie zeichnen sich insbesondere dadurch aus, dass sie der hohen Komplexität biologischer Systeme Rechnung tragen sowie dem Umstand, dass es sich um lebende Systeme handelt. Diese werfen, neben wissenschaftspropädeutischen, auch ethische Fragen auf. Die Grenzen dieser Methoden in ihrer Anwendung auf Lebewesen sind evidenzbasiert zu erarbeiten, und zwar in wissenschaftspropädeutischer und ethischer Hinsicht. Dabei besteht naturgemäß eine Verzahnung zum Kompetenzbereich Bewertung.

Wissenschaftliches Arbeiten in der Biologie umfasst im Sinne des hypothetisch-deduktiven Vorgehens ausgehend von einem Phänomen die Verknüpfung der folgenden Schritte:

- Formulierung von Fragestellungen,
- Ableitung von Hypothesen,
- Planung und Durchführung von Untersuchungen,
- Auswertung, Interpretation und methodische Reflexion zur Widerlegung bzw. Stützung der Hypothese sowie zur Beantwortung der Fragestellung.

Der Erkenntnisprozess ist in der Regel von Anfang an und durchgehend theoriebasiert, wobei auch explorative Erkenntnisprozesse wie das Entwickeln von Hypothesen zum wissenschaftlichen Vorgehen gehören.

Biologiespezifisch ist die Unterscheidung von funktionalen und kausalen wie auch von proximalen und ultimativen Erklärungsweisen.

Je nach Forschungsgegenstand und Fragestellung wird der hypothetisch-deduktive Erkenntnisprozess in verschiedenen biologischen Arbeitsweisen umgesetzt, nämlich dem Beobachten, Vergleichen/Ordnen, Experimentieren sowie Modellieren.

### 2.2.1 Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln

Die Lernenden ...

- E 1 beschreiben Phänomene und Beobachtungen als Ausgangspunkte von Untersuchungen;
- E 2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu biologischen Sachverhalten;
- E 3 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

### 2.2.2 Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen

Die Lernenden ...

- E 4 planen und führen hypothesengeleitete Beobachtungen, Vergleiche, Experimente und Modellierungen durch und protokollieren sie;
- E 5 berücksichtigen bei der Planung von Beobachtungen, Vergleichen, Experimenten sowie Modellierungen das jeweilige Variablengefüge;
- E 6 berücksichtigen die Variablenkontrolle beim Experimentieren;
- E 7 nehmen qualitative und quantitative Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus;
- E 8 wenden Labor- und freilandbiologische Geräte und Techniken sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an.

### 2.2.3 Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Lernenden ...

- E 9 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen;
- E 10 beurteilen die Gültigkeit von Daten und ermitteln mögliche Fehlerquellen;
- E 11 widerlegen oder stützen die Hypothese (Hypothesenrückbezug);
- E 12 diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen;
- E 13 reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung;
- E 14 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.

### 2.2.4 Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Die Lernenden ...

- E 15 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit);
- E 16 reflektieren die Kriterien wissenschaftlicher Wissensproduktion (Evidenzbasierung, Theorieorientierung);
- E 17 reflektieren Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung.

## 2.3 Kommunikationskompetenz

Die Kommunikationskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen. Biologisch kompetent Kommunizieren bedingt ein Durchdringen der Teilkompetenzbereiche Erschließen, Aufbereiten und Austauschen.

Das Erschließen umfasst die zielgerichtete und selbstständige Recherche zu biologischen Sachverhalten in analogen und digitalen Medien. Relevante, aussagekräftige Informationen und Daten werden ausgewählt und Informationen aus Quellen mittels verschiedener, auch komplexer Darstellungsformen erschlossen.

Zur Aufbereitung gehört die kriteriengeleitete Auswahl fach- und problembezogener Sachverhalte. Es folgen Strukturierung, Interpretation, Dokumentation auch mithilfe digitaler Werkzeuge in fachtypischen Darstellungsformen und die Ableitung von Schlussfolgerungen sowie die Angabe von Quellen. Dabei ist zwischen funktionalen und kausalen wie auch proximalen und ultimativen Erklärungen zu unterscheiden, ohne dabei unangemessene finale Begründungen zu nutzen.

Der Austausch individuell verarbeiteter Informationen erfolgt jeweils unter Verwendung der Fachsprache sowie sach- und adressatengerecht. Der eigene Standpunkt sowie Lösungsvorschläge werden klar und begründet mitgeteilt.

### 2.3.1 Informationen erschließen

Die Lernenden ...

- K 1 recherchieren zu biologischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus;
- K 2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen;
- K 3 prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen im Hinblick auf deren Aussagen;
- K 4 analysieren Herkunft, Qualität und Vertrauenswürdigkeit von verwendeten Quellen und Medien sowie darin enthaltene Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors.

### 2.3.2 Informationen aufbereiten

Die Lernenden ...

- K 5 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab;
- K 6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache;
- K 7 erklären Sachverhalte aus ultimativer und proximaler Sicht, ohne dabei unangemessene finale Begründungen zu nutzen;

- K 8 unterscheiden zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen;
- K 9 nutzen geeignete Darstellungsformen für biologische Sachverhalte und überführen diese ineinander;
- K 10 verarbeiten sach-, adressaten- und situationsgerecht Informationen zu biologischen Sachverhalten.

### 2.3.3 Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Lernenden ...

- K 11 präsentieren biologische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien;
- K 12 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate;
- K 13 tauschen sich mit anderen konstruktiv über biologische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt;
- K 14 argumentieren wissenschaftlich zu biologischen Sachverhalten kriterien- und evidenzbasiert sowie situationsgerecht.

## 2.4 Bewertungskompetenz

Die Bewertungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um Aussagen bzw. Daten anhand verschiedener Kriterien zu beurteilen, sich dazu begründet Meinungen zu bilden, Entscheidungen auch auf ethischer Grundlage zu treffen und Entscheidungsprozesse und deren Folgen zu reflektieren.

Bewertungskompetenz umfasst dabei die Fähigkeit, bewertungsrelevante Situationen wahrzunehmen und relevante Sachinformationen und Argumente und deren Herkunft sowie damit verbundene Werte zu identifizieren. In einem Bewertungsprozess werden Handlungsoptionen ausgewertet, Entscheidungen in Bezug auf biologische Aspekte aufgrund von gesellschaftlich akzeptierten und persönlich relevanten Werten und Normen getroffen, begründet sowie reflektiert.

### 2.4.1 Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Lernenden ...

- B 1 analysieren Sachverhalte im Hinblick auf ihre Bewertungsrelevanz;
- B 2 betrachten Sachverhalte aus unterschiedlichen Perspektiven;
- B 3 unterscheiden deskriptive und normative Aussagen;
- B 4 identifizieren Werte, die normativen Aussagen zugrunde liegen;
- B 5 beurteilen Quellen hinsichtlich ihrer Herkunft und in Bezug auf spezifische Interessenlagen;
- B 6 beurteilen Möglichkeiten und Grenzen biologischer Sichtweisen.

### 2.4.2 Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Lernenden ...

- B 7 stellen Bewertungskriterien auf, auch unter Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte;
- B 8 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie ab;
- B 9 bilden sich kriteriengeleitet Meinungen und treffen Entscheidungen auf der Grundlage von Sachinformationen und Werten.

### 2.4.3 Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Die Lernenden ...

- B 10 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen;
- B 11 reflektieren den Prozess der Bewertung aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive;
- B 12 beurteilen und bewerten Auswirkungen von Anwendungen der Biologie im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer, politischer und sozialer Perspektive.

## 2.5 Basiskonzepte

Der Beschreibung von biologischen Sachverhalten liegen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Die Basiskonzepte im Fach Biologie ermöglichen somit die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern.

Lebewesen sind offene Systeme, die in stofflichen, energetischen und informatorischen Wechselwirkungen mit ihrer Umwelt stehen, zu Selbstregulation fähig sind und sich individuell und evolutiv entwickeln. Daraus werden folgende Basiskonzepte für den Biologieunterricht abgeleitet: Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung, Information und Kommunikation, Steuerung und Regelung sowie individuelle und evolutive Entwicklung. Diese Basiskonzepte ermöglichen eine mehrperspektivische, vernetzte und vertiefte Herangehensweise an Themen und Problemstellungen des Biologieunterrichts und eine Fokussierung auf zentrale Aspekte innerhalb der Vielfalt biologischer Phänomene. Basiskonzepte lassen sich auf verschiedenen Systemebenen betrachten.

Basiskonzepte unterstützen durch das Entdecken gleicher Erklärungsmuster zum einen die Vertiefung der bis zum Mittleren Schulabschluss erworbenen Kompetenzen, zum anderen erleichtern sie den Aufbau neuer Kompetenzen, indem sie einen nachhaltigen und vernetzten Wissenserwerb fördern.

### 2.5.1 Struktur und Funktion

Das Basiskonzept Struktur und Funktion beschreibt den Sachverhalt, dass es zwischen einer Struktur und deren Funktion oft einen Zusammenhang gibt. Der Zusammenhang von Struktur und Funktion ist auf verschiedenen Systemebenen, von den Molekülen bis zur Biosphäre, relevant und gilt für Lebewesen und Lebensvorgänge. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. Kompartimentierung, Schlüssel-Schloss-Prinzip, Oberflächenvergrößerung, Gegenspielerprinzip, Gegenstromprinzip.

### 2.5.2 Stoff- und Energieumwandlung

Das Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung beschreibt den Sachverhalt, dass biologische Systeme offene, sich selbst organisierende Systeme sind, die im ständigen Austausch mit der Umwelt stehen. Alle Lebensprozesse benötigen Energie und laufen unter Energieumwandlungen ab. Lebewesen nehmen Stoffe auf, wandeln sie um und scheiden Stoffe wieder aus. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. Fließgleichgewicht, Stoffkreislauf, Energieentwertung, energetische Kopplung.

### 2.5.3 Information und Kommunikation

Das Basiskonzept Information und Kommunikation beschreibt den Sachverhalt, dass Lebewesen Informationen aufnehmen, weiterleiten, verarbeiten, speichern und auf sie reagieren. Kommunikation findet auf verschiedenen Systemebenen statt: In einem vielzelligen Organismus sind alle Organe, Gewebe, Zellen und deren Bestandteile beständig an der Kommunikation beteiligt. Auch zwischen Organismen findet Kommunikation auf vielfältige Weise statt. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. Signaltransduktion, Codierung und Decodierung von Information.

### 2.5.4 Steuerung und Regelung

Das Basiskonzept Steuerung und Regelung beschreibt den Sachverhalt, dass biologische Systeme viele Zustandsgrößen in Grenzen halten, auch wenn innere oder äußere Faktoren sich kurzfristig stark ändern. Dabei werden innere Zustände aufrechterhalten oder funktionsbezogen verändert. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. positive und negative Rückkopplung, Prinzip der Homöostase.

### 2.5.5 Individuelle und evolutive Entwicklung

Das Basiskonzept individuelle und evolutive Entwicklung beschreibt den Sachverhalt, dass sich lebende Systeme über verschiedene Zeiträume im Zusammenhang mit Umwelteinflüssen verändern. Die individuelle Entwicklung von Lebewesen und die Weitergabe ihrer genetischen Information durch Fortpflanzung sind die Grundlage für evolutive Entwicklung. Sexuelle Fortpflanzung führt zur Rekombination von genetischem Material und erhöht die genetische Variation. Zusammen mit Selektion ist genetische Variation eine wichtige Ursache für Artwandel. Innerhalb dieses Basiskonzeptes gibt es wesentliche Prinzipien, z. B. Zelldifferenzierung, Reproduktion, Selektion.

## 3 HINWEISE ZUR HANDHABUNG DES LEHRPLANS

### 3.1 Differenzierung in Grund- und Leistungsfach<sup>13</sup>

Die Unterschiede zwischen den Anforderungen im Grundfach und im Leistungsfach<sup>14</sup> resultieren aus den Erläuterungen zu den Kompetenzbereichen. Auf beiden Ebenen steht das wissenschaftspropädeutische Arbeiten im Zentrum. Die unterschiedlichen Niveaustufen ergeben sich neben dem zeitlichen Umfang z. B. aus der Komplexität des Gegenstandes, dem Grad der Differenzierung, der Exemplarität und der Abstraktion der Inhalte (vgl. Kapitel 2).

### 3.2 Bausteinprinzip

Der Lehrplan ist nach dem System eines modularen Baukastens aufgebaut und ermöglicht dadurch vielfältige individuelle Strukturierungsmöglichkeiten.

In den fünf Leitthemen (vgl. Kapitel 4) sind die Inhalte dargestellt, an denen die Kompetenzen erworben werden. Innerhalb der Leitthemen sind diese in **Bausteinen** zusammengefasst. Die nach den Bildungsstandards **obligatorischen inhaltlichen Vorgaben** sind in den Pflichtbausteinen enthalten.

In jedem Leitthema findet sich zusätzlich zu den inhaltlich strukturierten Pflichtbausteinen ein **Baustein zu fachlichen Verfahren und biologischen Denk- und Arbeitsweisen** mit dem Ziel der Förderung des wissenschaftspropädeutischen Arbeitens. Diese Bausteine bilden Erkenntnis- und Darstellungsmethoden ab, die im Unterricht praktisch durchgeführt oder theoretisch behandelt werden. Aus diesem Grund sind die einzelnen fachlichen Verfahren und biologischen Denk- und Arbeitsweisen den Untertiteln der anderen Pflichtbausteine des Leitthemas zugeordnet und ergänzen sich inhaltlich gegenseitig. Dies muss in der Unterrichtsplanung berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 5.2).

Die **Wahlpflichtbausteine** ergänzen Erweiterungs- und Vertiefungswissen für das Grund- und Leistungsfach. In jedem Leitthema sind zwei Wahlpflichtbausteine verbindlich umzusetzen. Die Konzeption eigener Wahlpflichtbausteine, z. B. aus aktuellem Anlass, ist im Rahmen der zeitlichen Freiräume möglich.

Die Pflicht- und Wahlpflichtbausteine sowie deren Inhalte können individuell angeordnet, kombiniert und vernetzt werden (vgl. Kapitel 5).

---

<sup>13</sup> Die Begriffe Grund- und Leistungsfach werden synonym zu „grundlegendem und erhöhtem Niveau“ verwendet.

<sup>14</sup> Im Dokument werden die Begriffe Grund- und Leistungsfach teilweise mit GF und LF abgekürzt.

## Form der Pflichtbausteine

Titel des Pflichtbausteins	
Grund- und Leistungsfach linke Spalte: verpflichtend zu behandelnde Inhalte für Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach rechte Spalte: zusätzlich verpflichtend für das Leistungsfach zu behandelnde Inhalte
<b>Untertitel 1</b>	
Formulierung der Inhalte ...	Formulierung der Inhalte ...
<b>Untertitel 2</b>	
Formulierung der Inhalte ...	Formulierung der Inhalte ...
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>	
Angabe der für diesen Baustein zentralen Basiskonzepte und der ihnen zugrundeliegenden Prinzipien laut Bildungsstandards	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
methodisch-didaktische Hinweise und Gestaltungsideen konkretisierende Beispiele für die Inhalte mögliche thematische Anknüpfungen	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
Hinweise zu möglichen Vernetzungen mit Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen anderer Leitthemen als Strukturierungsideen	

Tab. 1: Form des Pflichtbausteins

## Form der Wahlpflichtbausteine

Titel des Wahlpflichtbausteins
Formulierung der Inhalte ...
<b>Hinweise und Anregungen</b>
konkretisierende Beispiele für die Inhalte

Tab. 2: Form des Wahlpflichtbausteins

### 3.3 Zeitansatz von Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen<sup>15</sup>

Die Inhalte der Pflichtbausteine sind im Leistungsfach und Grundfach verbindlich umzusetzen. Darüber hinaus sind zwei zusätzliche Wahlpflichtbausteine in jedem Leitthema zu erfüllen. Dabei sind von der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit ca. 60 Prozent für die Erfüllung der verpflichtenden Inhalte vorgesehen. Die restlichen 40 Prozent verbleiben für individuell gestaltbare Freiräume abzüglich der schulbedingten Unterrichtsausfälle und der Unterrichtszeit für Leistungsmessungen.

Leitthemen	Bausteine und Stundenansätze	Anzahl der Bausteine		Stundenansätze			
		PF	WPF	GF		LF	
				PF	WPF	PF	WPF
LT 1 Leben und Energie		5	2	45	6	70	10
LT 2 Genetische Grundlagen des Lebens		4	2	35	6	50	10
LT 3 Entstehung und Entwicklung des Lebens		4	2	25	6	40	10
LT 4 Lebewesen in ihrer Umwelt		5	2	35	6	50	10
LT 5 Informationsverarbeitung in Lebewesen		3	2	20	6	30	10
			Σ	160	30	240	50
Stundenansätze insgesamt				<b>190*</b>		<b>290*</b>	

\* ca 60 % der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit

Die Anzahl der Pflichtbausteine variiert von Leitthema zu Leitthema und somit auch der Stundenansatz. Die Wahlpflichtbausteine im Leistungsfach umfassen jeweils einen Zeitrichtwert von fünf Stunden, im Grundfach dagegen drei Stunden. Die in der Tabelle angegebenen Stundenansätze sind Richtwerte. Durch geschickte Verzahnung, Kombination und Integration der Bausteine sowie die Ausnutzung des Freiraumes kann Zeit zur Vertiefung gewonnen bzw. durch Straffung mancher Bausteinthemen auch eingespart werden.

### 3.4 Einführungs- und Qualifikationsphase

Die Mainzer Studienstufe (MSS) gliedert sich in eine Einführungs- und eine Qualifikationsphase. In der Einführungsphase ist die Umsetzung des modularen Baukastensystems nur eingeschränkt möglich. Hier sollte mit den als Einführungsphase gekennzeichneten Pflichtbausteinen des Leitthemas 1 begonnen werden (vgl. Übersicht, S. 21).

**Sofern Inhalte aus Pflichtbausteinen der Qualifikationsphase in der Einführungsphase behandelt werden, ist sicherzustellen, dass diese Inhalte in der Qualifikationsphase noch einmal aufgegriffen und gegebenenfalls vertieft oder erweitert werden.**

<sup>15</sup> Im Dokument werden die Begriffe Pflichtbaustein und Wahlpflichtbaustein teilweise mit PF und WPF abgekürzt.

## 4 LEITTHEMEN

Der Erwerb der in Kapitel 2 formulierten Kompetenzen findet an konkreten Inhalten statt. Diese sind in den folgenden fünf Leitthemen und den dazugehörigen Bausteinen abgebildet. Nach dem modularen Baukastensystem können die Leitthemen und deren Bausteine im Unterricht unterschiedlich kombiniert werden (vgl. Kapitel 5.2).

### Übersicht über die Leitthemen und deren Bausteine

Leitthemen mit Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen			Unterrichts- stunden	
			GF	LF
<b>Leitthema 1    Leben und Energie</b>				
Pflicht- bausteine	Biosysteme und ihre Eigenschaften	Einführungsphase	45	70
	Biomembranen und Stofftransport	Einführungsphase		
	Biochemische Grundlagen und Enzymatik	Einführungsphase		
	Zellatmung und Gärung – abbauende Stoffwechselprozesse			
	Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen			
Wahlpflicht- bausteine	Vom Einzeller zum Vielzeller		6	10
	Mikroskopie			
	Chemische Grundlagen			
	Wasser- und Ionenhaushalt			
	Energiehaushalt			
	Äußere Atmung und Blutkreislauf			
	Ernährung			
	Sportphysiologie			
	Mikroorganismen			
	Zellbiologische Verfahren			
Biotechnologie				
<b>Leitthema 2    Genetische Grundlagen des Lebens</b>				
Pflicht- bausteine	Grundlagen der Molekulargenetik		35	50
	Gentechnik und ihre Anwendung			
	Vielfalt und Vererbung			
	Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen			
Wahlpflicht- bausteine	Meilensteine der Genetik		6	10
	Züchtung von Kulturpflanzen und Haustieren			
	Gene und Umwelt			
	Entwicklungsgenetik			
	Altern			
	Geschlechtsdetermination			
	Formen der Fortpflanzung			
	Reproduktionsmedizin			
	Grundlagen der Immunbiologie			
	Allergien und Autoimmunerkrankungen			
Diagnostische Verfahren				

Leitthemen mit Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen		Unterrichtsstunden	
		GF	LF
<b>Leitthema 3 Entstehung und Entwicklung des Lebens</b>			
Pflichtbausteine	Abstammung und Verwandtschaft	25	40
	Entstehung von Biodiversität		
	Verhalten als Ergebnis von Evolution – Verhaltensökologie		
	Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen		
Wahlpflichtbausteine	Chemische und präbiologische Evolution	6	10
	Erdgeschichte		
	Lebewesen erobern Land und Luft		
	Fossilien		
	Evolutionäre Entwicklungsbiologie (Evo-Devo)		
	Computergestützte Phylogenetik		
	Experimentelle Evolutionsforschung		
	Angewandte Evolutionsbiologie		
	Vom Evolutionsgedanken zur Theorie		
Tarnen, Warnen, Täuschen			
<b>Leitthema 4 Lebewesen in ihrer Umwelt</b>			
Pflichtbausteine	Umweltfaktoren, Ressourcen und Populationen	35	50
	Dynamik von Ökosystemen		
	Angewandte Aspekte der Ökologie		
	Fotosynthese – ein aufbauender Stoffwechselprozess		
	Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen		
Wahlpflichtbausteine	Tiere an extremen Standorten	6	10
	Pflanzen an extremen Standorten		
	Landwirtschaft und Ernährung		
	Neobiota – Neozoen und Neophyten		
	Nachwachsende Rohstoffe		
	Aquatische oder terrestrische Ökosysteme		
	Kommunikation im Tier- und Pflanzenreich		
	Bionik		
	Mikrobiom		
	Waldschäden		
	Tierhaltung		
Stadtökologie			

Leitthemen mit Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen		Unterrichtsstunden	
		GF	LF
<b>Leitthema 5 Informationsverarbeitung in Lebewesen</b>			
Pflichtbausteine	Anatomie und Physiologie neuronaler und hormoneller Kommunikation	20	30
	Leistungen des Gehirns – Wahrnehmung, Bewegung, Lernen		
	Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen		
Wahlpflichtbausteine	Evolution der Informationsverarbeitung	6	10
	Stress		
	Emotionen und Motivation		
	Schmerz		
	Sucht		
	Erkrankungen des Nervensystems		
	Chronobiologie		
	Signalverarbeitung und Bewegung bei Pflanzen und Einzellern		
	Spezielle Sinnesleistungen bei Tieren		
	Kommunikation und Sprache		
	Neuroethik und -philosophie		
	Psychoneuroimmunologie		
Verhalten			
Geschichte der Verhaltensforschung			
<b>Stundenansätze insgesamt:</b>		190	290

Tab. 4: Übersicht der Leitthemen mit Pflicht- und Wahlpflichtbausteinen

## 4.1 Leben und Energie

Mit der Entstehung, Differenzierung und Spezialisierung von Zellen als kleinste sich selbst erhaltende und reproduzierende Einheiten des Lebens begann die biologische Evolution. Sie führte zu den unterschiedlichsten Zell- und Organisationsformen mit den typischen Strukturen für die jeweiligen spezifischen Funktionen.

Aufgrund ihrer Komplexität sind biologische Systeme und somit auch Zellen reich an emergenten Eigenschaften wie der Fähigkeit zur Reproduktion, zum Stoffwechsel, zur Anpassung, zum Wachstum und zur Organisation in verschiedenen Hierarchieebenen.<sup>16</sup>

Als offenes System tauscht die Zelle sowohl Materie als auch Energie mit der Umgebung aus. Zellen, wie auch Organismen allgemein, befinden sich dabei mit ihrer Umgebung in einem Fließgleichgewicht. Im Zentrum des Energiestoffwechsels steht die Dissimilation. Energieliefernde Prozesse laufen mithilfe enzymatischer Reaktionen und in unterschiedlichen Kompartimenten ab, wodurch Stoffwechselregulationen ermöglicht werden.

Die Zellbiologie beschäftigt sich mit der Erforschung von Strukturen und Funktionen der Zellen. Das schließt neben dem Aufbau und den molekularen Bestandteilen auch Stoffwechselprozesse, Steuerungs- und Regelungsvorgänge, Bewegungen und Transportvorgänge in den Zellen und den Austausch von Stoffen und Informationen zwischen Zellen sowie die Zellteilung mit ein. Dabei nutzt die zellbiologische Forschung mikroskopische und molekularbiologische Methoden sowie biochemische Analysen und Untersuchungsmethoden. Erkenntnisse über Eigenschaften der Zelle und ihrer Strukturen finden so Anwendung in der Gen- und Biotechnologie sowie der medizinischen Therapie.

Die Betrachtung der Zelle als System eröffnet den Blick auf weitere Systemebenen des Lebens. Kenntnisse über zellbiologische Zusammenhänge bilden die fachliche Basis für alle weiteren Teildisziplinen der modernen Biologie.

---

<sup>16</sup> Verändert nach Mayr, Ernst: Konzepte der Biologie. Hirzel. 2005, S. 49 ff.

# Leitthema 1 Leben und Energie

## Pflichtbausteine

Biosysteme und ihre Eigenschaften

Biomembranen und Stofftransport

Biochemische Grundlagen und Enzymatik

Zellatmung und Gärung – abbauende  
Stoffwechselprozesse

Fachliche Verfahren und biologische  
Denk- und Arbeitsweisen

## Wahlpflichtbausteine

Vom Einzeller zum  
Vielzeller

Mikroskopie

Chemische  
Grundlagen

Wasser- und  
Ionenhaushalt

Energiehaushalt

Äußere Atmung und  
Blutkreislauf

Ernährung

Sportphysiologie

Mikroorganismen

Zellbiologische  
Verfahren

Biotechnologie

Eigenes Thema

<b>Biosysteme und ihre Eigenschaften</b>		<b>Einführungsphase</b>
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach	
<b>Systeme des Lebendigen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennzeichen des Lebendigen</li> <li>• biologische Systeme und Systemebenen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einteilung des Lebendigen in systematische Gruppen</li> </ul>	
<b>Strukturen der Zelle und ihre Funktionen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• licht- und elektronenmikroskopischer Bau</li> <li>• Zusammenwirken von Zellbestandteilen</li> <li>• Vergleich von Tier-, Pflanzen- und Pilzzellen</li> <li>• Pro- und Eukaryoten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zellwachstum und -differenzierung</li> <li>• Evolution der eukaryotischen Zelle                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Endosymbiontentheorie</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Zellzyklus</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitose und Cytokinese</li> <li>• Interphase</li> </ul>		
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Kompartimentierung</li> <li>– individuelle und evolutive Entwicklung: Zelldifferenzierung</li> </ul>		
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vernetzungen von Systemebenen: Molekular- bis Biosphärenebene</li> <li>– Geschichte der Zellbiologie</li> </ul>		
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 2, Wahlpflichtbaustein: Entwicklungsgenetik</li> <li>– Leitthema 3, Wahlpflichtbaustein: Chemische und präbiologische Evolution</li> </ul>		

<b>Biomembranen und Stofftransport</b>		<b>Einführungsphase</b>
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach	
<b>Bau, Eigenschaften und Funktionen der Biomembran</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluid-Mosaik-Modell</li> <li>• Kommunikation zwischen Zellen bzw. zwischen Zellen und ihrer Umwelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aktuelle Biomembran-Modelle</li> </ul>	
<b>Stofftransport in und zwischen Kompartimenten</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• selektive Permeabilität</li> <li>• aktive und passive Transportvorgänge</li> <li>• Endo- und Exocytose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sekundär aktiver Transport</li> <li>• Kanalproteine</li> </ul>	
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>		
– Struktur und Funktion: Kompartimentierung, Schlüssel-Schloss-Prinzip		
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einbindung molekularer Grundlagen, z. B. Lipide im Zusammenhang mit dem Membranaufbau</li> <li>– Diffusion und Osmose: Phänomene und Anwendungsbeispiele aus dem Alltag</li> <li>– Arzneimittel und Transportproteine; mRNA-Impfung mithilfe von Vesikeln</li> <li>– z. B. Aquaporine und Kosmetik</li> </ul>		
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>		
– Autophagocytose		

Biochemische Grundlagen und Enzymatik		Einführungsphase
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach	
<b>Molekulare Strukturen und ihre Funktionen im Organismus</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wasser als Reaktionspartner, Transport- und Lösungsmittel</li> <li>• Struktur, Eigenschaften, Bedeutung und Vorkommen von Proteinen, Kohlenhydraten, Lipiden</li> <li>• Beeinflussung der räumlichen Struktur von Proteinen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang zwischen Struktur und Eigenschaften polarer und unpolarer Moleküle</li> <li>• Verknüpfung der Grundbausteine durch Kondensation</li> </ul>	
<b>Enzyme als Biokatalysatoren</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkmale von Katalysatoren</li> <li>• Bau und Wirkungsweise von Enzymen</li> <li>• Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Temperatur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abhängigkeit der Enzymaktivität von pH-Wert, Substrat- und Enzymkonzentration</li> <li>• Enzymhemmung und -aktivierung</li> </ul>	
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Schlüssel-Schloss-Prinzip</li> <li>– Steuerung und Regelung: Regulation auf molekularer Ebene</li> </ul>		
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einbindung molekularer Grundlagen in strukturelle und funktionelle Zusammenhänge lebender Systeme</li> <li>– Behandlung der Stoffwechselregulation auf Enzymebene auch im Zusammenhang mit der Zellatmung möglich</li> <li>– wasserabweisende Oberflächen bei Pflanzen, z. B. Lotuseffekt</li> <li>– Alltagsbezug und technische Nutzung von Enzymen, z. B. Waschmittel, Dauerwelle, Lebensmittelherstellung, Arzneimittel</li> </ul>		
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 2, Pflichtbaustein: Grundlagen der Molekulargenetik</li> </ul>		

Zellatmung und Gärung – abbauende Stoffwechselprozesse	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Energiebereitstellung und Energienutzung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redoxreaktionen</li> <li>• ATP-/ADP-System</li> <li>• Energieumwandlung und -entwertung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kopplung exergonischer und endergonischer Reaktionen</li> </ul>
<b>Zellatmung – ein aerober Stoffwechselprozess</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang von anabolem und katabolem Stoffwechsel</li> <li>• Feinbau der Mitochondrien</li> <li>• Ablauf und Orte der Zellatmung – Glykolyse, Oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus, Atmungskette</li> <li>• chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>• Stoffwechselregulation auf Enzymebene</li> <li>• Stoff- und Energiebilanz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• energetisches Modell der Atmungskette</li> </ul>
<b>Gärungen – anaerobe Stoffwechselprozesse</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• alkoholische Gärung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Milchsäuregärung</li> </ul>
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Oberflächenvergrößerung, Kompartimentierung</li> <li>– Stoff- und Energieumwandlung: Energieentwertung, energetische Kopplung</li> <li>– Steuerung und Regelung: positive und negative Rückkopplung, Homöostase</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Regulationsmöglichkeiten, z. B. Endprodukthemmung</li> <li>– Sport und Ernährung</li> <li>– Lebensmittelherstellung</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 4, Pflichtbaustein: Fotosynthese – ein aufbauender Stoffwechselprozess</li> </ul>	

Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Biosysteme und ihre Eigenschaften</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anfertigung mikroskopischer Präparate und Zeichnung mikroskopischer Objekte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroskopie von Plastidentypen</li> </ul>
<b>Biomembranen und Stofftransport</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membranmodelle – Modellkritik</li> <li>• Experimente zu Diffusion und Osmose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• historische Entwicklung der Modellvorstellung der Biomembran</li> </ul>
<b>Biochemische Grundlagen und Enzymatik</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Experimente zur Enzymaktivität und Substratspezifität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelle der Strukturebenen von Proteinen</li> <li>• qualitative und quantitative Experimente zur Enzymaktivität und Substratspezifität</li> </ul>
<b>Zellatmung und Gärung – abbauende Stoffwechselprozesse</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• qualitativer Nachweis der Produkte der Gäransätze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur- und Substratabhängigkeit von Gärungen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mikroskopie von Mitosestadien</li> <li>– Dokumentation von Mikroskop-Bildern mit dem Smartphone/Tablet</li> <li>– Planung, Durchführung, quantitative und qualitative Auswertung von Experimenten</li> <li>– Bedeutung von Kontrollansätzen bei Versuchsdurchführungen</li> <li>– Betriebsbesichtigungen und Exkursionen auch in Zusammenarbeit mit anderen Fächern, z. B. Brauerei, milchverarbeitende Betriebe</li> </ul>	

**Vom Einzeller zum Vielzeller**

- Zellkolonie und Zellverband
- Zelldifferenzierung
- Arbeitsteilung/Spezialisierung

**Hinweise und Anregungen**

- Modellorganismen, z. B. *Chlamydomonas*, *Volvox*, *Gonium*

**Mikroskopie**

- Geschichte der Mikroskopie
- Elektronenmikroskopie
- Herstellungsmethoden
  - Frisch- und Dauerpräparate
  - elektronenmikroskopische Präparate
- Färbemethoden

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Transmissionselektronenmikroskopie (TEM), Rasterelektronenmikroskopie (REM), Fluoreszenzmikroskopie, Möglichkeiten und Grenzen

**Chemische Grundlagen**

- Bindungsarten
- zwischenmolekulare Kräfte
- Überblick über organische Stoffklassen anhand funktioneller Gruppen
- pH-Wert

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Proteinstrukturen

**Wasser- und Ionenhaushalt**

- Osmoregulation
- Wasseraufnahme, -transport und -abgabe bei Pflanzen
- Bau und Funktion der Niere

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Experimente zum Wasserhaushalt bei Pflanzen, Dialyse
- Gegenstromprinzip

<b>Energiehaushalt</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebereitstellung bei gleichwarmen und wechselwarmen Tieren</li> <li>• Volumen-Oberflächen-Verhältnis und Energiehaushalt</li> <li>• Überwinterungsstrategien</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Experimente zum Volumen-Oberfläche-Verhältnis</li> <li>– z. B. Winterruhe, Winterschlaf</li> </ul>
<b>Äußere Atmung und Blutkreislauf</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atmungssysteme</li> <li>• Herz-Kreislauf-Systeme</li> <li>• Gastransport</li> <li>• Evolution der Atmungs- und Herz-Kreislauf-Systeme bei Wirbeltieren</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Atmung unter Extrembedingungen, z. B. Tauchen, Bergsteigen</li> <li>– Gegenstromprinzip</li> <li>– Endoskopie und Sektion von Herzen und Lungen</li> </ul>
<b>Ernährung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nährstoffe und Ergänzungsstoffe</li> <li>• Verdauung und Resorption</li> <li>• Ernährungsformen</li> <li>• physische und psychische Ernährungsstörungen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Bewertung von Diäten und Nahrungsergänzungsmitteln aus ernährungsphysiologischer Sicht</li> <li>– z. B. Phenylketonurie, Lactoseintoleranz, Bulimie, Anorexie</li> </ul>
<b>Sportphysiologie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Muskeltypen</li> <li>• Energiebereitstellung unter Belastung</li> <li>• Training</li> <li>• Doping</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Erfassung und Auswertung sportmedizinischer Parameter, Höhentraining</li> <li>– z. B. EPO</li> </ul>

**Mikroorganismen**

- Überblick über die Vielfalt der Mikroorganismen
- Einzeller
  - Sukzession im Heuaufguss
  - Osmoregulation
  - Beobachtungen an Einzellern
- extremophile Mikroorganismen

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. pulsierende Vakuolen, Nahrungsvakuolen, Reizbarkeit

**Zellbiologische Verfahren**

- Zell- und Gewebekultur
- Trennung von Zellbestandteilen und Stoffgemischen
- biochemische und immunchemische Analyseverfahren

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Zentrifugation, Chromatografie, Elektrophorese, Western Blot, Proteomanalyse

**Biotechnologie**

- Herstellung von Lebens- und Genussmitteln
- Einsatz von Enzymen in Industrie und Medizin
- Chancen und Risiken

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Käseherstellung, Herstellung alkoholischer Getränke
- z. B. Wirkung von Enzymen in Waschmitteln, Enzyme in Medikamenten, medizinische Diagnostik

**Wahlpflichtbaustein eigenes Thema**

## 4.2 Genetische Grundlagen des Lebens

Die genetische Kontinuität biologischer Systeme ist ein zentraler Inhalt der Biologie. Sie stellt die Weitergabe der Erbinformation von Generation zu Generation dar, die durch die individuelle Selbstorganisation organismische Gestalt annimmt. Sexuelle Fortpflanzung führt zur Rekombination, erhöht zusammen mit Mutationen die genetische Variabilität und kann zu unterschiedlichen Phänotypen führen. Zusammen mit der Selektion ist diese Variabilität eine wichtige Ursache für die Veränderlichkeit der Arten, die damit modellhaft erklärt werden kann.

Die Molekulargenetik erforscht die Struktur von Genomen, die Replikation und Reparaturmechanismen der DNA, deren Transkription und Translation in der Proteinbiosynthese sowie die molekularen Mechanismen der Genregulation. Entwicklungsvorgänge im lebenden Organismus lassen sich damit als Resultat zellulärer Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Strukturen beschreiben. Äußere Faktoren wie Ernährung oder Stress nehmen eine wichtige Rolle bei der Expression des Erbgutes ein. Diese Vorgänge untersucht die Epigenetik, die die Regulation der Ausbildung von Merkmalen außerhalb der eigentlichen DNA-Sequenz erklärt. Eine Anknüpfung an stoffwechselphysiologische Vorgänge leistet die Proteomik, die mit der Untersuchung der Proteine auch Ansatzpunkte für die medizinische Forschung liefert.

Auf der Grundlage sich immer weiter entwickelnder molekulargenetischer Forschungsexperimente und -ergebnisse erlangen moderne, zukunftsorientierte Methoden der Gentechnik und deren Anwendung besondere Bedeutung. Sowohl durch gentechnische Analytik als auch durch die Möglichkeit der gentherapeutischen Behandlung von Krankheiten werden Bezüge zur Humangenetik hergestellt. Landwirtschaft und Lebensmittelproduktion bedienen sich gentechnischer Verfahren, deren Erforschung, Entwicklung und Anwendung neue Chancen und Möglichkeiten z. B. in der Bewältigung von Klimaveränderungen bieten. Diese werden von verschiedenen politischen und gesellschaftlichen Akteuren – lokal wie global – diskutiert und können unterschiedlich bewertet werden. Die gesellschaftlich-ethische Bedeutung genetischer Forschungsergebnisse, Verfahren und Anwendungen wird nachvollziehbar und beurteilbar.

## Leitthema 2 Genetische Grundlagen des Lebens

### Pflichtbausteine

Grundlagen der Molekulargenetik

Gentechnik und Anwendung

Vielfalt und Vererbung

Fachliche Verfahren und biologische  
Denk- und Arbeitsweisen

### Wahlpflichtbausteine

Meilensteine der Genetik

Züchtung von Kultur-  
pflanzen und Haustieren

Gene und Umwelt

Entwicklungsgenetik

Altern

Geschlechtsdetermination

Formen der Fortpflanzung

Reproduktionsmedizin

Grundlagen der  
Immunbiologie

Allergien und Auto-  
immunerkrankungen

Diagnostische Verfahren

Eigenes Thema

<b>Grundlagen der Molekulargenetik</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Struktur und Funktion der Nucleinsäuren</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau und Funktion der DNA</li> <li>• semikonservative Replikation der DNA</li> <li>• Bau und Funktion der RNA</li> </ul>	
<b>Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proteinbiosynthese – Transkription, Translation</li> <li>• Genmutationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten</li> <li>• Prozessierung</li> </ul>
<b>Regulation der Genaktivität</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulationsmechanismen bei Eukaryoten                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Transkriptionsfaktoren</li> <li>– Modifikationen des Epigenoms durch Methylierung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulationsmechanismen bei Prokaryoten – Operon-Modell</li> <li>• Regulationsmechanismen bei Eukaryoten                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Histonmodifikation</li> <li>– RNA-Interferenz</li> </ul> </li> </ul>
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Komplementarität, Kompartimentierung</li> <li>– Steuerung und Regelung: Regulation auf molekularer Ebene</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– aktuelle Themen mit genetischen Aspekten, z. B. Corona-Virus, Zulassung genetisch veränderter Lebensmittel</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 1, Pflichtbaustein: Biochemische Grundlagen und Enzymatik</li> <li>– Leitthema 3, Wahlpflichtbaustein: Computergestützte Phylogenetik</li> </ul>	

<b>Gentechnik und ihre Anwendung</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Bakterien- und Virengenetik</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermehrung</li> <li>• Rekombination</li> </ul>	
<b>Anwendung der Gentechnik</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Veränderung und Einbau von DNA</li> <li>• gentechnisch veränderte Organismen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genome Editing               <ul style="list-style-type: none"> <li>– CRISPR-Cas9</li> <li>– Gene Drive</li> </ul> </li> </ul>
<b>Bewertung gentechnischer Anwendungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chancen und Risiken</li> <li>• ethische und rechtliche Fragen der Gentechnik</li> </ul>	
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Schlüssel-Schloss-Prinzip</li> <li>– individuelle und evolutive Entwicklung: Selektion</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. genetisch veränderte Nutzpflanzen, Patentierung von Nutzpflanzen (BNE)</li> <li>– Förderung der Bewertungskompetenz: deskriptive und normative Aussagen</li> <li>– Anwendungen mit Bezug zur Medizin, Lebensmittelindustrie oder Landwirtschaft</li> <li>– aktuelle politische Verhandlungen oder Beschlüsse mit Bezug zur Gentechnik (BNE)</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 1, Pflichtbaustein: Biosysteme und ihre Eigenschaften</li> <li>– Leitthema 4, Pflichtbaustein: Angewandte Aspekte der Ökologie (BNE)</li> </ul>	

<b>Vielfalt und Vererbung</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Genetische Biodiversität</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Meiose – intra- und interchromosomale Rekombination</li> <li>• Gen-, Chromosomen- und Genom-mutationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modifikation</li> </ul>
<b>Humangenetik</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genetik menschlicher Erkrankungen</li> <li>• Familienstammbäume</li> <li>• gentherapeutische Verfahren – somatische Gentherapie, Keimbahntherapie</li> <li>• Gentest und Beratung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• polygene Vererbung</li> <li>• Stammzellenforschung</li> <li>• Krebs – Krebszellen, Onkogene, Anti-Onkogene, personalisierte Medizin</li> </ul>
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– individuelle und evolutive Entwicklung: Rekombination</li> <li>– Steuerung und Regelung: Regulation auf molekularer Ebene</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedeutung der Meiose für die Evolution</li> <li>– Bewertung von z. B. gentherapeutischen Verfahren unter medizinischen, ethischen und rechtlichen Gesichtspunkten</li> <li>– Präimplantationsdiagnostik</li> <li>– aktuelle politische Verhandlungen oder Beschlüsse mit Bezug zur Humangenetik</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 3, Pflichtbaustein: Entstehung von Biodiversität</li> </ul>	

Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Grundlagen der Molekulargenetik</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DNA-Isolierung</li> <li>• Modellierung der Struktur der DNA</li> <li>• PCR als Vervielfältigungsverfahren</li> <li>• Gelelektrophorese als Trennverfahren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DNA-Sequenzierung</li> </ul>
<b>Gentechnik und ihre Anwendung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsweise von Restriktionsenzymen und Ligasen im Modell</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verfahren zur Herstellung gentechnisch veränderter Organismen</li> </ul>
<b>Vielfalt und Vererbung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stammbaumanalyse</li> </ul>	
<b>Hinweise und Anregungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Mikroskopische Betrachtung von Riesenchromosomen bei Zuckmückenlarven</li> <li>– Simulation zur Modellierung polygener Erbgänge</li> <li>– bioinformatische Anwendungen</li> <li>– Bedeutung der Verfahren in der Forschung, Medizin, Diagnostik oder Kriminalistik, z. B. Rekonstruktion der Evolution, Nachweis von Erregern oder genetisch bedingten Erkrankungen, genetischer Fingerabdruck</li> </ul>	

<b>Meilensteine der Genetik</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• bedeutende Erkenntnisse und Experimente             <ul style="list-style-type: none"> <li>– klassische Genetik</li> <li>– Molekulargenetik</li> </ul> </li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Mendel, Morgan</li> <li>– z. B. Griffith und Avery; Watson, Crick und Franklin; Meselson und Stahl; Mullis; Schell und van Montagu; Doudna und Charpentier</li> </ul>

<b>Züchtung von Kulturpflanzen und Haustieren</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung für die kulturelle Entwicklung des Menschen</li> <li>• klassische und molekulare Züchtungsmethoden</li> <li>• Möglichkeiten und Grenzen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Klonen, Heterosiszüchtung, künstliche Besamung, Erhaltung von Kulturpflanzen und Nutztierassen (BNE)</li> </ul>

<b>Gene und Umwelt</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfluss von Genen und Umwelt auf den Phänotyp             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Einschätzung der Heritabilität</li> <li>– Zwillingsforschung</li> </ul> </li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Epigenetik</li> <li>– genetischer Einfluss auf z. B. Intelligenz, Kriminalität, Suchtanfälligkeit, Händigkeit</li> </ul>

<b>Entwicklungsgenetik</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Embryonalentwicklung von Tieren</li> <li>• Entwicklungssteuerung durch Gene</li> <li>• Stammzellen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Morphogenese – Embryo- und Fetogenese</li> <li>– Regeneration bei Pflanzen – Protoplastenkultur</li> </ul>

**Altern**

- Formen des Alterns
- Theorien des Alterns
- Alterserkrankungen
- Beeinflussung der Alterungsprozesse

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Beschädigungstheorien, Verkürzung der Telomere
- z. B. Botox, Hautpflegeprodukte, Calcium-Ionen-Haushalt

**Geschlechtsdetermination**

- genetische Geschlechtsdetermination
- modifikatorische Geschlechtsdetermination
- Geschlechtsdetermination und Intersexualität beim Menschen
- Hermaphroditismus

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Haplodiploidie, temperaturabhängige Geschlechtsdetermination, Queer
- z. B. Geschlechterproblematik im Wettkampf-Sport

**Formen der Fortpflanzung**

- geschlechtliche Vermehrung
  - zweigeschlechtliche Fortpflanzung
  - eingeschlechtliche Fortpflanzung
- ungeschlechtliche Vermehrung

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Formen der Parthenogenese, Dauerstadien, Ausläufer, Brutknospen

**Reproduktionsmedizin**

- Ursachen für Zeugungsunfähigkeit
- Methoden und Verfahren
- Chancen und Risiken
- rechtliche und ethische Grenzen

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. künstliche Insemination, In-vitro-Fertilisation, intrazytoplasmatische Spermieninjektion, Eizellenspende und Leihmutterschaft

### Grundlagen der Immunbiologie

- Resistenz und Immunität
- aktive und passive Immunisierung
- genetische Grundlagen der Antikörpervielfalt
- Schnell- und Antikörpertests

### Hinweise und Anregungen

- Transplantationsimmunologie, monoklonale Antikörper

### Allergien und Autoimmunerkrankungen

- Ursachen und Symptome
- Diagnose- und Behandlungsmöglichkeiten

### Hinweise und Anregungen

- z. B. Rheuma, Multiple Sklerose, Lebensmittelallergien, Heuschnupfen
- Abgrenzung Allergie vs. Unverträglichkeiten

### Diagnostische Verfahren

- PCR-basierte Verfahren
- Antigen- und Antikörpertests
- Karyogramme
- Blutbild

### Hinweise und Anregungen

- z. B. Reverse-Transkriptase-PCR, Echtzeit-PCR

### Wahlpflichtbaustein eigenes Thema

### 4.3 Entstehung und Entwicklung des Lebens

Die Vielfalt der Organismen auf der Erde ist das Ergebnis eines lange dauernden und immer noch währenden Entwicklungsprozesses. Damit beschreibt das Basiskonzept der individuellen und evolutiven Entwicklung die Veränderung lebender Systeme im Zusammenhang mit Umwelteinflüssen über verschiedene Zeiträume. Die individuelle Entwicklung ist dabei die Grundlage und der Wandel der Populationen das charakteristische Kennzeichen der Evolution des Lebendigen. Die biologische Evolution gilt als übergreifendes Erklärungssystem der Lebenswissenschaften. Die Synthetische Theorie der Evolution wurde als Brückenschlag zwischen der Genetik und Darwins Evolutionstheorie entwickelt.

Voraussetzung für die Evolution ist die Variabilität der Lebewesen, treibende Kraft ist die Selektion unterschiedlich angepasster Individuen. Darüber hinaus haben fundamentale Prozesse, die zu ökologischen Anpassungen und neuen Arten führen, ebenso wie die Regeln, nach denen Organismen, inklusive des Menschen, interagieren und Sozialsysteme bilden, besondere Bedeutung in der Forschung.

Bei der Betrachtung des adaptiven Wertes von Verhalten stehen die reproduktive Fitness und die Kosten-Nutzen-Analyse im Zentrum. Ein biologisches Phänomen kann erst dann umfassend erklärt werden, wenn sowohl die Frage nach den Mechanismen als auch die Frage nach seiner Evolution zufriedenstellend beantwortet werden können, damit stehen proximate und ultimate Fragestellung gleichberechtigt nebeneinander. Die rasante Zunahme der Weltbevölkerung, der Verbrauch von Ressourcen und die damit verbundene Frage nach der Biodiversität betreffen somit als Problem der Gegenwart und Zukunft immer die Ökologie von Populationen wie auch evolutive Prozesse. Die Evolutionsbiologie liefert darüber hinaus Erkenntnisse zum Selbstverständnis des Menschen, zu seinen sozialen und ökonomischen Interaktionen und somit zur biologischen und kulturellen Entwicklung. Die evolutionäre Zukunft des Menschen ist offen. Er bestimmt durch sein aktives Handeln die Faktoren der zukünftigen Selektion mit und übernimmt damit Verantwortung im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung.

## Leitthema 3 Entstehung und Entwicklung des Lebens

### Pflichtbausteine

Abstammung und Verwandtschaft

Entstehung von Biodiversität

Verhalten als Ergebnis von Evolution  
– Verhaltensökologie

Fachliche Verfahren und biologische  
Denk- und Arbeitsweisen

### Wahlpflichtbausteine

Chemische und Prä-  
biologische Evolution

Erdgeschichte

Lebewesen erobern  
Land und Luft

Fossilien

Evolutionäre Entwicklungs-  
biologie (Evo-Devo)

Computergestützte  
Phylogenetik

Experimentelle  
Evolutionforschung

Angewandte  
Evolutionbiologie

Vom Evolutionsgedanken  
zur Theorie

Tarnen, Warnen, Täuschen

Eigenes Thema

<b>Abstammung und Verwandtschaft</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Darstellung stammesgeschichtlicher Verwandtschaft</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stammbäume: ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</li> <li>• zeitliche Dimension von Stammbäumen</li> </ul>	
<b>Belege für die Evolution</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• molekularbiologische Homologien</li> <li>• Morphologie und Anatomie <ul style="list-style-type: none"> <li>– Homologie, Analogie</li> <li>– Konvergenz</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paläontologie</li> <li>• Biogeographie</li> </ul>
<b>Evolution des Menschen</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ursprung</li> <li>• Fossilgeschichte</li> <li>• Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen</li> </ul>
<b>Prinzipien der Basiskonzepte</b>	
– individuelle und evolutive Entwicklung: Reproduktion	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– aktuelle Hominiden-Fossilfunde</li> <li>– Archäogenetik, Paläogenetik</li> <li>– Erläuterung der wissenschaftlich nicht haltbaren Einteilung der Menschen in Rassen (BNE)</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
– Leitthema 2, Pflichtbaustein: Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen (Grundlagen der Molekulargenetik)	

<b>Entstehung von Biodiversität</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Evolutionsmechanismen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mutation, Rekombination, genetische Variabilität</li> <li>• phänotypische Variabilität, Selektion, Fitness</li> <li>• Gendrift, Isolationsmechanismen, Artbildung</li> <li>• biologischer Artbegriff</li> <li>• Koevolution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• unterschiedliche Artkonzepte</li> <li>• allopatrische und sympatrische Artbildung</li> </ul>
<b>Evolutionstheorien</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evolutionstheorie nach Darwin</li> <li>• synthetische Evolutionstheorie</li> <li>• Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> </ul>	
<b>Prinzipien der Basiskonzepte</b>	
– individuelle und evolutive Entwicklung: Reproduktion, Selektion	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
– z. B. Antibiotikaresistenzen	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
– Leitthema 2, Pflichtbaustein: Vielfalt und Vererbung	
– Leitthema 4, Pflichtbaustein: Umweltfaktoren, Ressourcen und Populationen	

<b>Verhalten als Ergebnis von Evolution – Verhaltensökologie</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Grundlagen und Ursachen von Verhalten</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• adaptiver Wert von Verhalten               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verhaltensweisen und reproduktive Fitness</li> <li>– Kosten-Nutzen-Analyse</li> </ul> </li> <li>• proximate und ultimate Erklärungsformen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• exogene und endogene Verhaltensursachen</li> </ul>
<b>Kulturelle Evolution</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkzeuggebrauch</li> <li>• Sprachentwicklung</li> </ul>
<b>Sozialverhalten</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sozialverhalten bei Primaten</li> <li>• Kooperation und Altruismus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortpflanzungsverhalten               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Paarungsstrategien</li> <li>– sexuelle Selektion</li> </ul> </li> </ul>
<b>Prinzipien der Basiskonzepte</b>	
– Information und Kommunikation: Codierung und Decodierung von Information	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
– evolutionäre Spieltheorie, z. B. Falke-Taube-Modell	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
– Leitthema 5, Wahlpflichtbaustein: Kommunikation und Sprache	
– Leitthema 5, Wahlpflichtbaustein: Verhalten	

Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Abstammung und Verwandtschaft</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichende morphologische Untersuchungen</li> <li>• Vergleich von DNA-Sequenzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstruktion von Stammbäumen</li> </ul>
<b>Entstehung von Biodiversität</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modelle und Simulationen zur Selektion</li> </ul>	
<b>Verhalten als Ergebnis von Evolution – Verhaltensökologie</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verhaltensbeobachtungen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>	
– Vergleich von Skelettmerkmalen, z. B. Schädel, Vordergliedmaßen	

### Chemische und präbiologische Evolution

- abiotische Bildung einfacher organischer Moleküle und Makromoleküle
- Informationsträger als Voraussetzung des Lebens-Nucleinsäuren
- Evolution des Stoffwechsels
- Entstehung von Protozellen

#### Hinweise und Anregungen

- z. B. Urey-Miller Experimente zur Uratmosphäre, RNA-Welt-Hypothese, Hyperzyklus-Hypothese, Schwarze Raucher – Chemosynthese

### Erdgeschichte

- Entstehung des Universums – kosmische Evolution
- Erdzeitalter
  - Veränderungen der abiotischen Umwelt
  - Veränderungen in Flora und Fauna

#### Hinweise und Anregungen

- z. B. Veränderungen im Sauerstoffgehalt der Erdatmosphäre, Klimaveränderungen, Massenaussterben
- Klimamodellierung

### Lebewesen erobern Land und Luft

- Evolution der Landpflanzen
- Evolution der Wirbeltiere

#### Hinweise und Anregungen

- z. B. Generationswechsel der Pflanzen, Differenzierung von Pflanzengeweben, Entstehung der Angiospermenblüte
- z. B. Quastenflosser, *Eustenopteron*, *Acanthostega*, *Ichthyostega*, *Archaeopteryx*

### Fossilien

- Fossilisation
- Präparation und Rekonstruktion von Fossilien
- Methoden der Altersbestimmung
- besondere Fossilienformen – Brückentiere/Mosaikformen, lebende Fossilien

#### Hinweise und Anregungen

- Vergleich von anatomischen und morphologischen Merkmalen
- Abwandlungsreihen, z. B. Evolution der Pferde

### **Evolutionäre Entwicklungsbiologie (Evo-Devo)**

- vergleichende Embryologie
- Steuerung der Individualentwicklung
- Evolution durch Veränderung von Entwicklungskontrollgenen

#### **Hinweise und Anregungen**

- Larvenformen, Atavismen, Rudimente
- regulatorische Gene und Moleküle, homöotische Gene

### **Computergestützte Phylogenetik**

- Konstruktion von DNA-Stammbäumen
  - Sequenzdatenbanken
  - Alignment
- molekulare Uhren

#### **Hinweise und Anregungen**

- bioinformatische Verfahren, computergestützte Stammbaumrekonstruktion

### **Experimentelle Evolutionsforschung**

- Simulation von Evolutionsprozessen
  - Berechnung der Veränderung von Allel-Frequenzen
  - Hardy-Weinberg-Gleichgewicht
  - digitale Organismen
- Experimente zu Evolutionsprozessen
  - Laborversuche zur molekularen Evolution
  - Manipulationsversuche

#### **Hinweise und Anregungen**

- in-vitro-Evolution: Versuche zur molekularen Evolution von Bakterien und Viren, z. B. Evolutionsprogramm „Avida“
- z. B. Manipulationsversuche beim Hahnenschweifwida, Birkenspanner-Experimente

**Angewandte Evolutionsbiologie**

- evolutionäre Anpassungen – Resistenzen in Landwirtschaft und Medizin
- evolutionäre Medizin
  - Ernährung gestern und heute – Zivilisationskrankheiten
  - zoonotische Infektionskrankheiten – Pandemien

**Hinweise und Anregungen**

- Antibiotikaresistenz
- z. B. Hypertonie, Adipositas, Diabetes mellitus, Laktoseintoleranz
- z. B. Spanische Grippe, Covid-19

**Vom Evolutionsgedanken zur Theorie**

- Schöpfungstheorie
- historische Evolutionstheorien
- moderne Evolutionstheorien

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Cuvier, Lamarck, Darwin, Wallace, Haeckel, Dobzhansky, Mayr

**Tarnen, Warnen, Täuschen**

- Arten von Tarn- und Warntrachten
- Zweck von Tarn- und Warntrachten
- Entstehung von Tarn- und Warntrachten

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Formen der Mimikry, Mimese

**Wahlpflichtbaustein eigenes Thema**

#### 4.4 Lebewesen in ihrer Umwelt

Die wissenschaftliche Untersuchung der Verbreitung und Abundanz von Organismen und die Wechselwirkung, welche diese bestimmen, sind zentrale Inhalte der Ökologie. Die Betrachtungen dieser Wechselbeziehungen werden durch die Aspekte der Stoffumwandlung und des Energieflusses ergänzt. Die Sonneneinstrahlung bildet dabei eine wesentliche Ressource für die Pflanzen und ist Voraussetzung für die fotosynthetische Assimilation und den Energiefluss in Ökosystemen.

Die Ökologie untersucht weiterhin die Wirkung biotischer und abiotischer Faktoren auf Individuen. Im Zentrum stehen dabei die Untersuchungen von Gesetzmäßigkeiten, die diesen Wirkungen zugrunde liegen. Hierzu gehört, dass direkte und indirekte Ursache-Wirkungsbeziehungen in Betracht gezogen werden. Proximate und ultimate Erklärungsansätze stehen damit in der Ökologie gleichberechtigt nebeneinander.

Ökologische Phänomene zeigen sich auf verschiedenen Ebenen. Hierbei gilt es, die zeitliche, räumliche und biologische Ebene zu betrachten. Die Systemebenen reichen von einzelnen Organismen über Populationen, Lebensgemeinschaften und Ökosystemen bis hin zur gesamten Biosphäre. Systemisches Denken erfordert darüber hinaus eine vernetzte Betrachtung von Rückkopplungsprozessen. Dies ist u. a. die Grundlage für die Bewertung anthropogener Eingriffe in Ökosysteme und deren mögliche Konsequenzen für die Dynamik und vorübergehende Stabilität derselben sowie für Biodiversität und Klima. Damit kann die Basis für ein zukunftsfähiges ökologisches Verhalten unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit (BNE) gelegt werden. Der Kompetenzbereich Bewertung beinhaltet dabei u. a. die Reflexion kurz- und langfristiger Folgen individueller und gesellschaftlicher Entscheidungen. Neben globalen Aspekten steht die Auseinandersetzung mit der lokalen Umwelt als Ausgangspunkt für handlungsorientiertes und projektorientiertes Arbeiten. Einsicht in die Vernetzung lebender Systeme mit der Umwelt ist die Grundlage für die Entwicklung einer Überlebensstrategie auf unserem Planeten. Evolutive und ökologische Betrachtungsweisen bedingen sich gegenseitig.

## Leitthema 4 Lebewesen in ihrer Umwelt

### Pflichtbausteine

Umweltfaktoren, Ressourcen und Populationen

Dynamik von Ökosystemen

Angewandte Aspekte der Ökologie (BNE)

Fotosynthese – ein aufbauender Stoffwechselprozess

Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen

### Wahlpflichtbausteine

Tiere an extremen Standorten

Pflanzen an extremen Standorten

Landwirtschaft und Ernährung (BNE)

Neobiota – Neozoen und Neophyten

Nachwachsende Rohstoffe (BNE)

Aquatische oder terrestrische Ökosysteme

Kommunikation im Tier- und Pflanzenreich

Bionik

Mikrobiom

Waldschäden

Tierhaltung

Stadtökologie

Eigenes Thema

<b>Umweltfaktoren, Ressourcen und Populationen</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Einfluss abiotischer Umweltfaktoren auf Organismen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Toleranzkurven, physiologische und ökologische Potenz</li> <li>• Licht, Temperatur, Wasser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Euryökie und Stenökie</li> <li>• Zeigerarten</li> <li>• multifaktorielle Vernetzung</li> </ul>
<b>Biotische Umweltfaktoren und Populationen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• intraspezifische Beziehungen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dynamik von Populationen</li> <li>– dichteabhängige und dichteunabhängige Regulation von Populationen</li> <li>– intraspezifische Konkurrenz</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum</li> <li>• Fortpflanzungsstrategien: r- und K-Strategien</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• interspezifische Beziehungen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– interspezifische Konkurrenz, Konkurrenzausschlussprinzip, ökologische Nische</li> <li>– Parasitismus, Symbiose</li> <li>– Räuber-Beute-Beziehungen – Lotka-Volterra-Modell</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Verfügbarkeit von Ressourcen für autotrophe und heterotrophe Organismen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gesetz vom Minimum (BNE)</li> </ul>	
<b>Prinzipien der Basiskonzepte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Kompartimentierung</li> <li>– Steuerung und Regelung: positive und negative Rückkopplung</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einbindung der Fotosynthese bei der Behandlung der abiotischen Faktoren</li> <li>– mehrdimensionale Darstellung zur Wirkung von Umweltfaktoren</li> <li>– praktischer Nutzen der Untersuchung von ökologischen Potenzen, z. B. Landwirtschaft, Waldwirtschaft, Schädlingsbekämpfung</li> <li>– aktuelle Schädlingsproblematik, z. B. Borkenkäfer</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 3, Wahlpflichtbaustein: Tarnen, Warnen, Täuschen</li> </ul>	

<b>Dynamik von Ökosystemen</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Strukturen von Ökosystemen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biotop und Biozönose</li> <li>• räumliche und jahreszeitliche Struktur</li> <li>• trophische Struktur – Trophieebenen in Nahrungsketten und Nahrungsnetzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahrungspyramiden</li> </ul>
<b>Stoff- und Energiefluss</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffkreislauf am Beispiel des Kohlenstoffkreislaufs</li> <li>• Energiefluss</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stickstoffkreislauf</li> </ul>
<b>Entwicklung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• offenes System</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stabilität und Dynamik – Sukzession und Klimax</li> </ul>
<b>Prinzipien der Basiskonzepte</b>	
– Stoff- und Energieumwandlung: Stoffkreislauf, Energieentwertung	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vernetzungen zwischen Systemebenen und zwischen lebenden Systemen untereinander und zu ihrer Umwelt herstellen</li> <li>– exemplarische Betrachtung eines Ökosystems</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
– Leitthema 1, Pflichtbaustein: Biosysteme und ihre Eigenschaften	

<b>Angewandte Aspekte der Ökologie (BNE)</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Folgen des anthropogenen Handelns</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Treibhauseffekt und Klimawandel</li> <li>• Land-, Forst- und Wasserwirtschaft</li> <li>• Ver- und Entsorgung</li> <li>• Bevölkerungswachstum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umweltgifte und hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt</li> </ul>
<b>Nachhaltige Entwicklung</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ökologischer Fußabdruck</li> <li>• Ökosystemmanagement – Ursache-Wirkungszusammenhänge                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen</li> <li>– nachhaltige Nutzung</li> <li>– Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturschutz – lokal und global</li> </ul>
<b>Prinzipien der Basiskonzepte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Steuerung und Regelung: positive und negative Rückkopplung</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– globale Probleme der Versorgung und Entsorgung einer weltweit wachsenden Menschheit lokal thematisieren, z. B. Trinkwasser in Konkurrenz zu Bewässerung</li> <li>– handlungsorientierte Projekte, z. B. Analyse und kritische Betrachtung der schulischen Umwelt oder des eigenen Konsumverhaltens, Entwicklung und Abwägung von Handlungsoptionen, Entscheidungen treffen und reflektieren</li> <li>– lokale Umweltproblematiken, Kulturlandschaft vs. Naturlandschaft</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 5, Pflichtbaustein: Anatomie und Physiologie neuronaler und hormoneller Kommunikation</li> <li>– Leitthema 2, Pflichtbaustein: Gentechnik und ihre Anwendung</li> </ul>	

<b>Fotosynthese – ein aufbauender Stoffwechselprozess</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Funktionale Anpasstheiten</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blattaufbau</li> <li>• Feinbau Chloroplasten</li> <li>• Absorptionsspektrum von Chlorophyll</li> <li>• Wirkungsspektrum</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Licht- und Schattenblatt</li> <li>• Lichtsammelkomplex</li> </ul>
<b>Ablauf der Fotosynthese</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• lichtabhängige Reaktion</li> <li>• lichtunabhängige Reaktion – Calvin-Zyklus (Fixierung, Reduktion, Regeneration)</li> <li>• Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• energetisches Modell der Lichtreaktionen</li> <li>• Fotosynthespezialisten – C4-Pflanzen</li> </ul>
<b>Beeinflussung der Fotosynthese</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> </ul>	
<b>Prinzipien der Basiskonzepte</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Oberflächenvergrößerung, Kompartimentierung</li> <li>– Stoff- und Energieumwandlung: energetische Kopplung</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bilanzrechnungen</li> <li>– Vergleich der ATP-Bildung an der inneren Mitochondrienmembran (Leitthema 1) und der Thylakoidmembran</li> <li>– Vernetzung zwischen Systemebenen (Organ, Zelltyp, Zellorganell), Einordnung in ökologische Zusammenhänge</li> <li>– Vergleich Assimilation und Dissimilation</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 1, Pflichtbaustein: Zellatmung und Gärung – abbauende Stoffwechselprozesse</li> <li>– Leitthema 3, Wahlpflichtbaustein: Lebewesen erobern Land und Luft</li> </ul>	

Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Umweltfaktoren, Ressourcen und Populationen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung von Populationsentwicklungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellversuche zu tiergeographischen Regeln</li> </ul>
<b>Dynamik von Ökosystemen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung abiotischer Faktoren</li> <li>• qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• quantitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>
<b>Fotosynthese – ein aufbauender Stoffwechselprozess</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroskopie des Laubblattes</li> <li>• Isolierung und Chromatographie von Blattfarbstoffen</li> <li>• qualitativer Nachweis der Fotosyntheseprodukte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroskopie von Pflanzengewebe</li> <li>• Absorptionsspektren verschiedener Fotosynthesepigmente</li> <li>• Experimente zur Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> <li>• Tracer-Methode (Autoradiographie)</li> </ul>
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Versuche zu interspezifischer und intraspezifischer Konkurrenz</li> <li>– Nutzung eines dichotomen Bestimmungsschlüssels und digitaler Apps zur Bestimmung</li> <li>– Messungen ökologischer Faktoren, z. B. biologische Wasseranalyse, Zeigerwerte nach Ellenberg; Untersuchungen zum Boden (Berlese-Apparat)</li> <li>– Einsatz von Analyseköffern und des Computers zur Erfassung, Beschaffung und Darstellung von Daten/Messwerten</li> <li>– Einsatz von Modellen und Computersimulationen zu Populationsentwicklungen</li> <li>– Teilnahme an Citizen-Science-Initiativen von Naturschutzverbänden o. ä. (Stunde der Gartenvögel, GEO-Tag der Artenvielfalt) - Biomonitoring</li> </ul>	

**Tiere an extremen Standorten**

- Strategien zur Anpasstheit an limitierende Faktoren
- Anpasstheit der Arten – morphologisch, anatomisch, physiologisch
- Bedeutung verschiedener Fortpflanzungsstrategien

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Regenwald, Wattenmeer, Hitze-/Kältewüste

**Pflanzen an extremen Standorten**

- Strategien zur Anpasstheit an limitierende Faktoren
- Anpasstheit der Arten – morphologisch, anatomisch, physiologisch
- Epiphyten

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Regenwald, Hitze-/Kältewüste, Gebirgsflora

**Landwirtschaft und Ernährung (BNE)**

- Konkurrenz zwischen Ernährung und Energiegewinnung
- agrarische Wirtschaftsformen
  - industriell vs. biologisch-dynamisch
  - Monokulturen vs. Mischkulturen
- Schädlingsbekämpfung

**Hinweise und Anregungen**

- Verarmung der genetischen Variabilität der Kulturpflanzen und der Artenvielfalt in Ökosystemen
- z. B. Vertical Farming, Aquaponik

**Neobiota – Neozoen und Neophyten**

- Mechanismen der Einwanderung
- Bedeutung in Nahrungsnetzen – Veränderung der Biodiversität
- Selbstregulation von Ökosystemen

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Waschbären, Wollhandkrabbe, Japanischer Knöterich, Wandermuschel, Drüsiges Springkraut, Asiatische Tigermücke

<b>Nachwachsende Rohstoffe (BNE)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielfalt und Nutzung</li> <li>• Anbau und Verarbeitung</li> <li>• Inhaltsstoffe</li> <li>• Begrenztheit natürlicher Ressourcen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Faser-, Öl-, Färbe-, Stärkepflanzen</li> <li>– z. B. Biogasanlagen</li> </ul>

<b>Aquatische oder terrestrische Ökosysteme</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamik des Ökosystems</li> <li>• Belastung und Selbstreinigung</li> <li>• Gütebestimmung – Zeigerarten</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Fließgewässer, stehende Gewässer, Meer, Moor, Böden</li> <li>– Rekultivierungsmaßnahmen</li> </ul>

<b>Kommunikation im Tier- und Pflanzenreich</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hemm- und Giftstoffe zur Abwehr von Fressfeinden und Konkurrenten</li> <li>• Allelopathie</li> <li>• optische, akustische und olfaktorische Signale</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Tierstaaten, Tabakpflanzen</li> </ul>

<b>Bionik</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• historische Entwicklung</li> <li>• Arbeitsweisen und aktuelle Forschung</li> <li>• ökonomische und ökologische Bedeutung</li> <li>• Chancen und Gefahren</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Klettverschluss, Lotuseffekt, Haihautoberflächen, Architektur, Biochips</li> <li>– z. B. künstliche Intelligenz</li> </ul>

**Mikrobiom**

- Ökosystem Mensch
- Mikroorganismen – Bakterien, Pilze
- Bedeutung der Ballaststoffe

**Hinweise und Anregungen**

- Antibiotika, Ernährung und Darm-Mikrobiom

**Waldschäden**

- Historie
- Ursachen und Schadensbilder
- wirtschaftliche Verflechtungen
- Gegenmaßnahmen

**Hinweise und Anregungen**

- aktueller Waldzustandsbericht

**Tierhaltung**

- artgerechte Haltung, Hospitalismus
- Medikamenteneinsatz in der Tierhaltung
- Entwicklung und Bedeutung von zoologischen Gärten/Tierparks

**Hinweise und Anregungen**

- Schulung der Bewertungskompetenz
- Zoos als „Genreserve“, Auswilderung

**Stadtökologie**

- Bauen und Wohnen
- Boden – Wasser – Klima
- Tiere und Pflanzen in der Stadt
- Stadtentwicklung

**Hinweise und Anregungen**

- Kartierungen
- z. B. evolutive Anpassung von Tieren und Pflanzen

**Wahlpflichtbaustein eigenes Thema**

## 4.5 Informationsverarbeitung in Lebewesen

Eine der komplexesten biologischen Strukturen, das menschliche Gehirn, verleiht dem Menschen die Fähigkeit, sowohl den Makrokosmos als auch den Mikrokosmos wahrzunehmen. Ein Vergleich der Außenwelterfassung verschiedener Lebewesen führt zum Erkenntnis der evolutiv entstandenen überlebensadäquaten Wahrnehmung. Diese und die Reaktionen auf Veränderungen in der Umwelt sind wesentliche Kennzeichen lebender Systeme. Dabei erfolgt die Rezeption von Reizen durch spezialisierte Sinneszellen. Die Erregungsleitung über das Neuron als grundlegende funktionelle Einheit des Nervensystems ist auf molekularer und zellulärer Ebene von Struktur-Funktions-Zusammenhängen abhängig. Die Informationsverarbeitung in und zwischen den Nervenzellen ermöglicht eine schnelle Auswertung von Signalen aus den Sinnesorganen. Für ein Verständnis der Steuerung physiologischer Prozesse sind Kenntnisse von Aufbau und Funktion bestimmter neuronaler Schaltkreise genauso erforderlich wie grundlegendes Wissen über das Hormonsystem und die Motorik. Anatomische und physiologische Untersuchungen des Gehirns mithilfe moderner bildgebender Verfahren führen zudem zu neuen Erkenntnissen über Wahrnehmungs- und Lernvorgänge und sind somit für das Individuum bedeutsam.

Relevanz für die menschliche Gesellschaft besitzt die Thematik darüber hinaus durch die Betrachtung neurodegenerativer Erkrankungen und deren möglicher Behandlung in einer immer älter werdenden Gesellschaft. Die größte Herausforderung der kognitiven Neurowissenschaft besteht darin, die Mechanismen zu verstehen, welche für die geistige Aktivität des Menschen verantwortlich sind, wie z. B. die Sprache oder das Bewusstsein. Das Verständnis der neuronalen Plastizität in Abhängigkeit von sensorischer Erfahrung ermöglicht z. B. Rückschlüsse auf das eigene Lernverhalten. Höhere Leistungen neuronaler Netzwerke, wie z. B. Erinnerung, Sprache und Verhalten, lassen die Neurobiologie zu einer Brücke zwischen Geistes- und Naturwissenschaft werden.

## Leitthema 5 Informationsverarbeitung in Lebewesen

### Pflichtbausteine

Anatomie und Physiologie neuronaler und hormoneller Kommunikation

Leistungen des Gehirns  
Wahrnehmung, Bewegung, Lernen

Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen

### Wahlpflichtbausteine

Evolution der Informationsverarbeitung

Stress

Emotionen und Motivation

Schmerz

Sucht

Erkrankungen des Nervensystems

Chronobiologie

Signalverarbeitung und Bewegung bei Pflanzen und Einzellern

Spezielle Sinnesleistungen bei Tieren

Kommunikation und Sprache

Neuroethik und -philosophie

Psychoneuroimmunologie

Verhalten

Geschichte der Verhaltensforschung

Eigenes Thema

<b>Anatomie und Physiologie neuronaler und hormoneller Kommunikation</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Struktur und Funktion von Nervensystemen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZNS, peripheres und autonomes Nervensystem</li> <li>• Bau und Funktion von Neuronen und Gliazellen</li> </ul>	
<b>Signalübertragung innerhalb von Neuronen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ruhepotenzial, Aktionspotenzial</li> <li>• kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung</li> </ul>	
<b>Signalübertragung zwischen Neuronen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• erregende chemische und neuromuskuläre Synapse</li> <li>• Stoffeinwirkung an Synapsen und Neuronen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verrechnung – Funktion einer hemmenden und erregenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation</li> </ul>
<b>Hormonsystem</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormonwirkung</li> <li>• Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung</li> <li>• Second-Messenger-Übertragungsweg</li> </ul>
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Kompartimentierung, Schlüssel-Schloss-Prinzip</li> <li>– Steuerung und Regelung: negative und positive Rückkopplung, Homöostase, Boten-Prinzip</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hormone als Transkriptionsfaktoren</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 2, Pflichtbaustein: Grundlagen der Molekulargenetik</li> <li>– Leitthema 2, Wahlpflichtbaustein: Geschlechtsdetermination</li> </ul>	

Leistungen des Gehirns – Wahrnehmung, Bewegung, Lernen	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Sensorische Systeme</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau und Funktionsweise eines Sinnesorgans</li> <li>• Rezeptorpotenzial</li> <li>• Signaltransduktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• primäre und sekundäre Sinneszelle</li> <li>• phasische, tonische und phasisch-tonische Sinneszellen</li> </ul>
<b>Motorische Systeme</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau und Funktion der Skelettmuskulatur</li> <li>• Reflexe</li> </ul>
<b>Neuronale Plastizität</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bau und Funktion des Gehirns</li> <li>• Lernen                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Gedächtnissysteme</li> <li>– Gedächtniskonsolidierung</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zelluläre Prozesse des Lernens und Vergessens</li> </ul>
<b>Störungen des neuronalen Systems</b>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• neurodegenerative Erkrankungen</li> </ul>
<b>Basiskonzepte und deren Prinzipien</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Struktur und Funktion: Schlüssel-Schloss-Prinzip</li> <li>– Steuerung und Regelung: Kaskaden-Prinzip, Prinzip der Plastizität</li> <li>– Information und Kommunikation: Codierung und Decodierung von Informationen, Signaltransduktion</li> </ul>	
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– deklaratives und nichtdeklaratives Gedächtnis</li> <li>– Alzheimer-Demenz, Parkinson, Störung der Erregungsleitung bei Multipler Sklerose</li> </ul>	
<b>Mögliche Vertiefungen und Vernetzungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Leitthema 1, Pflichtbaustein: Zellatmung und Gärung – abbauende Stoffwechselprozesse</li> <li>– Leitthema 1, Wahlpflichtbaustein: Sportphysiologie</li> </ul>	

<b>Fachliche Verfahren und biologische Denk- und Arbeitsweisen</b>	
Grund- und Leistungsfach	Leistungsfach
<b>Anatomie und Physiologie neuronaler und hormoneller Kommunikation</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenzialmessungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellierung der Erregungsweiterleitung oder der synaptischen Verrechnung</li> </ul>
<b>Leistungen des Gehirns – Wahrnehmung, Bewegung, Lernen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untersuchung von Reflexen</li> <li>• Lernstrategien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• neurophysiologische Verfahren</li> <li>• Versuche zu Sinnesleistungen</li> </ul>
<b>Hinweise, Anregungen und mögliche thematische Anknüpfungen</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Präparationen, z. B. Muskel, Auge, Nervenzellen</li> <li>– bildgebende Verfahren, z. B. Computertomographie (CT), Magnetresonanztomographie (MRT), Elektroenzephalogramm (EEG)</li> <li>– Kontrastverstärkung – Modellierung mit Tabellenkalkulation</li> </ul>	

<b>Evolution der Informationsverarbeitung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evolution von Nervensystemen</li> <li>• Entwicklungsstufen eines Sinnesorgans</li> <li>• Evolution von Verhaltensprogrammen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
– Cephalisation, z. B. Nervennetz, Ganglien, Strickleiternnervensystem, Zentralnervensystem

<b>Stress</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stressoren</li> <li>• Arten von Stress – Eu- und Distress</li> <li>• Ablauf einer Stressreaktion</li> <li>• Strategien der Stressbewältigung</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenspiel von Hormon- und Nervensystem</li> <li>– stammesgeschichtliche Bedeutung der Stressreaktion</li> </ul>

<b>Emotionen und Motivation</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emotionen, Gefühle, Stimmungen             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bedeutung</li> <li>– neuronale Ursachen</li> <li>– physiologische Wirkungen</li> </ul> </li> <li>• Ursachen und Wirkung von Motivation</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Lernen und Emotionen, Angst, Aggression</li> <li>– autonomes Nervensystem</li> </ul>

<b>Schmerz</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktion von Schmerz</li> <li>• Nozizeption – schmerzauslösende sensorische Prozesse</li> <li>• Schmerzbahnen – Schmerzempfindungen</li> <li>• Schmerzhemmung durch endogene und exogene Stoffe</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Endorphine, Hemmstoffe der Prostaglandinsynthese, Capsaicin, Tetrodotoxin, Opioide</li> <li>– Phantomschmerz</li> </ul>

<b>Sucht</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ursachen von Suchtverhalten</li> <li>• stoffgebundene und stoffungebundene Sucht</li> <li>• psychische und physische Abhängigkeit – Aktivierung des Belohnungssystem</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Opioide und Opiatrezeptoren, Modell zur Morphinwirkung</li> <li>– z. B. Alkohol, Spielsucht, Internetsucht, Kaufsucht</li> <li>– Diskussion der Alkoholwerbung oder der Legalisierung von Cannabis</li> </ul>
<b>Erkrankungen des Nervensystems</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoimmunerkrankungen</li> <li>• psychische Erkrankungen</li> <li>• Herz-Kreislauf-Erkrankungen</li> <li>• Entwicklungsstörungen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Myasthenia gravis, Schizophrenie, Schlaganfall, Autismus, Epilepsie, Migräne</li> </ul>
<b>Chronobiologie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bedeutung endogener Rhythmen für die Erhaltung lebender Systeme</li> <li>• endogene Steuerung biologischer Rhythmen</li> <li>• Beeinflussung endogener Rhythmen durch exogene Rhythmen</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. circadiane, circannuale, ultradiane und circalunare Rhythmen</li> <li>– z. B. suprachiasmatischer Nukleus, Uhrengene</li> <li>– z. B. Schlaf, Winterschlaf, Vogelzug, Langtag-, Kurztagpflanzen, Blütenbildung</li> </ul>
<b>Signalverarbeitung und Bewegung bei Pflanzen und Einzellern</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• physiologische Grundlagen</li> <li>• pflanzliche Bewegung – Taxien, Tropismen, Nastien</li> <li>• Bewegung bei Einzellern</li> </ul>
<b>Hinweise und Anregungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– z. B. Turgorbewegungen, Reiz-Reaktions-Schema</li> <li>– z. B. Venusfliegenfalle, Mimosen, Ranken</li> <li>– Experimente z. B. zu Geo- und Fototropismus, Fototaxis, Chemotaxis, Seismonastie</li> </ul>

### Spezielle Sinnesleistungen bei Tieren

- Reizmodalitäten
- Bau und Funktion
  - reizleitender Apparat
  - Sinneszellen
- Anpassungen an abiotische und biotische Faktoren

### Hinweise und Anregungen

- z. B. Seitenlinienorgan, elektrische Fische, Grubenorgan, Echolokation, Infrarotsensor

### Kommunikation und Sprache

- visuelle und chemische Kommunikation bei Lebewesen
- Neurobiologie der Sprache
  - Sprachregionen und Sprachverarbeitung im Gehirn
  - Spracherwerb

### Hinweise und Anregungen

- z. B. staatenbildende Insekten, Pheromone
- Lateralisierung, Split-Brain-Patienten, Aphasie
- bildgebende Verfahren, z. B. funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT), Positronen-Emissions-Tomographie (PET)

### Neuroethik und -philosophie

- Hirnforschung und Willensfreiheit
- Schnittstellen zwischen Gehirn und Technik
- Künstliche Intelligenz
- Chancen und Risiken der Hirnforschung

### Hinweise und Anregungen

- z. B. Hirndoping, Prothesen, Cochlea-Implantat

### Psychoneuroimmunologie

- Wechselwirkung zwischen Nerven-, Immun- und Hormonsystem
- Placebo-Effekt
- Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse

### Hinweise und Anregungen

- z. B. Selbstwirksamkeit, Resilienz

**Verhalten**

- Grundlagen der Verhaltensforschung
- modifiziertes Verhalten durch Erfahrung
- Verhalten und Ressourcensicherung

**Hinweise und Anregungen**

- Lernen, Gewöhnung, Intelligenz

**Geschichte der Verhaltensforschung**

- Behaviorismus
- klassische Ethologie
- Humanethologie
- Verhaltensökologie/Soziobiologie

**Hinweise und Anregungen**

- z. B. Skinner, Pawlow, Eibel-Eibesfeld, Wilson, Lorenz, Tinbergen, von Holst
- Bedeutung historischer Modelle

**Wahlpflichtbaustein eigenes Thema**

# 5 KOMPETENZORIENTIERTER UNTERRICHT

## 5.1 Strukturierung und Kompetenzentwicklung

Der Lehrplan der Sekundarstufe II baut auf der Kompetenzdefinition der Bildungsstandards Naturwissenschaften für die Allgemeine Hochschulreife auf. Auf dieser Grundlage wird die Entwicklung eines kompetenzorientierten Unterrichts gefördert und darüber hinaus wird für die Transparenz schulischer Anforderungen gesorgt. „Das von der KMK gewählte Konzept von Bildungsstandards legt fest, welche fachbezogenen Kompetenzen Lernende bis zu einem bestimmten Abschnitt in der Schullaufbahn entwickelt haben sollen.“<sup>17</sup> Unter einer Kompetenz wird dabei die Fähigkeit verstanden, Wissen und Können in den jeweiligen Fächern zur Lösung von Problemen anzuwenden.

Erst durch Strukturierungen auf verschiedenen Ebenen erhalten die Leitthemen wie auch die Pflicht- und Wahlpflichtbausteine eine didaktische Dimension. Strukturierung meint das didaktisch begründete Gefüge der einzelnen Bausteine des Lehrplans in einer Lernumgebung. Die im Lehrplan dargestellte Abfolge der Leitthemen ist keine verbindliche Vorgabe, sondern stellt eine mögliche Anordnung dar, die sich an der System- und Evolutionstheorie orientiert. Das Bausteinprinzip des Lehrplans ermöglicht jedoch eine Vielzahl von Strukturierungen, denn das modulare System basiert auf der Grundidee, dass sowohl die Pflichtbausteine als auch die dort subsumierten Inhalte das Gerüst bilden und die Wahlpflichtbausteine das individuelle Lernumfeld gestalten, welches den situativen Bedingungen der Lerngruppe angepasst ist.

Der eigenverantwortliche Gestaltungsraum der Lehrenden und der Lerngruppe umfasst damit die Auswahl der Wahlpflichtbausteine, ihre Kombination mit den Pflichtbausteinen und die Anordnung der Bausteine innerhalb der Kurshalbjahre. Dieser Prozess wird von den situativen Voraussetzungen der Lerngruppe sowie von den Möglichkeiten der Schule mitbestimmt. Zusammenfassend ist dabei zu berücksichtigen, dass die **Leitthemen**, deren **Bausteine und Inhalte**

- an keine Schulhalbjahres- und Jahresgrenzen gebunden sind,
- sich überschneiden und untereinander frei kombiniert werden können,
- unterschiedlich angeordnet werden können,
- Leitthemen übergreifend kombiniert werden können.

**Bei der didaktischen Entscheidung über die Abfolge der Leitthemen ist jedoch zu beachten, dass alle Inhalte der Pflichtbausteine während der Qualifikationsphase abiturelevant sind.**

Die folgenden Strukturierungsvorschläge vermitteln Anregungen zum Umgang mit den Leitthemen und Bausteinen des Lehrplans. Vorgestellt werden Strukturierungen über ein ganzes Leitthema und weitere zu einem thematischen Zusammenhang, der nur bestimmte Bausteine eines oder mehrerer Leitthemen kombiniert. Die Strukturierungsvorschläge werden durch Kompetenzraster ergänzt und zeigen somit exemplarisch die Entwicklung von Kompetenzen, also den handelnden Umgang mit Wissen, auf.

---

<sup>17</sup> Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Carl Link. 2020, S. 3.

## 5.2 Strukturierungsvorschläge und Kompetenzraster – exemplarisch

### Strukturierungsvorschlag zu LT 1 – Leben und Energie

Dieser Vorschlag strukturiert beispielhaft das gesamte Leitthema 1.

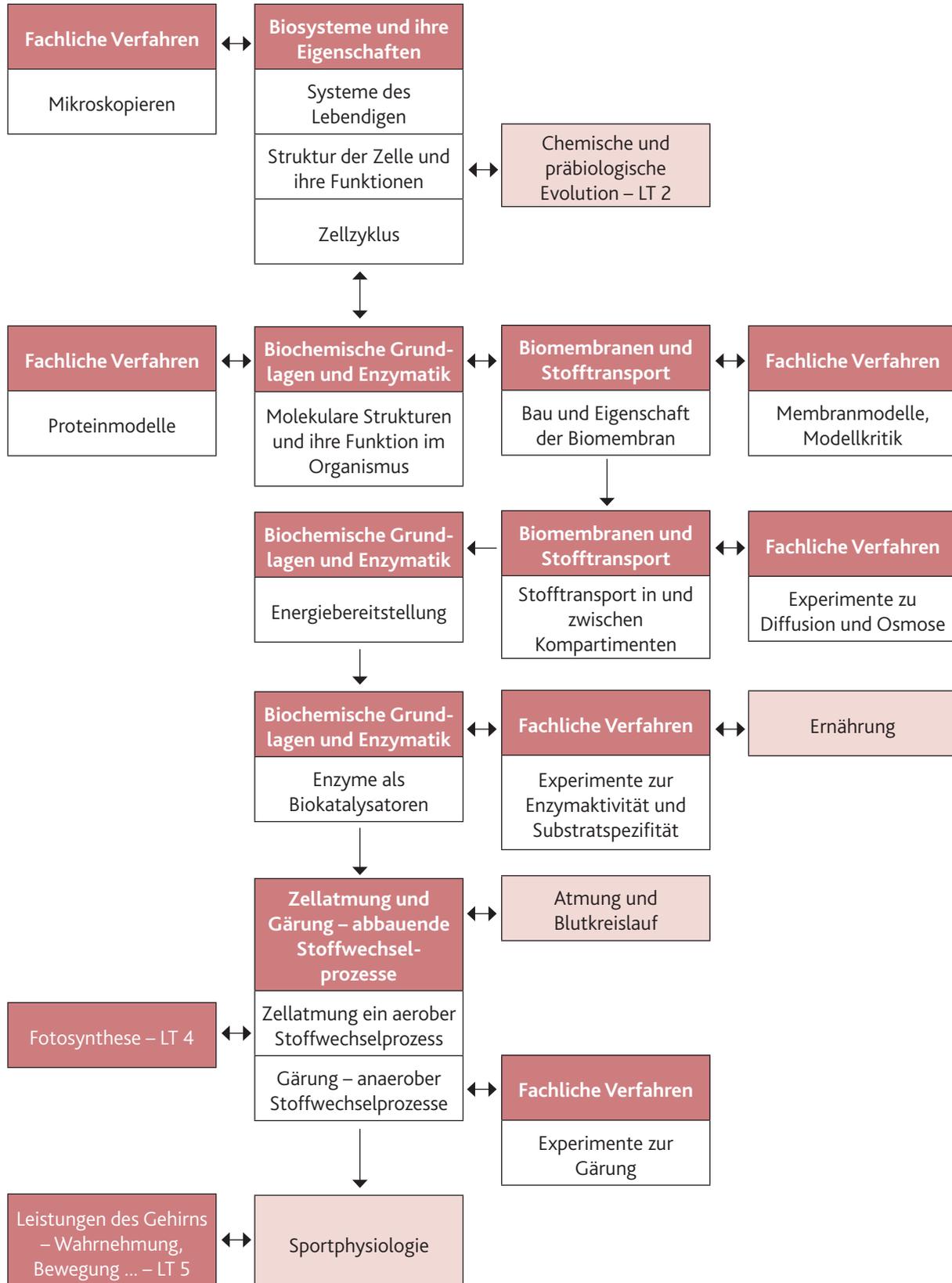


Abb. 2: Strukturierungsvorschlag LT 1, gesamt

Die Anordnung der Bausteine im Unterricht und die Auswahl der Wahlpflichtbausteine erfolgt in diesem Strukturierungsvorschlag unter dem Leitgedanken „Ernährung und Bewegung“.

Bewegungen und Stoffwechselaktivitäten sowie der Aufbau aus Zellen gehören zu den Kennzeichen des Lebendigen, die den Ausgangspunkt des Unterrichts darstellen. Verschiedene Strukturen in Zellen werden mikroskopisch und im Schema erkannt und ihre Bedeutung erläutert. Die Eigenschaften von Muskelzellen und die Differenzierung bei Zellen des Darmepithels werden als besondere Anpassungen von Zellen in Bezug auf Ernährung und Bewegung herausgestellt. Das Verständnis der molekularen Strukturen sowie des Baus und der Funktionen von Membranen bildet die Grundlage für die Erarbeitung von Transportvorgängen – Bewegungen innerhalb und zwischen Zellen. Methodisch stehen die Modellarbeit und die Durchführung von Experimenten im Vordergrund.

Ernährung liefert Energie als Voraussetzung für Transportvorgänge auf zellulärer Ebene und für Bewegungen des Organismus. Enzymatische Vorgänge werden hier beispielhaft am Wahlpflichtbaustein Ernährung erläutert, wobei der Blick auch auf andere Aspekte der Ernährung erweitert wird und die Aktivitäten von Enzymen experimentell überprüft werden. Grundlage für die folgenden energiebereitstellenden Prozesse sind die äußere Atmung und der Blutkreislauf, die hinausgehend über die humanbiologische Ebene im Wahlpflichtbaustein Atmung und Blutkreislauf erarbeitet werden. Ein Ebenenwechsel führt zu den molekularen Prozessen der Zellatmung als aerobem Stoffwechselprozess, dem die Gärung – auch experimentell – als anaerobe Alternative gegenübergestellt wird. An dieser Stelle besteht die Möglichkeit einer Verknüpfung zu den assimilatorischen Prozessen der Fotosynthese in Leitthema 4 – Lebewesen in ihrer Umwelt.

Angewandt und schülerbezogen werden die Inhalte im Wahlpflichtbaustein Sportphysiologie vertieft und genutzt, um Trainingseffekte zu verstehen und sich kritisch mit dem Thema Doping auseinanderzusetzen. Der Wahlpflichtbaustein knüpft an das Thema Motorik in Leitthema 5 – Informationsverarbeitung in Lebewesen an.

## Kompetenzraster zu LT 1

## Thematischer Zusammenhang: Sport und Doping

Das folgende Kompetenzraster bildet mit dem thematischen Zusammenhang Sport und Doping nur einen Teil des Strukturierungsvorschlages zum Leitthema 1 ab.

Kompetenzbereich:	Allgemeine Formulierung des Standards:	Auf den thematischen Zusammenhang bezogene Formulierung des Standards:
	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
Sachkompetenz	<p><b>S 1</b> ... beschreiben biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht.</p> <p><b>S 2</b> ... strukturieren und erschließen biologische Phänomene sowie Anwendungen der Biologie auch mithilfe von Basiskonzepten.</p> <p><b>S 5</b> ... strukturieren und erschließen die Eigenschaften lebender Systeme auch mithilfe von Basiskonzepten und erläutern die Eigenschaften unter qualitativen und quantitativen Aspekten.</p>	<p>... beschreiben die Unterschiede zwischen roten und weißen Muskelfasern.</p> <p>... erklären die Prozesse der Energiebereitstellung in den Muskelzellen in unterschiedlichen Phasen körperlicher Aktivität.</p> <p>... erklären die Unterschiede und Verteilung verschiedener Muskeltypen auch mit deren unterschiedlicher Funktion.</p>
Erkenntnisgewinnungskompetenz	<p><b>E 4</b> ... planen und führen hypothesengeleitete Beobachtungen, Vergleiche, Experimente [...] durch und protokollieren sie.</p> <p><b>E 7</b> ... nehmen qualitative und quantitative Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus.</p> <p><b>E 9</b> ... finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen.</p> <p><b>E 10</b>... beurteilen die Gültigkeit von Daten und ermitteln mögliche Fehlerquellen.</p>	<p>... führen hypothesengeleitete Experimente mit Pulsmessgeräten durch und werten diese sachgerecht aus.</p> <p>... werten Daten zur Veränderung stoffwechselphysiologischer Parameter (Kapillarisierung, Mitochondriendichte etc.) aus und erklären damit Trainingseffekte und Leistungssteigerungen (durch Superkompensation).</p>

<b>Kommunikationskompetenz</b>	<p><b>K 2</b> ... wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexeren Darstellungsformen.</p> <p><b>K 10</b> ... verarbeiten sach-, adressaten- und situationsgerecht Informationen zu biologischen Sachverhalten.</p>	<p>... recherchieren und erläutern unterschiedliche Trainingsmethoden und -formen und begründen Sie mit Bezug auf die Trainingsziele.</p> <p>... geben einen Überblick über verschiedene Dopingverfahren (Substanzen und Methoden) mit dem Ziel der Leistungssteigerung.</p>
<b>Bewertungskompetenz</b>	<p><b>B 7</b> ... stellen Bewertungskriterien auf, auch unter Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte.</p> <p><b>B 8</b> ... entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie ab.</p> <p><b>B 9</b> ... bilden sich kriteriengeleitet Meinungen und treffen Entscheidungen auf der Grundlage von Sachinformationen und Werten.</p>	<p>... entwickeln Bewertungskriterien zur Beurteilung verschiedener Dopingmittel und -verfahren.</p> <p>... bedenken dabei gesundheitliche und sportliche Aspekte, aber auch soziale und finanzielle Aspekte und entwickeln begründete eigene Handlungsoptionen.</p> <p>... nehmen begründet Stellung zur Verwendung leistungssteigernder Substanzen aus gesundheitlicher und ethischer Sicht.</p>

Tab. 5: Kompetenzraster LT 1, Sport und Doping

## Strukturierungsvorschlag zu LT 2 – Genetische Grundlagen des Lebens

Thematischer Zusammenhang: Gentechnik in der Landwirtschaft

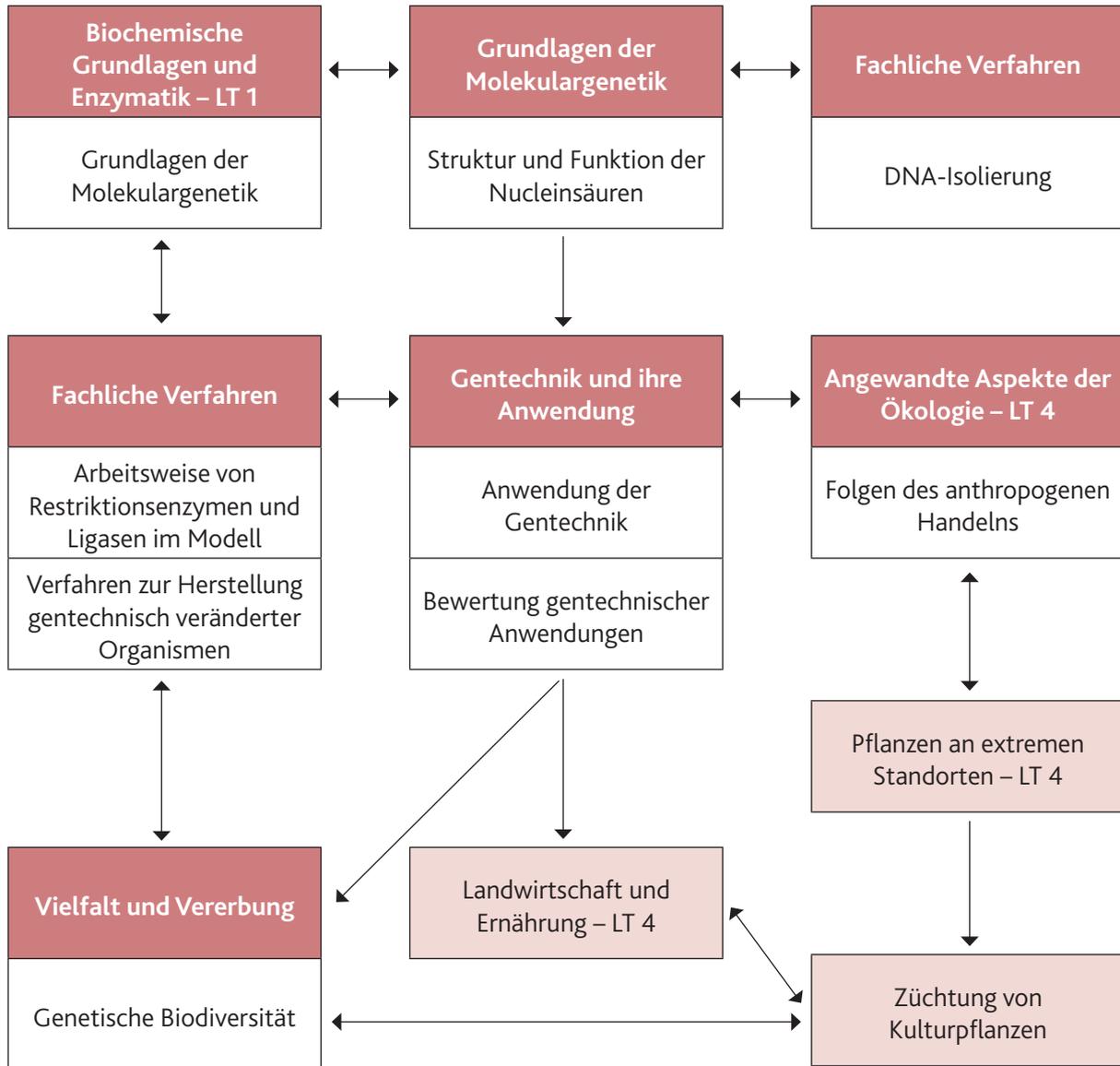


Abb. 3: Strukturierungsvorschlag LT 2, Gentechnik in der Landwirtschaft

Im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen Kulturpflanzen, wie z. B. die Tomate oder die Kartoffel, deren Merkmale gentechnisch verändert werden können. Ausgehend vom Wildtyp der Pflanze, deren phänotypische Merkmale in der DNA verschlüsselt sind, werden fachliche Verfahren angewandt, um die DNA zu extrahieren.

Die besondere Bedeutung der Enzyme wird wiederholend aus Leitthema 1 noch einmal aufgegriffen und vertiefend an der Arbeitsweise von Enzymen zur Herstellung gentechnisch veränderter Organismen dargestellt.

Um den Bedürfnissen der Weltbevölkerung hinsichtlich einer ausreichenden und ausgewogenen Ernährung zu entsprechen, werden in der Landwirtschaft biotechnologische Verfahren angewendet, um die physiologische und ökologische Potenz der Pflanzen an die Wachstumsbedingungen an ihrem Standort in den verschiedenen Vegetationszonen der Erde anzupassen. Dieser Sachverhalt wird durch den Klimawandel erschwert. Während in der Vergangenheit vorwiegend Züchtungsverfahren angewendet wurden, werden heute außerdem gentechnische Verfahren, wie z. B. CRISPR-Cas9, genutzt.

Zusammenfassend können Folgen des anthropogenen Handelns hinsichtlich des Eingriffs des Menschen in den Genpool und deren nachhaltige Folgen für die Natur umfassend dargestellt, diskutiert und kritisch reflektiert werden.

## Kompetenzraster zu LT 2

## Thematischer Zusammenhang: Gentechnik in der Landwirtschaft

Kompetenzbereich:	Allgemeine Formulierung des Standards: Die Lernenden ...	Auf den thematischen Zusammenhang bezogene Formulierung des Standards: Die Lernenden ...
Sachkompetenz	<p><b>S 3</b> ... erläutern biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht.</p> <p><b>S 7</b> ... erläutern Prozesse in und zwischen lebenden Systemen sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt.</p>	<p>... beschreiben molekulargenetische Verfahren und erläutern deren Bedeutung für gentechnische Grundoperationen.</p>
Erkenntnisgewinnungskompetenz	<p><b>E 4</b> ... planen und führen [...] Modellierungen durch und protokollieren sie.</p> <p><b>E 12</b> ... diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen.</p>	<p>... konstruieren Modelle zur Arbeitsweise von Restriktionsenzymen und Ligasen und diskutieren deren Möglichkeiten und Grenzen.</p>
Kommunikationskompetenz	<p><b>K 2</b> ... wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen.</p> <p><b>K 3</b> ... prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen in Hinblick auf deren Aussage.</p>	<p>... recherchieren aktuelle Informationen zu den Möglichkeiten und der Herstellung gentechnisch veränderter Organismen.</p> <p>... stellen mit Hilfe geeigneter Medien die Herstellung transgener Lebewesen dar und tauschen sich untereinander kritisch über die Ergebnisse aus.</p> <p>... schätzen die Zuverlässigkeit der erhaltenen Informationen ab.</p>

<b>Bewertungskompetenz</b>	<p><b>B 7</b> ... stellen Bewertungskriterien auf, auch unter Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte.</p> <p><b>B 8</b> ... entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie ab.</p> <p><b>B 9</b> ... bilden sich kriteriengeleitet Meinungen und treffen Entscheidungen auf der Grundlage von Sachinformationen und Werten.</p>	<p>... stellen verschiedene naturwissenschaftlich, gesellschaftswissenschaftlich und ethisch begründete Positionen zur Herstellung und Nutzung gentechnisch veränderter Lebewesen in einer Podiumsdiskussion und/oder im Rollenspiel vor.</p> <p>... diskutieren die kurz- und langfristigen lokalen und globalen Folgen aus verschiedenen Perspektiven und begründen daraus einen eigenen Standpunkt.</p>
----------------------------	---	--

Tab. 6: Kompetenzraster LT 2, Gentechnik in der Landwirtschaft

## Strukturierungsvorschlag zu LT 3 – Entstehung und Entwicklung des Lebens

### Thematischer Zusammenhang: Evolution der Giraffen

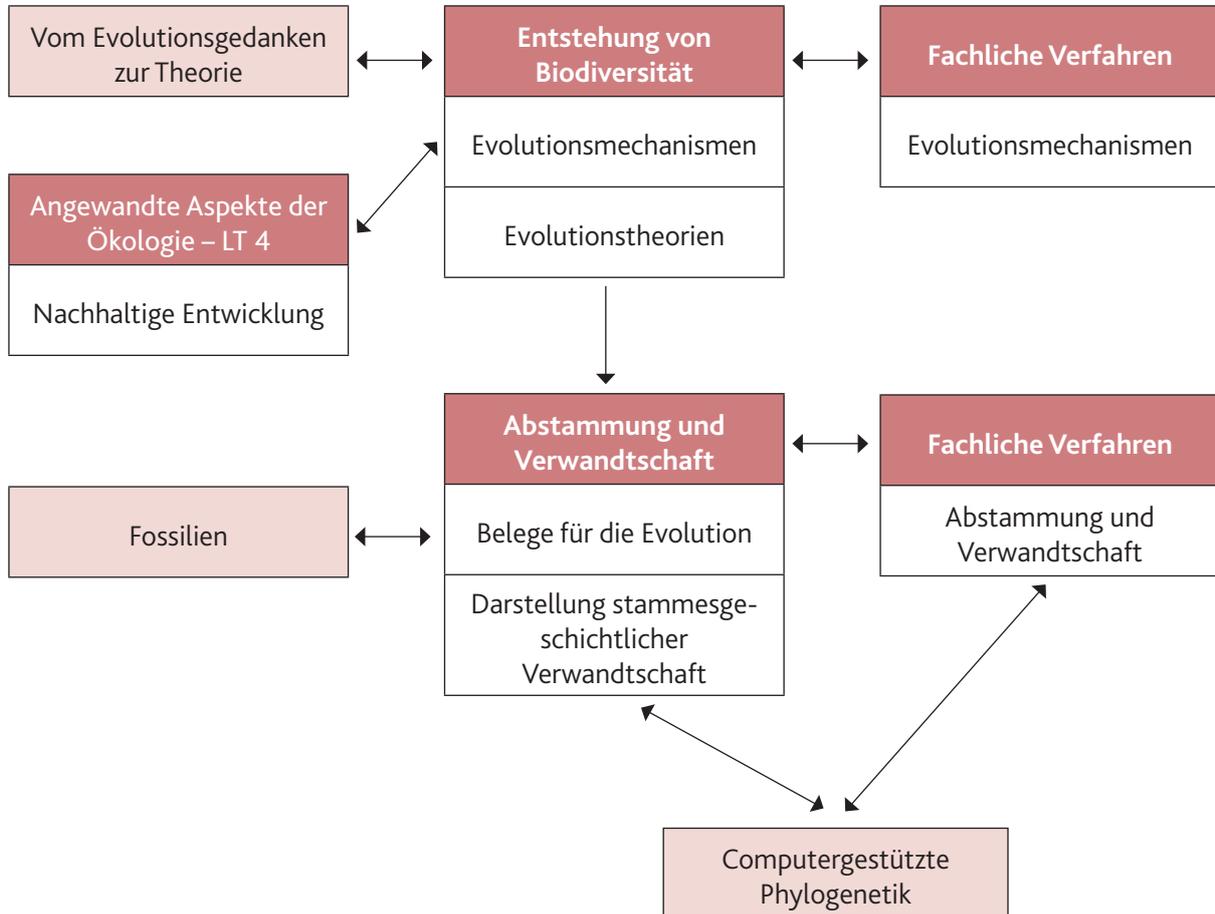


Abb. 4: Strukturierungsvorschlag LT 3, Evolution der Giraffe

Die Evolution des Giraffenhalses durch natürliche und/oder sexuelle Selektion stellt einen möglichen Ausgangspunkt dar, um grundlegende Evolutionsmechanismen wie Mutation und Rekombination einzuführen. Das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu den Evolutionstheorien von Darwin und Lamarck wird aufgegriffen, um die Entwicklung aufgrund von aktuellen Forschungsergebnissen zur synthetischen Evolutionstheorie zu erarbeiten.

Da die Giraffen seit 2016 in der Roten Liste als gefährdete Art geführt werden, bietet sich die Möglichkeit an, das Thema nachhaltige Entwicklung aufzugreifen und zum Beispiel Schutzmöglichkeiten der Giraffenpopulationen zu diskutieren.

Giraffen stellen auch aus systematischen Gesichtspunkten eine interessante Gruppe dar, da ihr Artstatus bis heute diskutiert wird. Es wird gezeigt, wie verwandtschaftliche Beziehungen anhand von morphologischen Untersuchungen, dem Vergleich von DNA-Sequenzen sowie die Erstellung von computergestützten Phylogenien aufgeklärt werden können.

## Kompetenzraster zu LT 3

## Thematischer Zusammenhang: Evolution der Giraffen

Kompetenzbereich:	Allgemeine Formulierung des Standards:	Auf den thematischen Zusammenhang bezogene Formulierung des Standards:
	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
Sachkompetenz	<p><b>S 3</b> ... erläutern biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht.</p> <p><b>S 7</b> ... erläutern Prozesse in und zwischen lebenden Systemen sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt.</p>	<p>... erläutern Belege, die für die sexuelle bzw. die natürliche Selektion des Giraffenhalses sprechen.</p> <p>... erläutern das Zusammenspiel der Evolutionsmechanismen (Mutation, Rekombination, natürliche und sexuelle Selektion, Fitness), das zur Ausbildung des langen Halses der Giraffen führte.</p>
Erkenntnisgewinnungskompetenz	<p><b>E 12</b> ... diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen.</p>	<p>... führen eine Modellsimulation zur Evolution des Giraffenhalses durch und diskutieren die Möglichkeiten und Grenzen des Modells.</p>
Kommunikationskompetenz	<p><b>K 2</b> ... wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen.</p> <p><b>K 3</b> ... prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen in Hinblick auf deren Aussage.</p>	<p>... wählen verschiedene Untersuchungsergebnisse aus morphologischen und molekularbiologischen Untersuchungen aus, um den Artstatus verschiedener Giraffengruppen zu prüfen.</p>

<b>Bewertungskompetenz</b>	<p><b>B 7</b> ... stellen Bewertungskriterien auf, auch unter Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte.</p> <p><b>B 8</b> ... entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie ab.</p> <p><b>B 9</b> ... bilden sich kriteriengeleitet Meinungen und treffen Entscheidungen auf der Grundlage von Sachinformationen und Werten.</p>	<p>... beurteilen den Nutzen verschiedener Schutzmaßnahmen zur Stabilisierung der Giraffenarten aus sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Sicht.</p>
----------------------------	---	--

Tab. 7: Kompetenzraster LT 3, Evolution der Giraffe

## Strukturierungsvorschlag zu LT 3 – Entstehung und Entwicklung des Lebens

Thematischer Zusammenhang: Evolution des Menschen (Leistungsfach)

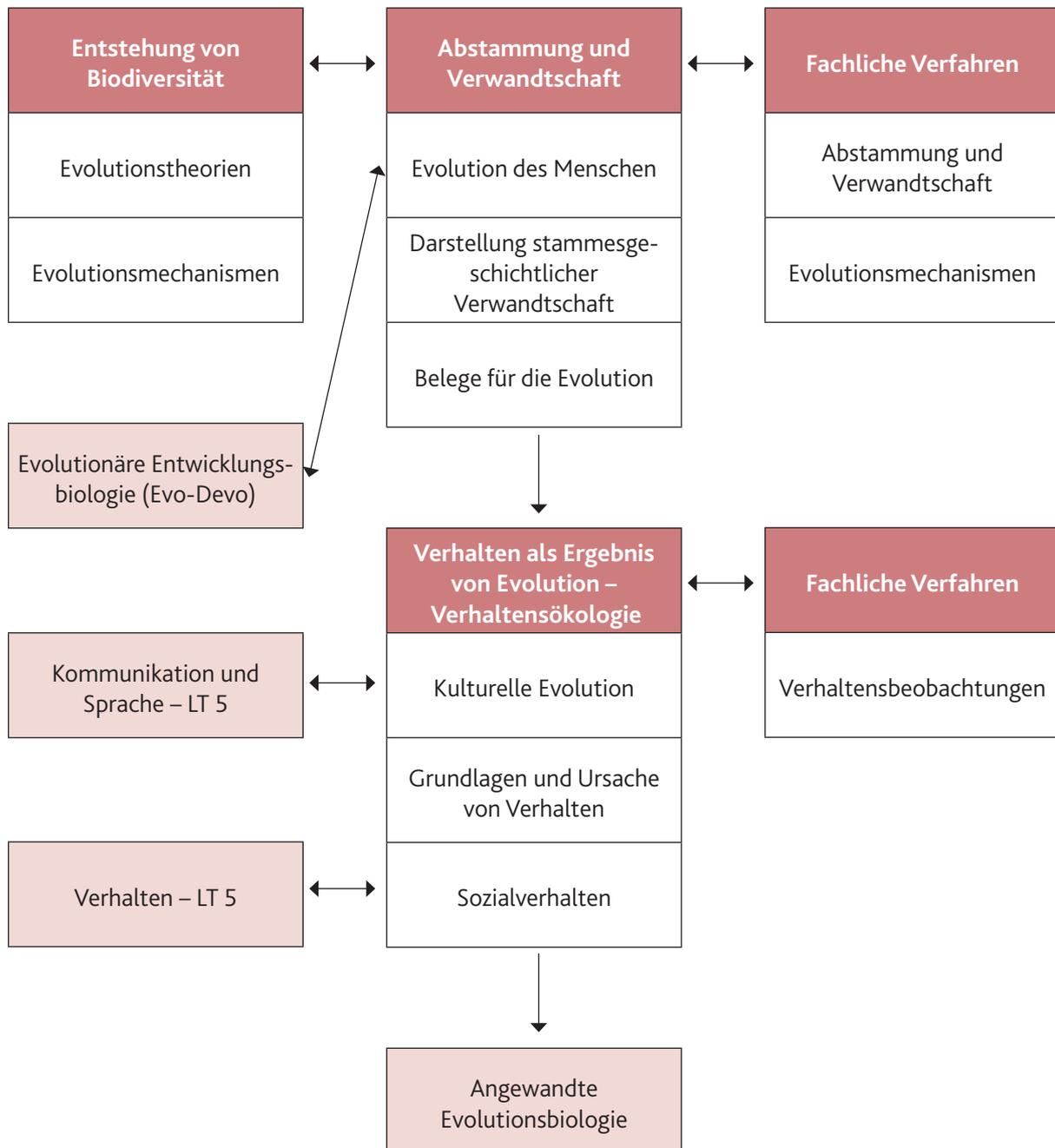


Abb. 5: Strukturierungsvorschlag LT 3, Evolution des Menschen

Die Evolution des Menschen wird vertiefend oder auch beispielhaft als Einstieg für die evolutive Entstehung von Arten durch Evolutionsmechanismen und die Darstellung der stammesgeschichtlichen Verwandtschaft der Hominiden behandelt.

Vergleichende morphologische Untersuchungen z. B. an Schädeln und moderne molekularbiologische Verfahren liefern Belege für die systematische Einordnung des Menschen. Hypothesen und Materialien zur stammesgeschichtlichen Verwandtschaft werden verglichen und beurteilt und führen zum Nachvollzug des Ursprungs und der Verbreitung des modernen Menschen. Die Erkenntnisse werden durch Aussagen aus der evolutionären Entwicklungsbiologie gestützt.

Resultat ist das Wissen über die Einordnung des Menschen zu den Primaten und die Abgrenzung zu nicht wissenschaftlichen Positionen bezüglich der Humanevolution und der systematischen Einteilung des Menschen.

Verhaltensuntersuchungen, Strategien im Sozialverhalten sowie Kenntnisse über die kulturelle Evolution stützen die erarbeiteten Theorien. Dabei bieten neurobiologische und anatomische Untersuchungen zur Sprache und zur Sprachentwicklung weitere Erkenntnisse.

Die bearbeiteten Inhalte können vertiefend und abschließend in Aspekten der angewandten Evolutionsbiologie zusammengeführt werden. Vergleichende Betrachtungen von Pandemien können hier einen Gegenwartsbezug liefern.

## Kompetenzraster zu LT 3

## Thematischer Zusammenhang: Evolution des Menschen

Kompetenzbereich:	Allgemeine Formulierung des Standards:	Auf den thematischen Zusammenhang bezogene Formulierung des Standards:
	Die Lernenden ...	Die Lernenden ...
<b>Sachkompetenz</b>	<p><b>S 1</b> ... beschreiben biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht.</p> <p><b>S 3</b> ... erläutern biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht.</p> <p><b>S 7</b> ... erläutern Prozesse in und zwischen lebenden Systemen sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt.</p>	<p>... beschreiben die Einordnung von Lebewesen mithilfe der Systematik und der binären Nomenklatur.</p> <p>... vergleichen die Aussagekraft von Aminosäure- und DNA-Sequenzen als molekularbiologische Belege für phylogenetische Verwandtschaft.</p> <p>... erläutern die Einordnung des modernen Menschen zu den Primaten anhand von morphologischen und molekularbiologischen Untersuchungsergebnissen.</p>
<b>Erkenntnisgewinnungskompetenz</b>	<p><b>E 3</b> ... stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.</p> <p><b>E 9</b> ... finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen.</p> <p><b>E 12</b> ... diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen.</p>	<p>... stellen Hypothesen zur Verbreitung des Menschen von Ostafrika aus über alle Kontinente und unterstützen bzw. widerlegen ihre Vermutungen durch die Auswertung verschiedener Daten.</p> <p>... diskutieren wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit.</p>

<b>Kommunikationskompetenz</b>	<p><b>K 2</b> ... wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen.</p> <p><b>K 3</b> ... prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen in Hinblick auf deren Aussage.</p>	<p>... erstellen und interpretieren mit recherchierten Informationen einen fachwissenschaftlich korrekten Stammbaum zur Humanevolution.</p> <p>... prüfen Fossilfunde und andere Belege hinsichtlich ihrer Aussagekraft bei der Rekonstruktion von phylogenetischer Verwandtschaft des Menschen.</p>
<b>Bewertungskompetenz</b>	<p><b>B 3</b> ... unterscheiden deskriptive und normative Aussagen.</p> <p><b>B 4</b> ... identifizieren Werte, die normativen Aussagen zugrunde liegen.</p> <p><b>B 5</b> ... beurteilen Quellen hinsichtlich ihrer Herkunft und in Bezug auf spezifische Interessenlagen.</p>	<p>... grenzen die Humanevolution nach der synthetischen Evolutionstheorie von nicht wissenschaftlichen Positionen ab.</p>
<b>Bewertungskompetenz</b>	<p><b>B 7</b> ... stellen Bewertungskriterien auf, auch unter Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte.</p> <p><b>B 8</b> ... entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie ab.</p> <p><b>B 9</b> ... bilden sich kriteriengeleitet Meinungen und treffen Entscheidungen auf der Grundlage von Sachinformationen und Werten.</p>	<p>... entwickeln Kriterien zur Bewertung der Verwendung des Rasse-Begriffs beim Menschen unter Berücksichtigung der biologisch gültigen Definition.</p> <p>... bewerten die Problematik des Rasse-Begriffs beim Menschen aus historischer und gesellschaftlicher Sicht und nehmen zum Missbrauch dieses Begriffs aus biologischer Perspektive Stellung.</p>

Tab. 8: Kompetenzraster LT 3, Evolution des Menschen

Strukturierungsvorschlag zu LT 4 – Lebewesen in ihrer Umwelt

Thematischer Zusammenhang: Fließgewässer

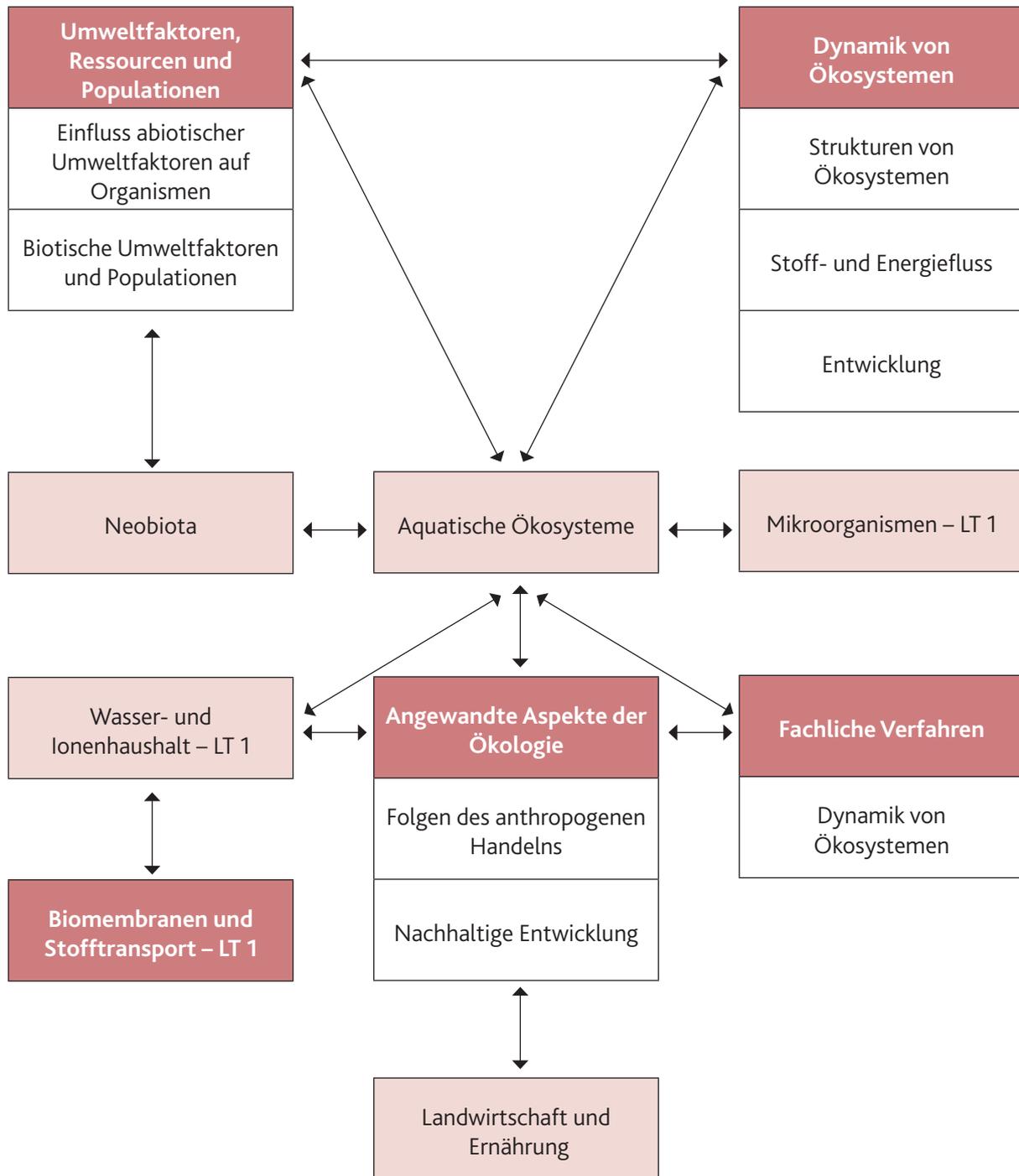


Abb. 6: Strukturierungsvorschlag LT 4, Fließgewässer

Im Zentrum des vorliegenden Strukturierungsvorschlags stehen die angewandten Aspekte der Ökologie. Ausgehend von einem Aquatischen Ökosystem am Beispiel des Fließgewässers Bach wenden die Lernenden labor- und freilandbiologische Untersuchungen an, um die Struktur des Ökosystems zu charakterisieren. Die intensive Nutzung angrenzender Flächen durch die Landwirtschaft beeinflusst Biotop und Biozönose. Über die Ermittlung des Saprobienindex können der Einfluss des Menschen und die Dynamik von Ökosystemen fachpraktisch wie theoretisch erfasst werden. Somit können Folgen des anthropogenen Handelns und Gegenmaßnahmen für eine nachhaltige Entwicklung diskutiert werden.

Darüber hinaus kann durch die immer größere Verbreitung invasiver Neophyten an Fließgewässern, mit zunehmender Verdrängung einheimischer Arten, die heimische Biodiversität in den Fokus genommen werden. Der Bedeutung und dem Erhalt der Biodiversität kommt dabei eine zentrale Rolle zu. In einem Bewertungsprozess werden Handlungsoptionen formuliert und kurz- bzw. langfristige lokale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidung reflektiert.

## Kompetenzraster zu LT 4

## Thematischer Zusammenhang: Fließgewässer

Kompetenzbereich:	Allgemeine Formulierung des Standards: Die Lernenden ...	Auf den thematischen Zusammenhang bezogene Formulierung des Standards: Die Lernenden ...
Sachkompetenz	<p><b>S 7</b> ... erläutern Prozesse in [...] sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt.</p> <p><b>S 8</b> ... erläutern die Entstehung und Bedeutung von Biodiversität sowie Gründe für deren Schutz und nachhaltige Nutzung.</p>	<p>... beschreiben den Einfluss abiotischer Umweltfaktoren wie Licht, Temperatur, Wasser, Untergrund und Uferprofil auf Organismen.</p> <p>... erläutern die Folgen von Flussregulierungen an (lokalen) Beispielen.</p>
Erkenntnisgewinnungskompetenz	<p><b>E 7</b> ... nehmen qualitative und quantitative Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus.</p> <p><b>E 8</b> ... wenden Labor- und freilandbiologische Geräte und Techniken sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an.</p>	<p>... nutzen Bestimmungsliteratur und Materialien zur Gewässeranalyse und erfassen damit abiotische Faktoren und Arten qualitativ und quantitativ in einem Bachabschnitt.</p> <p>... wenden Labor- und freilandbiologische Geräte und Techniken zur Wasseranalyse sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an.</p>
Kommunikationskompetenz	<p><b>K 5</b> ... strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.</p> <p><b>K 11</b> ... präsentieren biologische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach- und adressatengerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien.</p>	<p>... strukturieren und interpretieren ihre ermittelten Ergebnisse und leiten daraus Zusammenhänge zwischen dem Vorkommen von Arten/Bioindikatoren und der Intensität abiotischer Faktoren im Ökosystem Fließgewässer ab.</p> <p>... erstellen eine digitale Präsentation und präsentieren ihre Ergebnisse mit Hilfe von geeigneten Diagrammen.</p>

<b>Bewertungskompetenz</b>	<p><b>B 9</b> ... bilden sich kriteriengeleitet Meinungen und treffen Entscheidungen auf der Grundlage von Sachinformationen und Werten.</p> <p><b>B 12</b> ... beurteilen und bewerten Auswirkungen von Anwendungen der Biologie im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer, politischer und sozialer Perspektive</p>	<p>... beurteilen die Gewässergüteklasse des untersuchten Fließgewässers und erklären die Wirkung von anthropogenen Faktoren auf dieses Ökosystem.</p> <p>... formulieren Maßnahmen zu notwendigen Renaturierungsmaßnahmen des untersuchten Biotops und seiner Biozönose.</p>
----------------------------	--	---

Tab. 9: Kompetenzraster LT 4, Fließgewässer

## Strukturierungsvorschlag zu LT 5 – Informationsverarbeitung in Lebewesen

### Thematischer Zusammenhang: Morbus Alzheimer

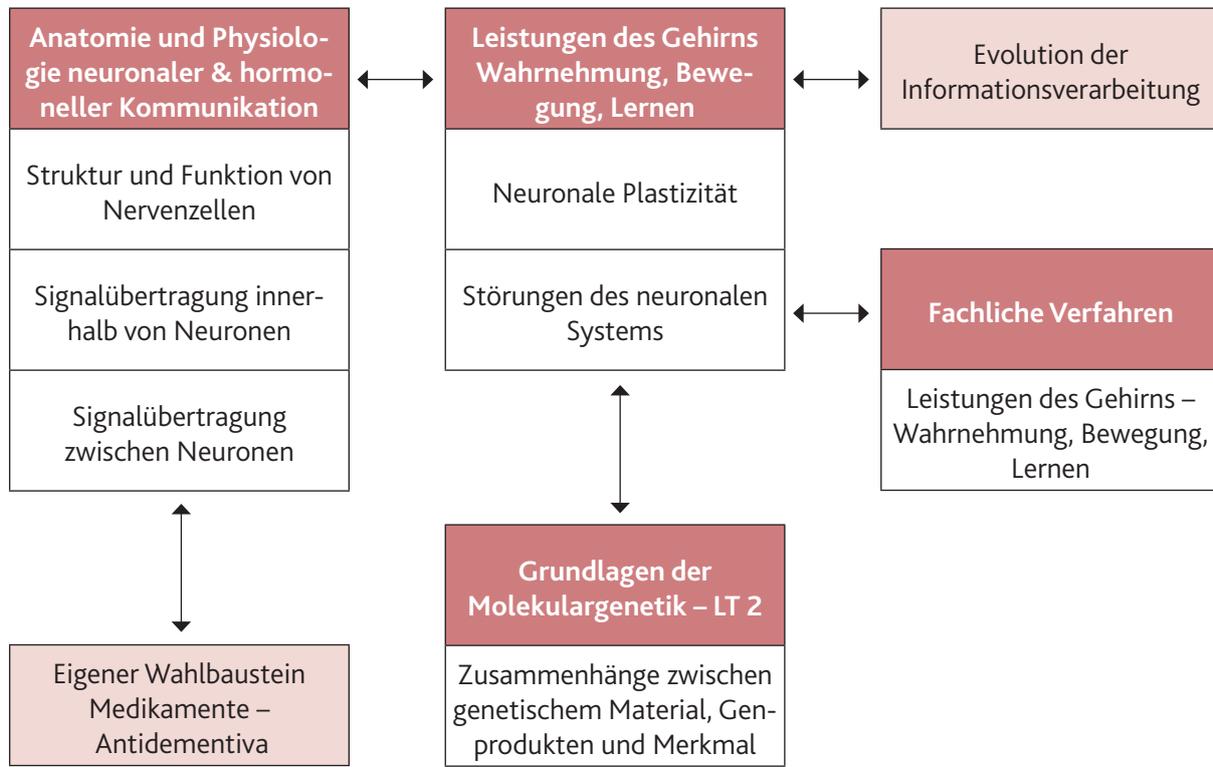


Abb. 7: Strukturierungsvorschlag LT 5, Morbus Alzheimer

Ausgehend von der Symptomatik der Alzheimer-Krankheit, die phänomenologisch erfasst wird, können sowohl die anatomischen als auch die physiologischen Grundlagen der Neurobiologie erarbeitet werden. Dazu gehören der Bau der Nervenzelle und des Gehirns sowie die Signalübertragung innerhalb und zwischen Neuronen. Der Gedächtnisverlust führt zwangsläufig zu der Frage nach den Gedächtnisleistungen. Als fachliches Verfahren spielt die Magnetresonanztomografie eine wesentliche Rolle bei der Diagnose von Alzheimer. Um die komplexe Leistung des menschlichen Gehirns zu verstehen, wird auf die Cephalisation eingegangen. Die familiäre Alzheimer-Erkrankung führt zu den genetischen Ursachen und verknüpft das Leitthema 5 Informationsverarbeitung bei Lebewesen mit dem Leitthema 2 Genetische Grundlagen von Lebewesen. Nach der Behandlung der genetischen und neurobiologischen Ursachen von Morbus Alzheimer kann die Wirkungsweise von Antidementiva über einen eigenen Wahlbaustein behandelt werden. Die Frage nach dem Umgang mit Demenzkranken innerhalb der Gesellschaft eröffnet eine ethische Diskussion.

Kompetenzraster zu LT 5

Thematischer Zusammenhang: Morbus Alzheimer

Kompetenzbereich:	Allgemeine Formulierung des Standards: Die Lernenden ...	Auf den thematischen Zusammenhang bezogene Formulierung des Standards: Die Lernenden ...
Sachkompetenz	<p><b>S 4</b> ...formulieren zu biologischen Phänomenen theoriegeleitet Hypothesen und Aussagen.</p> <p><b>S 6</b> ... stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen her.</p>	<p>... beschreiben die zeitlich sich verändernde Symptomatik von Morbus Alzheimer mit dem Verlust von neuronalen Funktionen des Gehirns.</p>
Erkenntnisgewinnungskompetenz	<p><b>E 1</b> ... beschreiben Phänomene als Ausgangspunkte [...] von Untersuchungen.</p> <p><b>E 9</b> ... finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends [...] und werten diese aus.</p>	<p>... beschreiben die Gedächtnisstörungen als Ausgangspunkt für neurologische Untersuchungen.</p> <p>... erklären aus den erhobenen Daten die Ursachen des Morbus Alzheimer auf verschiedenen Systemebenen und werten diese in Beziehung zur zeitlich sich veränderten Symptomatik aus.</p>
Kommunikationskompetenz	<p><b>K 2</b> ... wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexeren Darstellungsformen.</p>	<p>... vergleichen die makroskopischen und mikroskopischen Daten der Veränderungen des Gehirns von Gesunden mit dem eines an Alzheimer Erkrankten und schließen aus den Informationen zur Entstehung von amyloiden Plaques die molekulare Ursache der Krankheit.</p>

<b>Bewertungskompetenz</b>	<p><b>B 4</b> ... identifizieren Werte, die normativen Aussagen zugrunde liegen.</p> <p><b>B 8</b> ... entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie ab.</p>	<p>... identifizieren Werte und erkennen den daraus entstehenden moralischen Konflikt, der bei der Einrichtung spezialisierter Pflegeeinrichtungen für Alzheimer Erkrankte entsteht.</p> <p>... formulieren mögliche Handlungsoptionen im Umgang mit Demenzkranken und benennen die ethischen Werte, die diesen Handlungsoptionen zugrunde liegen.</p>
----------------------------	---	--

Tab. 10: Kompetenzraster LT 5, Morbus Alzheimer

# ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Kompetenzmodell

Abbildung 2: Strukturierungsvorschlag LT 1, gesamt

Abbildung 3: Strukturierungsvorschlag LT 2, Gentechnik in der Landwirtschaft

Abbildung 4: Strukturierungsvorschlag LT 3, Evolution der Giraffe

Abbildung 5: Strukturierungsvorschlag LT 3, Evolution des Menschen

Abbildung 6: Strukturierungsvorschlag LT 4, Fließgewässer

Abbildung 7: Strukturierungsvorschlag LT 5, Morbus Alzheimer

Tabelle 1: Form des Pflichtbausteins

Tabelle 2: Form des Wahlpflichtbausteins

Tabelle 3: Stundenansätze

Tabelle 4: Übersicht über die Leitthemen und Bausteine

Tabelle 5: Kompetenzraster LT 1, Sport und Doping

Tabelle 6: Kompetenzraster LT 2, Gentechnik in der Landwirtschaft

Tabelle 7: Kompetenzraster LT 3, Evolution der Giraffe

Tabelle 8: Kompetenzraster LT 3, Evolution des Menschen

Tabelle 9: Kompetenzraster LT 4, Fließgewässer

Tabelle 10: Kompetenzraster LT 5, Morbus Alzheimer

# LITERATURVERZEICHNIS

Lübeck, Michael. Basiskonzepte der Erkenntnisgewinnung im Biologieunterricht. Waxmann Verlag GmbH. Münster. 2020.

Mayr, Ernst. Konzepte der Biologie. Hirzel. 2005.

Evolutionsbiologische Bildung in Schule und Hochschule. Bedeutung und Perspektiven. S. 8. Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina (2017): Evolutionsbiologische Bildung in Schule und Universität. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina e.V. Nationale Akademie der Wissenschaften, Halle (Saale). 2017.

Orientierungsrahmen für den Lernbereich Globale Entwicklung im Rahmen einer Bildung für nachhaltige Entwicklung. Zusammengestellt und bearbeitet von: Jörg-Robert Schreiber und Hannes Siege im Auftrag der KMK, BMZ, Engagement Global gGmbH. Cornelsen. 2016.

Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife. Hg.: Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland in Zusammenarbeit mit dem Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen Humboldt-Universität zu Berlin. Carl Link Verlag. 2020.

Links:

[https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2020/2020\\_06\\_18-BildungsstandardsAHR\\_Biologie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf)

<https://www.kmk.org/themen/allgemeinbildende-schulen/weitere-unterrichtsinhalte-und-themen/bildung-fuer-nachhaltige-entwicklung.html>

<https://www.kmk.org/themen/bildung-in-der-digitalen-welt/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html>

# MITGLIEDER DER FACHDIDAKTISCHEN KOMMISSION

**Anja Köstler**

Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Mainz

**Dr. Miriam Replinger**

Vinzenz-von-Paul-Gymnasium, Niederprüm

**Kathrin Scholz**

PAMINA-Schulzentrum Herxheim – Gymnasium

**Dorothea Weiß**

Mons-Tabor-Gymnasium, Montabaur

Fachdidaktische Beratung:

**Prof. Dr. Daniel Dreesmann**

Johannes Gutenberg-Universität Mainz

**Prof. Dr. Christoph Thyssen**

Technische Universität Kaiserslautern

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Rheinland-Pfalz herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch Wahlbewerberinnen und -bewerbern oder Wahlhelferinnen und -helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Kommunal-, Landtags-, Bundestags- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR BILDUNG

Ministerium für Bildung  
Mittlere Bleiche 61  
55116 Mainz

[poststelle@bm.rlp.de](mailto:poststelle@bm.rlp.de)  
[www.bm.rlp.de](http://www.bm.rlp.de)