

Niedersächsisches
Kultusministerium

**Kerncurriculum für
das Gymnasium – gymnasiale Oberstufe
die Gesamtschule – gymnasiale Oberstufe
das Berufliche Gymnasium
das Abendgymnasium
das Kolleg**

Biologie



Niedersachsen

An der Weiterentwicklung des Kerncurriculums für das Unterrichtsfach Biologie für die gymnasiale Oberstufe am Gymnasium und an der Gesamtschule, für das Berufliche Gymnasium, das Abendgymnasium und das Kolleg waren die nachstehend genannten Personen beteiligt:

Peter Emmler, Papenburg

Markus Krömer, Stade

Dr. Christina Lamche, Buchholz in der Nordheide

Simon Leykum, Hannover

Christoph Niepötter, Twistringen

Andrea Ocklitz, Hannover

Jörn Peters, Papenburg

Dr. Kerstin Rieder, Wunstorf

Die Ergebnisse des gesetzlich vorgeschriebenen Anhörungsverfahrens sind berücksichtigt worden.

Herausgegeben vom Niedersächsischen Kultusministerium (2017)

30159 Hannover, Schiffgraben 12

Druck:

Unidruck

Weidendamm 19

30167 Hannover

Das Kerncurriculum kann als PDF-Datei vom Niedersächsischen Bildungsserver (NIBIS) (<http://www.cuvo.nibis.de>) heruntergeladen werden.



Inhalt	Seite	
1	Bildungsbeitrag des Faches Biologie	5
2	Kompetenzorientierter Unterricht	7
2.1	Kompetenzentwicklung in den Naturwissenschaften	7
2.2	Kompetenzbereiche der Naturwissenschaften	8
2.3	Kompetenzentwicklung im Fach Biologie in der gymnasialen Oberstufe	10
2.4	Zur Rolle von Aufgaben	12
2.5	Ausdifferenzierung der Kompetenzbereiche	13
2.5.1	Prozessbezogene Kompetenzen	13
2.5.2	Inhaltsbezogene Kompetenzen	14
3	Erwartete Kompetenzen	16
3.1	Umgang mit den Kompetenztabellen	16
3.2	Kompetenzen in der Einführungsphase	18
3.2.1	Prozessbezogene Kompetenzen in der Einführungsphase	18
3.2.2	Inhaltsbezogene Kompetenzen in der Einführungsphase	22
3.3	Kompetenzen in der Qualifikationsphase	25
3.3.1	Prozessbezogene Kompetenzen in der Qualifikationsphase	25
3.3.2	Inhaltsbezogene Kompetenzen in der Qualifikationsphase	29
3.4	Zusammenführung der Kompetenzbereiche	37
4	Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung	38
5	Aufgaben der Fachkonferenz	40
Anhang		
A 1	Operatoren für die Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik)	41
A 2	Themenbereiche der Einheitlichen Prüfungsanforderungen	43
A 3	Anforderungsbereiche im Fach Biologie	45
A 4	Anregungen für die Umsetzung	48
A 5	Beispiele für Unterrichtssequenzen	50

1 Bildungsbeitrag des Faches Biologie

Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Fachmethoden und deren Grenzen auseinanderzusetzen. Die Schülerinnen und Schüler erlangen durch grundlegende Erkenntnisse und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften ein rationales, naturwissenschaftlich begründetes Weltbild. Damit muss der naturwissenschaftliche Unterricht alle Fähigkeiten, die als *Scientific Literacy* zusammengefasst werden, vermitteln: „Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.“ (OECD, 1999)

Die Erkenntnisse der Biowissenschaften führen zu Perspektiven und Anwendungen, die uns Menschen als Teil und als Gestalter der Natur betreffen. Zunehmend beeinflussen sie auch politische Entscheidungen und berühren und verändern damit individuelle und gesellschaftliche Werte. Ein wesentliches Ziel des Biologieunterrichts ist es, den Schülerinnen und Schülern diese Erkenntnisse und Entwicklungen durchschaubar und verständlich zu machen. Das ist eine wesentliche Voraussetzung für die aktive Teilhabe eines jeden Einzelnen an gesellschaftlicher Kommunikation, Meinungsbildung und Entscheidungsfindung über naturwissenschaftliche Forschung und ihre Anwendung. Der Beitrag des Faches Biologie zur naturwissenschaftlichen Grundbildung liegt in der Auseinandersetzung mit dem Lebendigen. Die lebendige Natur kann in verschiedenen Systemebenen (Molekül, Zelle, Organ, Organismus, Population, Ökosystem und Biosphäre) und im Hinblick auf deren Wechselwirkungen sowie ihrer Evolution betrachtet werden. Ein Verständnis von biologischen Systemen erfordert, zwischen den verschiedenen Systemen gedanklich zu wechseln und unterschiedliche Perspektiven einzunehmen. Damit fördert der Biologieunterricht in besonderem Maße multiperspektivisches und systemisches Denken. Mit dem zunehmenden Einsatz molekularbiologischer, biochemischer, physikalischer und informationstechnischer Methoden ist der Umfang der Erkenntnisse in der Biologie erheblich angestiegen. Der Biologieunterricht kann daher nicht die Inhaltfülle der Fachwissenschaft abbilden, sondern ist als kompetenzorientierter Unterricht der Vermittlung exemplarisch ausgewählter, konzeptionell bedeutsamer Prinzipien des Faches in ihrem Zusammenhang verpflichtet.

Zum einen ist Wissen notwendig, welches für den verantwortungsvollen Umgang mit sich, dem sozialen Umfeld und zur aktiven Teilnahme an der Gesellschaft von Bedeutung ist. So eröffnet der Biologieunterricht den Schülerinnen und Schülern u. a. faszinierende Einblicke in Bau und Funktion des eigenen Körpers und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Gesundheitsförderung und Prävention. Zum anderen ist auch Wissen unerlässlich, das den Aufbau eines strukturierten Verständnisses für biologische Phänomene erlaubt und im Wesentlichen auf grundlegenden biologischen Prinzipien sowie auf Kenntnissen und Methoden der Biologie und der anderen Naturwissenschaften fußt.

Der Biologieunterricht ermöglicht den Schülerinnen und Schülern die originale Begegnung mit der Natur. Sie verstehen die wechselseitige Abhängigkeit von Mensch und Umwelt und werden für einen

verantwortungsvollen Umgang mit der Natur sensibilisiert. Primäre Naturerfahrungen können einen wesentlichen Beitrag zur Wertschätzung und Erhaltung der biologischen Vielfalt leisten und fördern Bewertungskompetenz für ökologische, ökonomische und sozial tragfähige Entscheidungen. Das Fach Biologie thematisiert daher soziale, ökonomische, ökologische und politische Phänomene und Probleme der nachhaltigen Entwicklung und trägt dazu bei, wechselseitige Abhängigkeiten zu erkennen und Wertmaßstäbe für eigenes Handeln sowie ein Verständnis für gesellschaftliche Entscheidungen zu entwickeln. Der Unterricht im Fach Biologie trägt darüber hinaus dazu bei, den im Niedersächsischen Schulgesetz formulierten Bildungsauftrag umzusetzen, und thematisiert auch die Vielfalt sexueller Identitäten.

Mit dem Erwerb spezifischer Kompetenzen wird im Unterricht des Faches Biologie u. a. der Bezug zu verschiedenen Berufsfeldern hergestellt. Die Schule ermöglicht damit den Schülerinnen und Schülern, Vorstellungen über Berufe und über eigene Berufswünsche zu entwickeln, die über eine schulische Ausbildung, eine betriebliche Ausbildung, eine Ausbildung im dualen System oder über ein Studium zu erreichen sind. Der Fachunterricht leistet somit auch einen Beitrag zur Berufsorientierung, ggf. zur Entscheidung für einen Beruf.

Zum Biologieunterricht gehören auch die Informationsbeschaffung und -auswertung sowie die altersgerechte Darstellung und Präsentation von Informationen. Indem die Schülerinnen und Schüler dazu angehalten werden, auch im naturwissenschaftlichen Unterricht die Medienvielfalt zu nutzen, leistet das Fach Biologie im Rahmen seiner Möglichkeiten einen Beitrag zum kompetenten Umgang mit Medien. In der Auseinandersetzung mit Medien eröffnen sich den Schülerinnen und Schülern erweiterte Möglichkeiten der Wahrnehmung, des Verstehens und Gestaltens. Für den eigenständigen Wissenserwerb sind Medien daher selbstverständlicher Bestandteil des Unterrichts. Sie unterstützen die individuelle und aktive Wissensaneignung und fördern selbstgesteuertes, kooperatives und kreatives Lernen. Medien, insbesondere die digitalen Medien, sind ein wichtiges Element zur Erlangung übergreifender Methodenkompetenz. Sie dienen Schülerinnen und Schülern dazu, sich Informationen zu beschaffen, zu interpretieren und kritisch zu bewerten und fördern die Fähigkeit, Aufgaben und Problemstellungen selbstständig und lösungsorientiert zu bearbeiten.

2 Kompetenzorientierter Unterricht

2.1 Kompetenzentwicklung in den Naturwissenschaften

Im Unterricht soll der Aufbau von Kompetenzen systematisch und kumulativ erfolgen; Wissen und Können sind gleichermaßen zu berücksichtigen. Dabei ist zu beachten, dass Wissen „träges“, an spezifische Lerninhalte gebundenes Wissen bleibt, wenn es nicht in verschiedenen Kontexten genutzt werden kann. Die Anwendung des Gelernten auf neue Themen, die Verankerung des Neuen im schon Bekannten und Gekonnten, der Erwerb und die Nutzung von Lernstrategien und die Kontrolle des eigenen Lernprozesses spielen bei der Kompetenzentwicklung eine wichtige Rolle.

Lernstrategien wie Organisieren, Wiedergeben von auswendig Gelerntem (Memorieren) und Verknüpfen des Neuen mit bekanntem Wissen (Elaborieren) sind in der Regel fachspezifisch lehr- und lernbar und führen dazu, dass Lernprozesse bewusst gestaltet werden können. Planung, Kontrolle und Reflexion des Lernprozesses ermöglichen die Einsicht darin, was, wie und wie gut gelernt wurde.

Fachwissen wird in der Regel durch wiederholte Auseinandersetzung mit konkreten Beispielen erworben und erst dann in fachlogische Strukturen eingeordnet. Zum Erwerb insbesondere der prozessbezogenen Kompetenzen werden Unterrichtsformen mit vielfältigen Methodenelementen situationsangepasst eingesetzt. Dabei sind Gruppen- und Projektarbeiten, insbesondere geeignete Schülerexperimente, unverzichtbar, um eigenständiges Erkunden, Problemlösen, Dokumentieren und Präsentieren zu fördern. Der Grad der Offenheit der Arbeitsaufträge wird dem Lernstand der Lerngruppe angepasst: In bekanntem Zusammenhang eher offen, in komplexen, neuen Zusammenhängen eher strukturiert.

Inhaltsbezogene und prozessbezogene Kompetenzen können jeweils nur gemeinsam erworben werden, insbesondere können die Kompetenzen der prozessbezogenen Kompetenzbereiche nicht ohne Verknüpfung mit Inhalten des Kompetenzbereichs Fachwissen erworben oder angewendet werden.

Fehler oder fachlich nicht korrekte Ausdrucksweisen sind natürliche Begleiterscheinungen des Lernens und können konstruktiv für den Lernprozess genutzt werden. Damit Schülerinnen und Schüler offen und produktiv mit eigenen Fehlern umgehen können, sind Lern- und Prüfungssituationen im Unterricht klar voneinander zu trennen.

Übungs- und Wiederholungsphasen sind zeitlich und inhaltlich so zu planen, dass bereits erworbene Kompetenzen durch Anwendung des Gelernten in variierenden Kontexten langfristig gesichert werden. Dabei ist zu beachten, dass Schülerinnen und Schüler den bereits durchlaufenen Kompetenzerwerb in einem neuen Kontext erneut bzw. vertiefend durchlaufen müssen, um nachhaltig zu lernen.

2.2 Kompetenzbereiche der Naturwissenschaften

In den Kerncurricula der Naturwissenschaften werden die Zielsetzungen des Bildungsbeitrags durch verbindlich erwartete Lernergebnisse konkretisiert und als Kompetenzen formuliert. Dabei werden im Sinne eines Kerns die als grundlegend und unverzichtbar erachteten fachbezogenen Kenntnisse und Fertigkeiten vorgegeben.

Kompetenzen weisen folgende Merkmale auf:

- Sie zielen ab auf die erfolgreiche und verantwortungsvolle Bewältigung von Aufgaben und Problemstellungen.
- Sie verknüpfen Kenntnisse, Fertigkeiten und Fähigkeiten zu eigenem Handeln. Die Bewältigung von Aufgaben setzt gesichertes Wissen und die Beherrschung fachbezogener Verfahren voraus sowie die Einstellung und Bereitschaft, diese gezielt einzusetzen.
- Sie stellen eine Zielperspektive für längere Bildungsabschnitte dar.
- Sie sind für die persönliche Bildung und für die weitere schulische und berufliche Ausbildung von Bedeutung und ermöglichen anschlussfähiges Lernen.

Die erwarteten Kompetenzen werden in Kompetenzbereichen zusammengefasst, die das Fach strukturieren. Aufgabe des Unterrichts in den Naturwissenschaften ist es, die Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler anzuregen, zu unterstützen, zu fördern und langfristig zu sichern. Dies gilt auch für die fachübergreifenden Zielsetzungen der Persönlichkeitsbildung.

Im Kerncurriculum Biologie wird zwischen inhaltsbezogenen und prozessbezogenen Kompetenzbereichen unterschieden:

Die prozessbezogenen Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung beziehen sich auf Verfahren, die von Schülerinnen und Schülern verstanden und beherrscht werden sollen, um Wissen anwenden zu können.

In der Biologie sind dies zum Beispiel:

- Symbol- oder Fachsprache kennen, verstehen und anwenden,
- fachspezifische Methoden und Verfahren kennen und zur Erkenntnisgewinnung nutzen,
- Verfahren zum selbstständigen Lernen und zur Reflexion über Lernprozesse kennen und einsetzen,
- Zusammenhänge erarbeiten und erkennen sowie ihre Kenntnis bei der Problemlösung nutzen.

Im inhaltsbezogenen Kompetenzbereich Fachwissen wird beschrieben, über welches Wissen oder welche Fähigkeiten die Schülerinnen und Schüler verfügen sollen.

Die folgende Grafik veranschaulicht die Zusammenhänge der Kompetenzbereiche im Fach Biologie des Sekundarbereichs II:



2.3 Kompetenzentwicklung im Fach Biologie in der gymnasialen Oberstufe

Dieses Kerncurriculum gilt für die gymnasiale Oberstufe am Gymnasium und an der Gesamtschule, für das Berufliche Gymnasium, das Abendgymnasium und das Kolleg. In den Kapiteln 3.2.1 und 3.2.2 sind die Kompetenzen ausgewiesen, die am Ende der Einführungsphase erworben sein sollen. Die Kapitel 3.3.1 und 3.3.2 weisen die Kompetenzen für die Qualifikationsphase aus.

Das Kerncurriculum formuliert Kerninhalte. Für die Konzeption und Umsetzung der Unterrichtseinheiten bestehen Freiräume. Die Fachkonferenz sollte den Lehrkräften daher Spielraum in der konkreten Unterrichtsgestaltung und der Themenwahl lassen, solange der Erwerb der im schuleigenen Arbeitsplan festgelegten Kompetenzen bis zum Ende eines Schuljahres gesichert ist. So besteht die Möglichkeit, Interessen von Lernenden und Lehrkräften, aber auch regionale Besonderheiten und aktuelle Ereignisse zu berücksichtigen. Nachhaltiger Kompetenzerwerb erfordert variantenreiches Üben und zunehmend offene Anwendung, damit die Inhalte aus der engen Bindung, in der sie erstmals erlernt wurden, allmählich gelöst werden können und vernetztes, anschlussfähiges Wissen aufgebaut wird. Deshalb ist die Erarbeitung einer Kompetenz an nur einem Beispiel in der Regel nicht hinreichend. Kompetenzen müssen mit unterschiedlichen Inhalten angebahnt, gefestigt und vertieft werden.

Ein wesentliches Ziel des Unterrichts ist der Aufbau prozessbezogener Kompetenzen, die im Zusammenhang mit ausgewählten biologischen Inhalten vermittelt werden müssen. Zeigt der Weg des Kompetenzzuwachses im Sekundarbereich I noch eine Entwicklung vom Einfachen zum Komplexen, so werden die inhaltsbezogenen Kompetenzen in der Einführungsphase und in der Qualifikationsphase stärker horizontal miteinander verknüpft. Dies fördert ein kumulatives Lernen. Aufgabe des Unterrichts ist es, den Schülerinnen und Schülern diese Vernetzung der Fachinhalte transparent zu machen, damit sie auf dieser Basis zu mehr Eigenständigkeit und Selbstorganisation in der Erschließung biologischer Sachverhalte gelangen. Inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen stehen in einem engen Zusammenhang, die Effektivität des Unterrichts hängt daher wesentlich von der Verzahnung der Kompetenzen ab.

Hieraus lassen sich Unterrichtseinheiten ableiten, die den Biologieunterricht strukturieren und mögliche Fächerverbindungen aufweisen. Beispiele für mögliche Unterrichtsfolgen für die Einführungs- und die Qualifikationsphase werden im Anhang aufgeführt.

Das Kerncurriculum ist ...

- Grundlage für die Erstellung eines schuleigenen Arbeitsplans für die Einführungs- und die Qualifikationsphase, welcher der Forderung nach einer angemessenen Vernetzung der Kompetenzen Rechnung trägt sowie für dessen Überprüfung, Modifikation und Fortschreibung.
- zusammen mit dem schuleigenen Arbeitsplan Grundlage der Entwicklung und Umsetzung von Unterrichtseinheiten, die von der jeweiligen Lehrkraft gestaltet werden.
- zusammen mit den Einheitlichen Prüfungsanforderungen für die Abiturprüfung (EPA) Biologie Grundlage der schriftlichen Abiturprüfung in Niedersachsen.

Einführungsphase

Die besondere Aufgabe der Einführungsphase besteht darin, die fachbezogenen Kompetenzen unterschiedlich vorgebildeter Schülerinnen und Schüler zu erweitern, zu festigen und zu vertiefen, damit die Lernenden am Ende der Einführungsphase über diejenigen Kompetenzen verfügen, die die Eingangsvoraussetzungen für die Qualifikationsphase sind. Damit hat der Unterricht folgende Ziele:

- Einführung in die Arbeitsweisen der Qualifikationsphase,
- Einblicke gewähren in das unterschiedliche Vorgehen der Kurse auf grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau,
- Entscheidungshilfen geben bei der Fächerwahl in der Qualifikationsphase,
- Kenntnisse fachlich ausdifferenzieren,
- Lücken schließen, die sich durch die unterschiedlichen Bildungsgänge ergeben haben.

Qualifikationsphase

Aufgabe des Biologieunterrichts in der Qualifikationsphase ist es, die erworbenen Kompetenzen nachhaltig zu sichern und zu vertiefen. In der Auseinandersetzung mit biologischen Fragestellungen erwerben die Schülerinnen und Schüler neben einem tragfähigen Fachwissen die Fähigkeiten, dieses zunehmend nach Basiskonzepten zu strukturieren und diese verstärkt zu vernetzen. Die Auseinandersetzung mit komplexen biologischen Sachverhalten verlangt zudem die stärkere Verflechtung prozessorientierter Kompetenzen. Damit wird die Eigenständigkeit der Schülerinnen und Schüler weitergehend gefördert.

Kursarten und Anforderungsniveaus

Das Fach Biologie kann in der Qualifikationsphase

- als fünfstündiges Prüfungsfach auf erhöhtem Anforderungsniveau,
 - als dreistündiges Prüfungsfach auf grundlegendem Anforderungsniveau
 - als dreistündiges Fach auf grundlegendem Anforderungsniveau
- angeboten werden (siehe VO-GO¹ und BbS-VO²).

Die Ausführungen für die Qualifikationsphase beziehen sich auf die fünfstündigen und die dreistündigen Prüfungsfächer.

¹ Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO) vom 17. Februar 2005 in der jeweils gültigen Fassung.

² Verordnung über berufsbildende Schulen (BbS-VO) vom 10. Juni 2009 in der jeweils gültigen Fassung.

2.4 Zur Rolle von Aufgaben

Die Auseinandersetzung mit konkreten Aufgaben unterstützt die Schülerinnen und Schüler wesentlich beim Kompetenzaufbau. Ausgehend vom Leistungsvermögen der Schülerinnen und Schüler sind Aufgaben so zu konstruieren, dass sowohl prozessbezogene als auch inhaltsbezogene Kompetenzen erworben und angewendet werden können. Die Lernenden erleben ihren Kompetenzzuwachs bei der Auseinandersetzung mit biologischen Sachverhalten und entwickeln langfristig eine positive Einstellung gegenüber den Naturwissenschaften.

Im Unterricht haben Aufgaben verschiedene Funktionen und müssen entsprechend unterschiedlich gestaltet werden. Nachfolgend werden einige Möglichkeiten aufgezeigt.

In Einstiegsphasen können Aufgaben eine Fragehaltung und ein Problembewusstsein bei den Schülerinnen und Schülern erzeugen.

In Erarbeitungsphasen helfen Aufgaben den Schülerinnen und Schülern beim Erfassen neuer Begriffe, Gesetze, Konzepte und Verfahren. Dabei müssen diese Aufgaben einen adäquaten Grad an Vorstrukturierung aufweisen und sich sowohl auf das Vorwissen als auch auf die jeweils anzustrebende Kompetenz beziehen. Rückmeldungen über mögliche Verständnisschwierigkeiten oder Lösungswege dienen in dieser Phase als Orientierung und unterstützen so den Kompetenzerwerb.

In Übungsphasen sollen Lernergebnisse gesichert, vertieft und transferiert werden. Die hier verwendeten Aufgaben ermöglichen variantenreiches Üben in leicht veränderten Kontexten. Sie lassen nach Möglichkeit unterschiedliche Lösungswege zu und fordern zum kreativen Umgang mit der Biologie heraus. Fehlerhafte Lösungen und Irrwege können dabei vielfach als neue Lernanlässe genutzt werden.

Bei Aufgaben zum Kompetenznachweis ist darauf zu achten, dass die gestellten Anforderungen für die Schülerinnen und Schüler im Vorfeld transparent sind. Dies geschieht insbesondere durch die Verwendung geeigneter Operatoren bei der Formulierung von Aufgaben. Art und Inhalt der Aufgabenstellungen sind entsprechend dem unterrichtlichen Vorgehen anzulegen. Dabei sind prozessbezogene Anforderungen angemessen zu berücksichtigen. Dies ist in der Regel in einem experimentellen Kontext oder durch Arbeit an Texten oder anderen Medien zu erreichen, wenn dabei der Unterrichtsgegenstand von verschiedenen Seiten aus betrachtet werden kann.

Bei den Leistungsaufgaben sind entsprechend der Einheitlichen Prüfungsanforderungen alle drei Anforderungsbereiche (AFB) zu berücksichtigen, dabei liegt der Schwerpunkt im AFB II, den AFB I gilt es deutlich stärker zu berücksichtigen als den AFB III.

Ausführungen zu den Anforderungsbereichen im Fach Biologie befinden sich im Anhang (A 3).

2.5 Ausdifferenzierung der Kompetenzbereiche

In den Tabellen der Kapitel 3.2 und 3.3 werden die prozessbezogenen und die inhaltsbezogenen Kompetenzen der Einführungsphase bzw. der Qualifikationsphase dargestellt. Die Kompetenzen werden durch die in den Klammern angegebenen verbindlichen Inhalte konkretisiert. Es wird somit vorgegeben, an welchen Inhalten die entsprechende Kompetenz zwingend zu entwickeln ist (vgl. Kap. 3.1).

2.5.1 Prozessbezogene Kompetenzen

Die in Kapitel 3.2.1 und 3.3.1 beschriebenen prozessbezogenen Kompetenzen lassen sich den folgenden Kompetenzbereichen zuordnen:

- Erkenntnisgewinnung
 - Beobachten, beschreiben, vergleichen
 - Experimentieren
 - Mit Modellen arbeiten
 - Fachgemäße Arbeitsweisen und Methoden
- Kommunikation
- Bewertung

Kompetenzerwerb im Bereich **Erkenntnisgewinnung** schafft zum einen die entscheidenden Grundlagen für die eigenständige Erarbeitung neuer Erkenntnisse in der Vielfalt der Biologie, zum anderen bereitet er eine kritische Einstellung zu den Möglichkeiten und Grenzen biologischer Aussagen vor, die in der Qualifikationsphase schwerpunktmäßig vertieft werden. Gerade dieser Kompetenzbereich beeinflusst wesentlich die Strukturierung des Unterrichts: In vielen Fällen vollzieht der Lernprozess den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg nach, ausgehend von Phänomenen und daraus ableitbaren Problemstellungen über Hypothesenbildung und Versuchsplanung bis zur Versuchsauswertung und Theoriebildung.

Die Fähigkeit zu adressatengerechter und sachbezogener **Kommunikation** ist ein wesentlicher Bestandteil biologischer Grundbildung. Im Biologieunterricht müssen die Schülerinnen und Schüler dazu einen sicheren Umgang mit der Fachsprache entwickeln. Dies schließt die Verfügbarkeit relevanter Fachbegriffe und die Kenntnis fachspezifischer Darstellungsformen mit ein. Die Entwicklung der Fachsprache geschieht im sozialen, kooperativen Miteinander, z. B. beim Experimentieren in Gruppen oder bei der Diskussion in Gruppen. Die Dokumentation und Präsentation von Ergebnissen soll mit einem angemessenen Medieneinsatz unterstützt werden.

Der Kompetenzbereich **Bewertung** ist in der Biologie vor allem mit Themen der Humanbiologie und der Ökologie verknüpft. Er ermöglicht auch besonders gut die Einbeziehung aktueller Themen und regionaler Bezüge in den Unterricht. Zum Teil werden einzelnen Bewertungskompetenzen bestimmte Themen verbindlich zugeordnet. In anderen Fällen entscheidet die Fachkonferenz, welche Themen zur Vermittlung von Bewertungskompetenzen in den schuleigenen Arbeitsplan aufgenommen werden.

2.5.2 Inhaltsbezogene Kompetenzen

Die inhaltsbezogenen Kompetenzen werden nach Basiskonzepten gegliedert in den Kapiteln 3.2.2 und 3.3.2 dargestellt. Basiskonzepte bieten den Lehrkräften die Möglichkeit, die große Themenfülle der Biologie zu filtern und daraus ein grundlegendes Basiswissen abzuleiten. Sie stellen somit eine Hilfe für die Auswahl von geeigneten Unterrichtsthemen dar. Entscheidend für den konzeptionellen Charakter eines Fachinhalts ist seine Bedeutung für das Grundverständnis biologischer Phänomene und Zusammenhänge als Grundlage für eine rationale Welterschließung.

Basiskonzepte ermöglichen den Schülerinnen und Schülern, in der scheinbaren Unübersichtlichkeit biologischer Phänomene eine Struktur zu erkennen, die ihnen den Zugang zu neuen Problemstellungen aus dem Bereich der Biologie erleichtert. Durch das Entdecken gleicher Erklärungsmuster an verschiedenen Phänomenen erfolgt eine Vernetzung von Themen, die zunächst ohne Zusammenhang erscheinen. Den Lernenden erschließt sich somit ein biologiespezifisches Muster, das ihnen eine hilfreiche Orientierung in der Vielfalt dieser Fachdisziplin erlaubt. Eine besondere Rolle spielt dabei die Evolutionstheorie als zentrale Theorie der Biologie. Sie stellt letztlich alle Basiskonzepte in einen gemeinsamen Zusammenhang. Die Selektionstheorie und der Aspekt der Geschichtlichkeit bilden eine Leitlinie des Biologieunterrichts. Das bedeutet, dass nach der Einführung der Selektionstheorie im Sekundarbereich I biologische Phänomene grundsätzlich auch unter dem Aspekt der Evolution betrachtet werden können.

Die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) für das Fach Biologie³ unterscheiden acht Basiskonzepte:

- Struktur und Funktion (FW 1)
- Kompartimentierung (FW 2)
- Steuerung und Regelung (FW 3)
- Stoff- und Energieumwandlung (FW 4)
- Information und Kommunikation (FW 5)
- Reproduktion (FW 6)
- Variabilität und Anpasstheit (FW 7)
- Geschichte und Verwandtschaft (FW 8)

Die Basiskonzepte erlauben eine differenziertere Strukturierung der inhaltsbezogenen Kompetenzen. Deshalb wird im Folgenden die Einteilung der Basiskonzepte gemäß der Vorgabe der EPA verwendet. Dabei bleiben die Basiskonzepte Stoff- und Energieumwandlung, Variabilität und Anpasstheit sowie Geschichte und Verwandtschaft der Qualifikationsphase vorbehalten.

³ Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004) S. 9f.

In Anlehnung an die EPA⁴ intendiert der Unterricht auf grundlegendem und auf erhöhtem Anforderungsniveau die Vermittlung von Kompetenzen

- bezüglich exemplarisch wesentlicher und konzeptionell bedeutsamer Sachverhalte, Erkenntnisse, Strukturen, Methoden und Verfahrensweisen des Faches Biologie in ihrer Vernetzung,
- in Hinblick auf die selbstständige Anwendung fachspezifischer und fachunabhängiger Methoden, Arbeitsweisen und Vorgehensweisen zum Zwecke des Erkenntnisgewinns sowie der Beurteilung und Bewertung von Sachverhalten und Handlungsoptionen,
- zur sachlich und fachlich angemessenen sowie adressatengerechten Verständigung über biologische Problemstellungen.

Unterschiede zwischen dem Unterricht auf grundlegendem und auf erhöhtem Anforderungsniveau bestehen im Grad der Vertiefung, der Intensität und der Reflexion wissenschaftspropädeutischen Arbeitens und der Anzahl der Kompetenzen. Diesbezüglich können unter anderem folgende Aspekte differenzierend sein:

- Ausmaß an vernetzten Bezügen (Komplexität) bei der Bearbeitung von Problemstellungen,
- Grad der Entfernung vom unmittelbar Anschaulichen (Abstraktion), insbesondere bei der Modell- und Theoriebildung,
- Ausmaß, Tiefe und Stringenz des Nachdenkens (Reflexion) in Hinblick auf die angewandten Methoden und die Begrenztheit wissenschaftlicher Aussagen,
- Selbstständigkeit bei der Bearbeitung, unter anderem bei praktischen und experimentell angelegten Untersuchungen.

Kompetenzen bzw. in Klammern genannte Inhalte, die durch *Kursivschreibweise* und mit einem Sternchen (*) gekennzeichnet sind, müssen in Kursen auf erhöhtem Anforderungsniveau zusätzlich unterrichtet werden.

⁴ Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004) S. 14.

3 Erwartete Kompetenzen

3.1 Umgang mit den Kompetenztabellen

In den folgenden Tabellen werden die prozessbezogenen und die inhaltsbezogenen Kompetenzen für die Einführungs- und die Qualifikationsphase dargestellt. Für jeden der Kompetenzbereiche gibt es einen einleitenden Text, der diese näher charakterisiert und ihre Bedeutung für den Biologieunterricht herausstellt. Die dort formulierten Aussagen sind für den Unterricht verbindlich.

Für die Basiskonzepte werden zudem Texte formuliert, die ebenfalls verbindliche Hinweise zur Behandlung der jeweiligen Kompetenzen beinhalten. Die in den Tabellen darunter formulierten inhaltsbezogenen Kompetenzen sind immer im Zusammenhang mit diesen Hinweisen zu lesen und im Unterricht umzusetzen. Die Reihenfolge der in den Tabellen aufgeführten Kompetenzen stellt dabei keine chronologische Unterrichtsabfolge dar.

Die inhaltsbezogenen Kompetenzen werden durch die in den Klammern angegebenen verbindlichen Inhalte konkretisiert. Es wird somit vorgegeben, an welchen Inhalten die entsprechende Kompetenz zwingend zu entwickeln ist. Bei vielen Kompetenzen befinden sich in den Klammern mehrere Inhalte. Dadurch ist gewährleistet, dass die anzustrebende inhaltliche Tiefe, in der die Kompetenz zu behandeln ist, konkretisiert wird. Auch bei den prozessbezogenen Kompetenzen sind zum Teil verbindliche Inhalte in Klammern vorgegeben, an denen diese Kompetenz zu entwickeln ist. Durch dieses exemplarische Vorgehen wird ermöglicht, dass die Kompetenzen in der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit hinreichend entwickelt werden können.

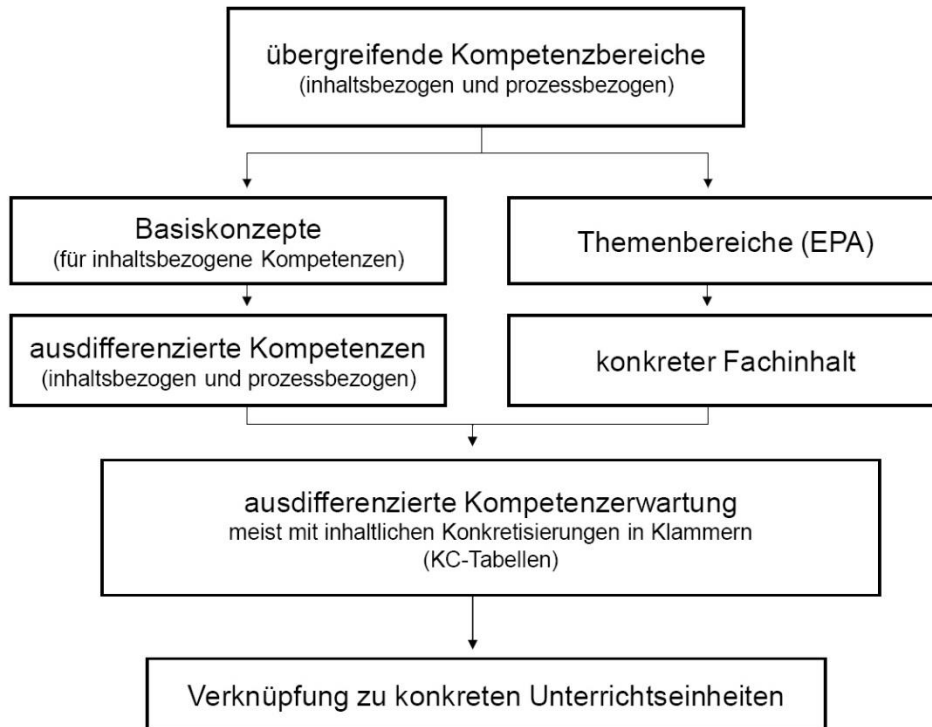
Auch prozessbezogene Kompetenzen ohne Angabe von Inhalten in Klammern sind im Zusammenhang mit fachbezogenen Kompetenzen zu entwickeln. Bei der unterrichtlichen Umsetzung bestehen bezüglich der inhaltlichen Anbindung jedoch Freiräume.

Durch die Angabe der konkreten Inhalte in den Klammern wird zudem eine Verbindlichkeit in Hinblick auf das Zentralabitur geschaffen, weiterhin wird auch die Fachsystematik zur Strukturierung des Unterrichts aufgegriffen.

Im Anhang werden Anregungen für die Umsetzung gegeben (A 4). Weiterhin wird eine mögliche Unterrichtsfolge für die zeitgerechte Entwicklung der Kompetenzen im Unterricht ausführlich dargestellt (A 5). Weitere mögliche Kursfolgen werden zusammenfassend dargestellt.

Die folgende Grafik verdeutlicht noch einmal die Zusammenhänge zwischen den übergreifenden Kompetenzbereichen des Fachs Biologie, den Basiskonzepten, den ausdifferenzierten Kompetenzen, den Themenbereichen der EPA, den konkreten Fachinhalten, den ausdifferenzierten Kompetenzerwartungen mit inhaltlichen Konkretisierungen und deren Verknüpfung zu konkreten Unterrichtseinheiten.

Ausführungen zu den Themenbereichen der EPA befinden sich im Anhang (A 2).



Die ausdifferenzierten Kompetenzerwartungen führen die ausdifferenzierten Kompetenzbereiche und konkrete Fachinhalte zusammen und verdeutlichen die fachlichen Anforderungen und intendierten Lernergebnisse, die bis zum Ende der Einführungsphase bzw. der Qualifikationsphase erreicht werden müssen.

Die ausdifferenzierten Kompetenzerwartungen

- beziehen sich auf beobachtbare Handlungen und sind auf die Bewältigung von Anforderungssituationen ausgerichtet,
- stellen die erwarteten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten dar,
- ermöglichen die Darstellung einer Progression vom Anfang bis zum Ende des Sekundarbereichs II und zielen auf kumulatives, systematisch vernetztes Lernen,
- können in Aufgabenstellungen umgesetzt und überprüft werden,
- sind Grundlagen zur Erstellung von konkreten Unterrichtseinheiten.

Insgesamt ist der Unterricht in der Einführungsphase und in der Qualifikationsphase nicht allein auf das Erreichen der aufgeführten ausdifferenzierten Kompetenzerwartungen beschränkt, sondern er soll es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, diese weiter auszubauen und darüber hinausgehende zusätzliche Kompetenzen zu erwerben.

3.2 Kompetenzen in der Einführungsphase

3.2.1 Prozessbezogene Kompetenzen in der Einführungsphase

Der Biologieunterricht in der Einführungsphase knüpft an die im Sekundarbereich I erworbenen Kompetenzen an.

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (EG)

Der Biologieunterricht ist an den Prinzipien von Wissenschaftspropädeutik ausgerichtet. Problemorientierter Unterricht in der Einführungsphase erweitert kontinuierlich und kumulativ die von den Schülerinnen und Schülern im Sekundarbereich I erworbenen Fähigkeiten, biologische Fragen als solche zu erkennen und mit geeigneten fachspezifischen Verfahren zu lösen. Dabei geht es im Wesentlichen um den Umgang mit Problemlösestrategien, fachspezifische Arbeitstechniken, z. B. das Mikroskopieren oder die PCR, und die Reflexion von Möglichkeiten und Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung. Letzteres wird besonders bei der Auseinandersetzung mit historischen Experimenten und Modellvorstellungen deutlich.

Aus der Beobachtung und Beschreibung von Phänomenen auf den verschiedenen Systemebenen werden Frage- und Problemstellungen entwickelt. Die Phänomene werden jedoch zunehmend auf der molekularen Ebene betrachtet. In der Einführungsphase kommt neben dem eigenständigen hypothesengeleiteten Denken daher dem Arbeiten mit Modellen besondere Bedeutung zu.

Modelle und Modellbildung kommen im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess von Schülerinnen und Schülern besonders dann zur Anwendung, wenn sie komplexe Phänomene auf der molekularen Ebene bearbeiten oder veranschaulichen. Schülerinnen und Schüler verwenden ein Modell als eine idealisierte oder generalisierte Darstellung eines existierenden oder gedachten Objektes bzw. Systems. Insofern ist gerade das kritische Reflektieren des Modells bedeutsamer Teil der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung.

Tabelle 1	Einführungsphase
EG	Erkenntnisgewinnung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
EG 1	Beobachten, beschreiben, vergleichen
1	• beschreiben komplexe Zusammenhänge strukturiert und sachgerecht.
2	• mikroskopieren und skizzieren biologische Präparate (Plasmolyse).
3	• vergleichen Zelltypen anhand schematischer Darstellungen basierend auf elektronenmikroskopischen Aufnahmen (Tierzelle, Pflanzenzelle, Bakterienzelle).
EG 2	Experimentieren
1	• planen zunehmend eigenständig hypothesengeleitet Experimente, führen diese durch und werten sie aus.
EG 3	Mit Modellen arbeiten
1	• erläutern biologische Sachverhalte mithilfe von Modellen.
2	• wenden Modelle an, erweitern sie und beurteilen die Aussagekraft und Gültigkeit (Flüssig-Mosaik-Modell).
EG 4	Fachgemäße Arbeitsweisen und Methoden
1	• wenden den naturwissenschaftlichen Gang der Erkenntnisgewinnung auf neue Probleme an.
2	• erläutern biologische Arbeitstechniken, werten Befunde aus und deuten sie (PCR, Gel-Elektrophorese).
3	• analysieren naturwissenschaftliche Texte.
4	• beschreiben, analysieren und deuten Abbildungen, Tabellen, Diagramme sowie grafische Darstellungen.

Kompetenzbereich Kommunikation (KK)

Unterrichtliches und alltägliches Handeln setzt die Fähigkeit zur Kommunikation voraus.

Die Lernenden tragen ihre individuellen Alltagsvorstellungen in den Fachunterricht hinein und umgekehrt fachliche Konzepte und Fachsprache in die Alltagssprache zurück. Dadurch erreichen Schülerinnen und Schüler eine Diskursfähigkeit über Themen der Biologie, einschließlich solcher, die von Gesellschafts- und Alltagsrelevanz sind.

Zum Kommunizieren im Fach Biologie werden vielfältige Texte und andere Informationsträger verwendet, wie etwa Bilder, Grafiken, Tabellen, fachliche Symbole, Formeln, Gleichungen und Graphen. Schülerinnen und Schüler erfassen den Informationsgehalt der verschiedenen Träger, beziehen sie aufeinander und verarbeiten sie.

Im Biologieunterricht müssen die Schülerinnen und Schüler dazu einen sicheren Umgang mit der Fachsprache entwickeln. Dies geschieht z. B. bei der Diskussion in Gruppen, wenn es um das Verständnis und die Anwendung naturwissenschaftlicher Fachbegriffe, Erkenntnisse und Untersuchungen geht. Formen von Kommunikation sind einerseits direkter Lerngegenstand, andererseits Mittel im Lernprozess. Erkenntnisgewinn und fachbezogener Spracherwerb bedingen sich daher gegenseitig.

Der schlüssigen und strukturierten sprachlichen Darstellung sowie der eigenen Stellungnahme in mündlicher und schriftlicher Form kommt eine große Bedeutung zu.

Die Dokumentation und Präsentation von Ergebnissen soll mit einem angemessenen Medieneinsatz unterstützt werden. Dazu gehört insbesondere auch der Einsatz multimedialer Präsentationstechniken.

Tabelle 2	Einführungsphase
KK	Kommunikation
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none">• beschreiben und erklären biologische Sachverhalte strukturiert und unter korrekter Verwendung der Fachsprache.
2	<ul style="list-style-type: none">• veranschaulichen biologische Sachverhalte auf angemessene Art und Weise: Text, Tabelle, Diagramm, Schema, Skizze.
3	<ul style="list-style-type: none">• strukturieren komplexe biologische Zusammenhänge: Fließdiagramm, Mindmap.
4	<ul style="list-style-type: none">• unterscheiden bei der Erläuterung physiologischer Sachverhalte zwischen Stoff- und Teilchenebene (Diffusion, Osmose).

Kompetenzbereich Bewertung (BW)

Biologische Erkenntnisse erlangen zunehmend Bedeutung in anwendungsbezogenen und Disziplin übergreifenden Zusammenhängen. Das erfordert einen gesellschaftlichen Diskurs, an dessen Ende Entscheidungen stehen. Die damit verbundenen Chancen und Risiken betreffen das Individuum und die Gesellschaft auf lokaler oder globaler Ebene, aber auch künftige Generationen. Den Entscheidungen sollte die Bewertung von Handlungsoptionen vorausgehen.

Im Unterschied zum evidenzbasierten Bewerten von Hypothesen beim Experimentieren wird an dieser Stelle vom Bewerten im Sinne des moralischen Urteils und eines Umgangs mit faktischer und ethischer Komplexität gesprochen. Bewertungskompetenz bezieht sich im Biologieunterricht zum einen auf umweltverträgliches und reflektiertes Handeln im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung, zum anderen auf den Bereich der Bioethik, der die kritische Beurteilung moderner biotechnologischer und biomedizinischer Verfahren zum Inhalt hat. Da es sich um Fragestellungen handelt, die im Überschneidungsbereich von fachlichen Inhalten und gesellschaftlichen Werten und Normen liegen, können diese nicht allein durch logisches Schlussfolgern, komplexes Problemlösen oder vernetztes Denken beantwortet werden. Im Zentrum von Bewertungskompetenz steht daher die Befähigung zu einer bewussten, reflektierten, kritischen und argumentativ fundierten Meinungsbildung.

Um an gesellschaftlich bedeutenden Entscheidungsprozessen verantwortungsbewusst teilhaben zu können, müssen Schülerinnen und Schüler also in die Lage versetzt werden, zukunftsfähige Handlungsoptionen auf Basis relevanter Entscheidungskriterien zu entwickeln und diese zu bewerten.

In der Einführungsphase steht der Bereich der Bioethik, der die kritische Beurteilung moderner biotechnologischer und biomedizinischer Verfahren zum Inhalt hat, im Fokus des Biologieunterrichts. Der Aspekt des umweltverträglichen und reflektierten Handelns im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung bleibt der Qualifikationsphase vorbehalten.

Tabelle 3	Einführungsphase
BW	Bewertung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none">• führen eine ethische Analyse durch, wägen dabei Argumente ab, unterscheiden deskriptive von normativen Aussagen und begründen Handlungsoptionen (PND).

3.2.2 Inhaltsbezogene Kompetenzen in der Einführungsphase

Allgemeine Erläuterungen zu Basiskonzepten und inhaltsbezogenen Kompetenzen befinden sich im Kapitel 3.3.2 auf Seite 29.

Struktur und Funktion (FW 1)

Der Zusammenhang von Struktur und Funktion ist in der Biologie auf allen Systemebenen zu finden. Die Verschränkung von Struktur und Funktion wird in der Einführungsphase vorwiegend auf der zellulären und molekularen Ebene betrachtet. Mit dem Bausteinprinzip wird der Aufbau der Lebewesen aus Grundbausteinen beschrieben. Auf molekularer Ebene sind dies verschiedene Nucleotide und Aminosäuren. Auch der Bau der Biomembran lässt sich auf dieses Prinzip zurückführen. Das Schlüssel-Schloss-Prinzip wird in der Einführungsphase im Zusammenhang mit molekulargenetischen Aspekten vertieft. Die Strukturen werden auf molekularer Ebene jedoch soweit schematisch dargestellt, dass auf chemische Strukturformeln weitgehend verzichtet werden kann.

Tabelle 4	Einführungsphase
FW 1	Struktur und Funktion
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben den Bau und die wesentlichen Eigenschaften biologisch bedeutsamer Moleküle (Lipide, Proteine, Nucleinsäuren).
2	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern Struktur-Funktionsbeziehungen auf der Ebene von Molekülen modellhaft (Phospholipide, komplementäre Basen der DNA).

Kompartimentierung (FW 2)

Lebende Systeme zeigen abgegrenzte Reaktionsräume. Dieses Basiskonzept verdeutlicht die Rolle des Bausteinprinzips von Zellen und Geweben, hilft aber auch beim Verständnis der Zellorganellen und Organe als abgegrenzte Funktionsräume innerhalb eines Organismus. Eine besondere Rolle spielen dabei die Membranen, die die Funktionsräume voneinander abgrenzen und den Stoffaustausch kontrollieren. Dadurch wird es möglich, dass unterschiedliche Prozesse in derselben Zelle gleichzeitig stattfinden können. In der Einführungsphase trägt die Auseinandersetzung mit diesem Basiskonzept zum Verständnis der besonderen Bedeutung verschiedener Transportmechanismen durch Biomembranen und der Abgrenzung von Reaktionsräumen bei der Proteinbiosynthese bei.

Tabelle 5	Einführungsphase
FW 2	Kompartimentierung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern modellhaft den Aufbau von Biomembranen (Flüssig-Mosaik-Modell).
2	<ul style="list-style-type: none"> • beschreiben Kompartimentierung innerhalb von Zellen (Zellkern – Zellplasma, Vakuole – Zellplasma).
3	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern verschiedene Arten von Stofftransport zwischen Kompartimenten (Diffusion, Osmose, aktiver Transport).

Steuerung und Regelung (FW 3)

Dieses Basiskonzept ist eng mit dem Begriff „System“ verknüpft, denn Lebewesen stehen als offene Systeme in einer geregelten, selbsterhaltenden Beziehung zum System ihrer Umwelt. In Zellen und Lebewesen finden vielfältige Prozesse statt, die sich wechselseitig bedingen. Oft sind Steuerungen in Regelungsvorgänge eingebunden, bei denen bestimmte Prozesse durch Rückkopplungen aktiviert oder gehemmt werden. In der Einführungsphase wird dieses Basiskonzept aus dem Sekundarbereich I aufgegriffen und erstmalig auf molekularbiologischer Ebene bei der Regulation des Wasserhaushalts modellhaft betrachtet.

Tabelle 6	Einführungsphase
FW 3	Steuerung und Regelung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none">• erläutern Regulationsprozesse bei Zellen (osmotische Regulation).

Stoff- und Energieumwandlung (FW 4)

Dieses Basiskonzept wird erst (wieder) in der Qualifikationsphase aufgegriffen.

Erläuterungen zu diesem Basiskonzept befinden sich im Kapitel 3.3.2 auf Seite 33.

Information und Kommunikation (FW 5)

Informationsaufnahme, -weiterleitung, -verarbeitung und -speicherung werden bei höheren Organismen von komplexen Systemen übernommen. Kommunikation stellt hierbei die wechselseitige Informationsübertragung dar, die auf allen Systemebenen lebender Organismen stattfindet. Dieses Basiskonzept hilft beim Verständnis der Vorgänge bei der Realisierung von Erbinformationen. Weiterhin hilft es beim Verständnis der DNA als veränderbarem chemischen Informationsträger. In der Einführungsphase liegt der Schwerpunkt auf den grundlegenden Vorgängen bei der Proteinbiosynthese der Eukaryoten. Das alternative Spleißen und die Genregulation bleiben der Qualifikationsphase vorbehalten.

Tabelle 7	Einführungsphase
FW 5	Information und Kommunikation
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none">• erläutern anhand experimenteller Befunde, dass die DNA Träger der Erbsubstanz ist (Experimente von Griffith und Avery).
2	<ul style="list-style-type: none">• erläutern modellhaft die Übersetzung der DNA-Sequenz in eine Aminosäuresequenz (Transkription, Translation).
3	<ul style="list-style-type: none">• erläutern den Zusammenhang von Genen, Genprodukten und der Ausprägung von Merkmalen (Ein-Gen-ein-Polypeptid-Hypothese).
4	<ul style="list-style-type: none">• erläutern DNA-Mutationen und ihre Auswirkungen auf das Genprodukt (Punktmutation, Rastermutation).

Reproduktion (FW 6)

Die Kontinuität des Lebens besteht in der Generationsfolge, denn Lebewesen haben eine begrenzte Lebensdauer. Die Reproduktion führt durch die identische Replikation der DNA, aber auch durch Mutation und Rekombination zu Vielfalt, die Kontinuität wie auch Veränderlichkeit umfasst.

In der Einführungsphase werden die Betrachtungen der cytologischen bzw. chromosomalen Ebene aus dem Sekundarbereich I aufgegriffen und auf die molekulargenetische Ebene übertragen. Mit Bezug auf den Kompetenzbereich „Information und Kommunikation“ (FW 5) wird hier schwerpunktmäßig die Funktion der DNA zur Bildung erbgleicher Zellen thematisiert. Die DNA-Replikation soll dabei modellhaft vereinfacht werden.

Tabelle 8	Einführungsphase
FW 6	Reproduktion
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none">• erläutern die Erbgleichheit bei Zellen (semikonservative Replikation der DNA).

Variabilität und Anpasstheit (FW 7)

Dieses Basiskonzept wird erst (wieder) in der Qualifikationsphase aufgegriffen.

Erläuterungen zu diesem Basiskonzept befinden sich im Kapitel 3.3.2 auf Seite 35.

Geschichte und Verwandtschaft (FW 8)

Dieses Basiskonzept wird erst (wieder) in der Qualifikationsphase aufgegriffen.

Erläuterungen zu diesem Basiskonzept befinden sich im Kapitel 3.3.2 auf Seite 36.

3.3 Kompetenzen in der Qualifikationsphase

3.3.1 Prozessbezogene Kompetenzen in der Qualifikationsphase

Der Biologieunterricht in der Qualifikationsphase knüpft an die in der Einführungsphase erworbenen Kompetenzen an.

Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (EG)

Grundlegende Erläuterungen zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (EG) befinden sich im Kapitel 3.2.1 auf Seite 18.

Darüber hinaus vermittelt problemorientierter Biologieunterricht der Qualifikationsphase den Schülerinnen und Schülern Methoden, mit deren Hilfe sie biologische Systeme analysieren und deren Eigenschaften beschreiben und erklären können. Dabei nutzen sie ihre Kenntnisse von biologischen Zusammenhängen und Basiskonzepten.

Der Unterricht ist an den Prinzipien von Wissenschaftspropädeutik und *Scientific Literacy* ausgerichtet. Dabei sind unter anderem Problemlösestrategien, fachgemäße Arbeitsweisen und Methoden sowie die Reflexion von Möglichkeiten und Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bedeutsam.

Aus der Beobachtung und Beschreibung von Phänomenen auf den verschiedenen Systemebenen werden Frage- und Problemstellungen entwickelt. Zur Erkenntnisgewinnung sind Freilanduntersuchungen, eigenständiges hypothesengeleitetes Experimentieren und das Arbeiten mit Modellen von besonderer Bedeutung.

Tabelle 9	Qualifikationsphase
EG	Erkenntnisgewinnung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
EG 1	Beobachten, beschreiben, vergleichen
1	• beschreiben und erklären biologische Sachverhalte kriteriengeleitet durch Beobachtung und Vergleich.
2	• mikroskopieren und skizzieren biologische Präparate (bifaziales Laubblatt).
3	• vergleichen den Bau von Organellen anhand schematischer Darstellungen (Chloroplasten, Mitochondrien).
4	• führen eine Dünnschichtchromatografie durch und werten das Chromatogramm aus (Blattpigmente).
5	• führen Freilanduntersuchungen durch und werten diese aus (ausgewählte abiotische und biotische Faktoren).
EG 2	Experimentieren
1	• entwickeln Fragestellungen und Hypothesen, planen Experimente, führen diese durch und werten sie hypothesenbezogen aus.
2	• diskutieren Fehlerquellen bei Experimenten (fehlender Kontrollansatz).
EG 3	Mit Modellen arbeiten
1	• erläutern biologische Sachverhalte mithilfe von Modellen.
2	• wenden Modelle an, erweitern sie und beurteilen die Aussagekraft und Gültigkeit.
3	• <i>erklären biologische Phänomene mithilfe von Kosten-Nutzen-Analysen (reproduktive Fitness)*.</i>
EG 4	Fachgemäße Arbeitsweisen und Methoden
1	• wenden den naturwissenschaftlichen Gang der Erkenntnisgewinnung auf neue Probleme an.
2	• erläutern biologische Arbeitstechniken (Autoradiografie, DNA-Sequenzierung unter Anwendung von PCR und Gel-Elektrophorese, <i>DNA-Chip-Technologie*</i>), werten Befunde aus und deuten sie.
3	• analysieren naturwissenschaftliche Texte.
4	• beschreiben, analysieren und deuten Abbildungen, Tabellen, Diagramme sowie grafische Darstellungen unter Beachtung der untersuchten Größen und Einheiten.

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

Kompetenzbereich Kommunikation (KK)

Grundlegende Erläuterungen zum Kompetenzbereich Kommunikation (KK) befinden sich im Kapitel 3.2.1 auf Seite 20.

Sach- und adressatengerechte Kommunikation ist ein wesentlicher Bestandteil naturwissenschaftlicher Bildung. Der Umgang mit modernen Kommunikations- und Präsentationstechniken stellt hierbei ebenso eine Grundvoraussetzung dar wie die sichere Verwendung von Fachbegriffen. Kommunikation setzt zudem die Bereitschaft voraus, eigenes Wissen, eigene Vorstellungen und Ideen in Diskussionen einzubringen und weiterzuentwickeln. Dies unterstützt einen nachhaltigen Lernprozess.

Die Schülerinnen und Schüler recherchieren oder dokumentieren biologische Sachverhalte auch mithilfe digitaler Medien und Technologien und reflektieren den Einsatz dieser Medien sowie die Informationsquellen kritisch.

Selbststeuerung und Selbstorganisation des Lernprozesses sind charakteristische Merkmale des Unterrichts, für die Kommunikation die wesentliche Voraussetzung darstellt.

Die schlüssige und strukturierte sprachliche Darstellung in mündlicher und schriftlicher Form ist auch im Hinblick auf die Abiturprüfung von besonderer Bedeutung.

Tabelle 10	Qualifikationsphase
KK	Kommunikation
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	• beschreiben und erklären biologische Sachverhalte strukturiert und unter korrekter Verwendung der Fachsprache.
2	• veranschaulichen biologische Sachverhalte auf angemessene Art und Weise (Text, Tabelle, Diagramm, Schema, Skizze).
3	• strukturieren biologische Zusammenhänge (Fließdiagramm, Mindmap, <i>Concept-map</i> *).
4	• unterscheiden bei der Erläuterung physiologischer Sachverhalte zwischen Stoff- und Teilchenebene.
5	• unterscheiden zwischen proximativen und ultimativen Erklärungen und vermeiden unangemessene finale Begründungen.
6	• erörtern komplexe biologische Fragestellungen, deren Lösungen strittig sind (Handlungsoptionen zur Verbesserung der CO ₂ -Bilanz, <i>Artbildung</i> *).

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

Kompetenzbereich Bewertung (BW)

Grundlegende Erläuterungen zum Kompetenzbereich Bewertung (BW) befinden sich im Kapitel 3.2.1 auf Seite 21.

Bewertungskompetenz bezieht sich im Biologieunterricht zum einen auf umweltverträgliches und reflektiertes Handeln im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung, zum anderen auf den Bereich der Bioethik, der die kritische Beurteilung moderner biotechnologischer und biomedizinischer Verfahren zum Inhalt hat.

In der Qualifikationsphase ist der Aspekt des umweltverträglichen und reflektierten Handelns im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung für die Abiturprüfung verbindlich. Das schließt die Reflexion der eigenen Entscheidung mit ein.

Tabelle 11	Qualifikationsphase
BW	Bewertung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none">• bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und/oder globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns auf der Grundlage einer Analyse der Sach- sowie der Werteebene der Problemsituation und entwickeln Handlungsoptionen.
2	<ul style="list-style-type: none">• <i>analysieren komplexe Problem- und Entscheidungssituationen im Hinblick auf soziale, räumliche und zeitliche Fallen*</i>.
3	<ul style="list-style-type: none">• bewerten Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität aus verschiedenen Perspektiven (Nachhaltigkeit).

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

3.3.2 Inhaltsbezogene Kompetenzen in der Qualifikationsphase

Die Fachwissenschaft Biologie ist gekennzeichnet durch eine große Faktenfülle. Den biologischen Einzelphänomenen liegen dabei gemeinsame Prinzipien zugrunde, die sich als Basiskonzepte beschreiben lassen. Die Basiskonzepte ermöglichen es den Schülerinnen und Schülern, die Themenbereiche zu strukturieren, indem sie ihnen helfen, die Einzelphänomene zu erfassen, einzuordnen und miteinander zu vernetzen. Damit schaffen die Basiskonzepte eine Voraussetzung für kumulatives Lernen. Zusätzlich können sie dazu genutzt werden, die erworbenen biologischen Kenntnisse auf der Metaebene zu reflektieren.

Die EPA Biologie unterscheiden acht Basiskonzepte. Sie sind eng miteinander vernetzt, sodass manche Inhalte mehreren Basiskonzepten zugeordnet werden können. Die verbindende Theorie ist die Evolutionstheorie. Nach den EPA Biologie gehören die Basiskonzepte zu den verbindlichen Inhalten des Biologieunterrichts. Daher sind die Basiskonzepte nicht nur bei der Unterrichtsplanung zu berücksichtigen, sondern auch als fachliche Kontexte in geeigneter Weise zum Gegenstand des Unterrichts selbst zu machen.

Ökosysteme sind komplexe und dynamische Vielfaktorensysteme, die sich nur durch die Vernetzung von Basiskonzepten sinnvoll erschließen lassen. Besonders die Basiskonzepte Kompartimentierung, Steuerung und Regelung, Stoff- und Energieumwandlung sowie Variabilität und Anpassbarkeit sind für das Verständnis für ein Ökosystem verknüpft zu betrachten. Diese Vernetzung nimmt naturgemäß Zeit in Anspruch. Daher kann im Unterricht der Qualifikationsphase nur ein Ökosystem schwerpunktmäßig im Unterricht behandelt werden. Um einerseits der regionalen Vielfalt Niedersachsens Rechnung zu tragen und andererseits Verbindlichkeit für das Zentralabitur zu schaffen, wird das verpflichtend zu behandelnde Ökosystem durch die „Hinweise zur schriftlichen Abiturprüfung Biologie“ für jedes Jahr verbindlich vorgegeben. Dabei werden aquatische und terrestrische Ökosysteme gleichermaßen berücksichtigt. Es wird aus den folgenden Ökosystemen ausgewählt:

- Terrestrische Ökosysteme: Wald, Wiese, Moor
- Aquatische Ökosysteme: See, Fließgewässer, Meer

In den Vortexten zu den jeweiligen Basiskonzepten wird deutlich gemacht, welche Kompetenzen des entsprechenden Basiskonzepts mit besonderem Bezug zum Ökosystem zu unterrichten sind.

Struktur und Funktion (FW 1)

Der Zusammenhang von Struktur und Funktion ist in der Biologie besonders bedeutsam und auf allen Systemebenen zu finden, da Lebewesen aufgrund ihrer Komplexität eine Vielzahl von Strukturen aufweisen, die ihr Überleben sichern. Die Verschränkung von Struktur und Funktion wird in der Qualifikationsphase neben der makroskopischen Ebene vertiefend auf der zellulären und molekularen Ebene betrachtet. Die Strukturen werden auf molekularer Ebene jedoch soweit schematisch dargestellt, dass auf chemische Strukturformeln verzichtet werden kann.

Vor allem das Schlüssel-Schloss-Prinzip wird in der Qualifikationsphase im Zusammenhang mit biochemischen Aspekten vertieft. Dies geschieht in vielfältigen fachlichen Zusammenhängen, wie z. B. beim Enzym-Substrat-Komplex oder bei Transmitterstoffen und Rezeptormolekülen.

In Erweiterung zur Einführungsphase werden hier auch andere Grundprinzipien aus dem Sekundarbereich I vertieft. Das Prinzip der Oberflächenvergrößerung wird z. B. beim Bau von Chloroplasten und Mitochondrien ersichtlich. Auch das Gegenspielerprinzip wird erneut aufgegriffen.

Tabelle 12	Qualifikationsphase
FW 1	Struktur und Funktion
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	• erläutern Struktur-Funktionsbeziehungen auf der Ebene von Molekülen modellhaft (Enzyme, Rezeptormoleküle, <i>Aktin- und Myosinfilamente bei der Kontraktion von Skelettmuskelfasern</i> *).
2	• erläutern Struktur-Funktionsbeziehungen auf der Ebene von Organellen (Chloroplasten, Mitochondrien).
3	• erläutern Struktur-Funktionsbeziehungen auf der Ebene von Organen (Sonnen- und Schattenblatt, Transpiration beim Blatt).

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

Kompartimentierung (FW 2)

Lebende Systeme weisen abgegrenzte Reaktionsräume (Kompartimente) auf. Dieses Basiskonzept hilft beim Verständnis der Zellorganellen und Organe als abgegrenzte Funktionsräume innerhalb eines Organismus. Bei den unten formulierten Kompetenzen wird der Fokus weitgehend auf die durch Membranen abgegrenzten Reaktionsräume gerichtet. Durch diese Abgrenzung wird es möglich, dass unterschiedliche Stoffwechselprozesse in derselben Zelle gleichzeitig stattfinden können.

In der Qualifikationsphase trägt die Auseinandersetzung mit diesem Basiskonzept zum Verständnis der besonderen Bedeutung von Biomembranen und verschiedenen Transportmechanismen bei einer Vielzahl von Prozessen bei, z. B. bei der chemiosmotischen ATP-Bildung oder der Entstehung und Weiterleitung elektrischer Potenziale.

Kompartimentierung findet auch auf der Ebene von Ökosystemen statt. Diese wird vor allem in der typischen Struktur des jeweiligen Ökosystems deutlich, worauf der Unterricht explizit eingehen muss. Die Kompetenz FW 2.3 ist mit Bezug auf das in den Hinweisen vorgegebene Ökosystem zu behandeln.

Tabelle 13	Qualifikationsphase
FW 2	Kompartimentierung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none">• erläutern biologische Phänomene mithilfe verschiedener Arten von Stofftransport zwischen Kompartimenten (passiver und aktiver Transport).
2	<ul style="list-style-type: none">• erläutern die Funktion der Kompartimentierung (Ruhepotenzial, chemiosmotisches Modell der ATP-Bildung).
3	<ul style="list-style-type: none">• beschreiben, dass Kompartimentierung auf verschiedenen Systemebenen existiert (Organell, Zelle, Organ, Organismus, Ökosystem).

Steuerung und Regelung (FW 3)

Lebewesen stehen als offene Systeme in einer geregelten, selbsterhaltenden Beziehung zum System ihrer Umwelt. Die stabilisierende Regulation der internen Bedingungen gegenüber äußeren Einflüssen (Homöostase) war eine Voraussetzung für die Entstehung des Lebens und ist auch heute noch eine Bedingung für seinen Bestand. Auf allen Organisationsebenen sind Wirkung und Rückwirkung zwischen den Elementen lebender Systeme zu beobachten.

Auf stoffwechselbiologischer Ebene wird dies z. B. bei kompetitiven und allosterischen Wirkungen bei Enzymen zur Regulation von Stoffwechselwegen deutlich.

Organismen nutzen in ihrem Stoffwechsel ein komplexes Gefüge von Ungleichgewichten und Fließgleichgewichten. Unter dem Begriff „Omics“ werden viele neue Spezialdisziplinen und moderne molekularbiologische Methoden zusammengefasst. Mithilfe dieser Methoden können Veränderungen in verschiedenen Molekülklassen gleichzeitig erfasst werden. Die Gesamtheit der Stoffwechselprodukte hat z. B. Einfluss auf die Aktivierung bzw. Inaktivierung eines Gens, wobei Regulation in besonderem Maße deutlich wird. Auch Umwelteinflüsse wirken, wie epigenetische Forschungsergebnisse zeigen, auf die Regulation der Genaktivität ein. In diesem Zusammenhang ist eine Wiederholung der grundlegenden Aspekte der Proteinbiosynthese aus der Einführungsphase notwendig.

In einem Ökosystem wirken viele abiotische und biotische Faktoren auf die dort lebenden Organismen ein. Der Unterricht muss dem Zusammenwirken der vielfältigen Faktoren des jeweils zu behandelnden Ökosystems besonders Rechnung tragen. Die Kompetenz FW 3.5 ist mit Bezug auf das in den Hinweisen vorgegebene Ökosystem zu behandeln.

Tabelle 14	Qualifikationsphase
FW 3	Steuerung und Regelung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	• beschreiben kompetitive und allosterische Wirkungen bei Enzymen zur Regulation von Stoffwechselwegen (Phosphofruktokinase).
2	• <i>erläutern Homöostase als Ergebnis von Regelungsvorgängen, die für Stabilität in physiologischen Systemen sorgen (Regulation der Zellatmung, Thermoregulierer und Thermokonformer)*.</i>
3	• erläutern Wechselbeziehungen zwischen Organismen (inter- und intraspezifische Konkurrenz, Räuber-Beute, Parasitismus, Symbiose).
4	• erläutern die Regulation der Populationsdichte (dichteabhängige und dichteunabhängige Faktoren).
5	• vergleichen unter Bezug auf biotische und abiotische Faktoren physiologische und ökologische Potenzen (Toleranzkurven).
6	• <i>erläutern die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten (Genom, Proteom, An- und Abschalten von Genen, Transkriptionsfaktoren, alternatives Spleißen, RNA-Interferenz, Methylierung und Demethylierung)*.</i>

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

Stoff- und Energieumwandlung (FW 4)

Lebewesen sind aufgrund der permanenten Energieabgabe darauf angewiesen, diese durch ständige Energiezufuhr auszugleichen. Letztlich sind fast alle Lebewesen dieser Erde auf die Zufuhr von Lichtenergie und auf die Fotosynthese angewiesen. Durch diesen Prozess sind Pflanzen in der Lage, ihre eigenen energiereichen Nährstoffe herzustellen. Die dabei chemisch gebundene Energie wird über Nahrungsketten und Nahrungsnetze auch auf tierische Organismen übertragen. Die Thematisierung von Stoffkreisläufen ermöglicht darüber hinaus die Entwicklung eines tieferen Verständnisses der ökologischen Aspekte von Nachhaltigkeit. Die Kompetenzen FW 4.6 und FW 4.7 sind mit Bezug auf das in den Hinweisen vorgegebene Ökosystem zu behandeln.

Die aufbauenden und abbauenden Stoffwechselforgänge sind auf den verschiedenen Organisationsebenen über Stoffe sowie Energie- und Reduktionsäquivalente verknüpft. Stoffwechselwege werden als schematische Redox-Reaktionen betrachtet. Während des Stoffwechsels finden Speicherung, Transport und Umwandlung von Stoffen statt. Letztendlich wird die aufgenommene Energie als Wärme entwertet. Die wichtigsten Moleküle der Stoffwechselwege werden dabei in der Regel im C-Körper-Schema dargestellt. Dies bedeutet, dass zwar keine Strukturformeln gezeichnet werden, wohl aber die Anzahl der Kohlenstoffatome und die Namen der Ausgangsstoffe und Produkte sowie der an den energetisch relevanten Schritten beteiligten Zwischenprodukte, Reduktions- und Energieäquivalente angegeben werden müssen.

Tabelle 15	Qualifikationsphase
FW 4	Stoff- und Energieumwandlung
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern Grundprinzipien von Stoffwechselwegen (Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP/ADP-System, Reduktionsäquivalente).
2	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie in der Fotosynthese (Abhängigkeit von Außenfaktoren, Funktion der Fotosynthesepigmente, Absorptions- und Wirkungsspektrum, Primärreaktionen, <i>energetisches Modell der ATP-Bildung*</i>, chemiosmotisches Modell der ATP-Bildung, Sekundärreaktionen: Fixierungs- und Reduktionsphase im C-Körper-Schema, Regenerationsphase nur summarisch).
3	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern Enzyme als Biokatalysatoren von Abbau- und Aufbauprozessen (Aktivierungsenergie, Substrat- und Wirkungsspezifität).
4	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Abhängigkeit der Enzymaktivität von unterschiedlichen Faktoren (Temperatur, pH-Wert, Substratkonzentration).
5	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Bereitstellung von Energie unter Bezug auf die vier Teilschritte der Zellatmung (C-Körper-Schema, <i>energetisches Modell der ATP-Bildung*</i>, chemiosmotisches Modell der ATP-Bildung, Stoff- und Energie-Bilanzen).
6	<ul style="list-style-type: none"> • stellen energetische und stoffliche Beziehungen zwischen Organismen in einem Ökosystem dar (Nahrungskette und -netz unter Einbezug der Trophieebenen).
7	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern Stoffkreisläufe auf der Ebene von Ökosystemen und der Biosphäre (Kohlenstoffkreislauf, <i>Stickstoffkreislauf*</i>).

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

Information und Kommunikation (FW 5)

Informationsaufnahme, -weiterleitung, -verarbeitung und -speicherung werden bei höheren Organismen von komplexen Systemen übernommen. Kommunikation stellt hierbei die wechselseitige Informationsübertragung dar, die auf allen Systemebenen lebender Organismen stattfindet. Dieses Basiskonzept hilft beim Verständnis der neuronalen und hormonellen Vorgänge im Körper sowie der Speicherung von Informationen in verschiedenen Systemen.

Lebewesen nehmen Informationen aus der Umwelt über Sinneszellen und die entsprechenden Sinnesorgane auf, leiten diese in codierter Form über Nervenzellen weiter und verarbeiten sie. Bedeutsam ist dabei auch die Verarbeitung von elektrischen Impulsen bei der Muskelkontraktion.

Sinneszellen sind stets im Zusammenhang mit dem Sinnesorgan zu thematisieren. Die aufgenommenen Informationen sind weder objektiv noch vollständig: Die Ausstattung der Sinnesorgane und die Form der Verarbeitungen setzen deutliche Grenzen. Insofern können Lebewesen kein wahres Abbild der Realität wahrnehmen.

Tabelle 16	Qualifikationsphase
FW 5	Information und Kommunikation
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	• erläutern das Prinzip der Signaltransduktion als Übertragung von extrazellulären Signalen in intrazelluläre Signale (Geruchssinn, <i>Lichtsinn*</i> , <i>Hormone*</i>).
2	• <i>erläutern den Aufbau und die Funktion der Netzhaut unter dem Aspekt der Kontrastwahrnehmung (laterale Inhibition)*.</i>
3	• erläutern die Informationsübertragung zwischen Zellen (Nervenzellen: Entstehung und Weiterleitung elektrischer Potenziale, erregende cholinerge Synapse, Beeinflussung der Synapse durch einen neuroaktiven Stoff, <i>hemmende Synapse*</i> , <i>räumliche und zeitliche Summation*</i>).
4	• <i>erläutern das Zusammenspiel der hormonellen und neuronalen Informationsübertragung (Hypothalamus, Kampf-oder-Flucht-Reaktion)*.</i>

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

Reproduktion (FW 6)

Die Kontinuität des Lebens besteht in der Generationsfolge, denn Lebewesen haben eine begrenzte Lebensdauer. Wachstums- und Regenerationsprozesse erfordern differenzielle Genaktivität. Darunter versteht man, dass in Zellen mit gleichem Genom verschiedene Gene aktiv sind. Differenzielle Genaktivität steht in engem Zusammenhang mit der Entwicklung spezialisierter Zellen, der Zelldifferenzierung. Die Regulation der Genaktivität wird im Rahmen des Basiskonzepts „Steuerung und Regelung“ vertieft.

Tabelle 17	Qualifikationsphase
FW 6	Reproduktion
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	• <i>erläutern die Vielfalt der Zellen eines Organismus (differenzielle Genaktivität)*.</i>

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

Variabilität und Angepasstheit (FW 7)

Lebewesen sind durch Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst. Angepasstheit wird durch Variabilität ermöglicht. Grundlage von Variabilität sind Mutation, Rekombination und Modifikation. Der Zustand der Angepasstheit ist vom Prozess der Anpassung abzugrenzen. Um ein tiefer gehendes Verständnis von Angepasstheit zu erreichen, ist eine Betrachtung auf den verschiedenen Ebenen bis hin zur molekularen Ebene erforderlich. Das Basiskonzept unterstützt das umfassende Verständnis von Einnischung, Artbildung und der synthetischen Evolutionstheorie. Unter einer biologischen Art versteht man hier alle Populationen, deren Mitglieder sich untereinander fruchtbar fortpflanzen können, die fruchtbare Nachkommen haben und die von anderen Populationen reproduktiv isoliert sind.

Tabelle 18	Qualifikationsphase
FW 7	Variabilität und Angepasstheit
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	• <i>erläutern Angepasstheit auf der Ebene von Molekülen (Hämoglobin)*.</i>
2	• <i>erläutern Angepasstheit auf der Ebene von Organen (xeromorphes Blatt).</i>
3	• <i>erläutern Angepasstheit auf der Ebene von Organismen (CAM-Pflanzen: ökologische und stoffwechselbiologische Aspekte)*.</i>
4	• <i>erläutern den Prozess der Evolution (Isolation, Mutation, Rekombination, Selektion, allopatrische und sympatrische Artbildung, adaptive Radiation*, Gendrift*).</i>
5	• <i>erläutern Angepasstheit als Ergebnis von Evolution (ökologische Nische).</i>
6	• <i>erläutern verschiedene Evolutionstheorien (Lamarck, Darwin, Synthetische Evolutionstheorie).</i>
7	• <i>beschreiben, dass Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen existiert (genetische Variabilität, Artenvielfalt, Ökosystemvielfalt).</i>

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

Geschichte und Verwandtschaft (FW 8)

Biologische Systeme verändern sich auf allen Systemebenen mit der Zeit. Gemäß der Evolutionstheorie sind Lebewesen in unterschiedlichem Grad miteinander verwandt. Als Belege für stammesgeschichtliche Verwandtschaft werden anatomisch-morphologische Befunde sowie molekularbiologische Untersuchungen herangezogen. Die Geschichtlichkeit und das „So-Geworden-Sein“ biologischer Systeme ermöglichen eine zusammenhängende Sicht auf viele Einzelphänomene des Biologieunterrichts. Die Reflexion über die Menschwerdung liefert dabei einen grundlegenden Beitrag zum Menschenbild und zum menschlichen Selbstverständnis. Das Basiskonzept „Geschichte und Verwandtschaft“ weist vielfältige Bezüge zu allen anderen Basiskonzepten auf und ist eine Grundlage für ultimale Betrachtungen und Erklärungsansätze.

Unter evolutiven Trends werden allmähliche Veränderungen von Merkmalen im Verlauf der Menschwerdung verstanden. Bei der biologischen Evolution werden die Informationen in Form von DNA als Informationsspeicher übertragen und an die nächste Generation durch Fortpflanzung vererbt. Kulturelle Evolution beruht hingegen auf der Weitergabe von Information und deren Aufnahme durch Lernen und Gedächtnis, wobei u. a. das Gehirn als Informationsspeicher dient.

Tabelle 19	Qualifikationsphase
FW 8	Geschichte und Verwandtschaft
	Die Schülerinnen und Schüler ...
1	<ul style="list-style-type: none"> • erläutern und entwickeln Stammbäume anhand anatomisch-morphologischer Befunde (ursprüngliche und abgeleitete Merkmale).
2	<ul style="list-style-type: none"> • werten molekularbiologische Homologien zur Untersuchung phylogenetischer Verwandtschaft bei Wirbeltieren aus und entwickeln auf dieser Basis einfache Stammbäume (DNA-Sequenz, Aminosäuresequenz).
3	<ul style="list-style-type: none"> • deuten Befunde als Analogien oder Homologien (Konvergenz, Divergenz).
4	<ul style="list-style-type: none"> • <i>erörtern wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution (evolutive Trends, Zusammenspiel biologischer und kultureller Evolution)*.</i>
5	<ul style="list-style-type: none"> • <i>erläutern die Existenz von Zellorganellen mit einer Doppelmembran mithilfe der Endosymbiontentheorie (Chloroplasten, Mitochondrien)*.</i>

* zusätzlich auf erhöhtem Anforderungsniveau

3.4 Zusammenführung der Kompetenzbereiche

Das Kerncurriculum erlaubt einen sehr vielfältigen Zugriff bei der Gestaltung des Unterrichts. Da gerade der Biologieunterricht in besonderem Maße vom Standort der Schule sowie von deren Ausstattung bestimmt wird, muss die Umsetzung des Kompetenzerwerbs in Unterrichtseinheiten im Rahmen des schuleigenen Arbeitsplans diesen unterschiedlichen Bedingungen Rechnung tragen.

In vielen Fällen wird das Unterrichtsthema die schwerpunktmäßige Einübung bestimmter inhaltsbezogener und prozessbezogener Kompetenzen nahe legen. Bei der Zuordnung von prozessbezogenen Kompetenzen bieten sich insbesondere Themen mit einem Schwerpunkt im Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung für eine experimentelle Erschließung an. Themen der Humanbiologie sowie ökologische Themen wiederum berühren in besonderem Maße den Kompetenzbereich Bewertung, während der Kompetenzbereich Kommunikation in praktisch allen Themenbereichen anschlussfähig ist. Im Sinne eines erfolgreichen Kompetenzerwerbs ist darauf zu achten, dass sowohl inhaltsbezogene wie auch prozessbezogene Kompetenzen möglichst mehrfach eingeübt werden. Gerade die Unterschiedlichkeit der Verknüpfung von inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen fördert die Fähigkeit, biologiespezifische Arbeitsmethoden und Denkweisen auch auf neue, unbekannte Fragestellungen zu übertragen.

Die konkrete Umsetzung in Form eines schuleigenen Arbeitsplans ist Aufgabe der Fachkonferenz. Hinweise hierzu, ein ausführlich dargestellter Unterrichtsgang mit bereits erfolgter Zuordnung der Kompetenzen sowie weitere mögliche Themenfolgen befinden sich im Anhang dieses Kerncurriculums (A 4, A 5).

4 Leistungsfeststellung und Leistungsbewertung

Leistungsfeststellungen und Leistungsbewertungen geben den Schülerinnen und Schülern und deren Erziehungsberechtigten Rückmeldungen über den Erwerb der inhalts- und prozessbezogenen Kompetenzen. Den Lehrkräften geben sie Orientierung für die weitere Planung des Unterrichts sowie für notwendige Maßnahmen zur individuellen Förderung.

Leistungen im Unterricht werden in allen Kompetenzbereichen eines Faches festgestellt. Dabei ist zu bedenken, dass die im Kerncurriculum formulierten erwarteten Kompetenzen die sozialen und personalen Kompetenzen, die über das Fachliche hinausgehen, nur in Ansätzen erfassen.

Grundsätzlich ist zwischen Lern- und Leistungssituationen zu unterscheiden. In Lernsituationen ist das Ziel der Kompetenzerwerb. Fehler und Umwege dienen den Schülerinnen und Schülern als Erkenntnismittel, den Lehrkräften geben sie Hinweise für die weitere Unterrichtsplanung. Das Erkennen von Fehlern und der produktive Umgang mit ihnen ist konstruktiver Teil des Lernprozesses. Für den weiteren Lernfortschritt ist es wichtig, bereits erworbene Kompetenzen herauszustellen und Schülerinnen und Schüler zum Weiterlernen zu ermutigen. Dies schließt die Förderung der Fähigkeit zur Selbsteinschätzung der Leistung ein.

Ein an Kompetenzerwerb orientierter Unterricht bietet den Schülerinnen und Schülern durch geeignete Aufgaben einerseits ausreichend Gelegenheiten, Problemlösungen zu erproben, andererseits fordert er den Kompetenznachweis in anspruchsvollen Leistungssituationen ein. Leistungs- und Überprüfungssituationen sollen die Verfügbarkeit der erwarteten Kompetenzen nachweisen.

Für eine transparente Leistungsbewertung sind den Lernenden die Beurteilungskriterien rechtzeitig mitzuteilen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität der Beiträge für die Beurteilung maßgeblich ist. Die Schülerinnen und Schüler weisen ihren Kompetenzerwerb durch schriftliche Arbeiten (Klausuren) und durch Mitarbeit im Unterricht nach. Ausgehend von der kontinuierlichen Beobachtung der Schülerinnen und Schüler im Lernprozess und ihrer persönlichen Lernfortschritte sind die Ergebnisse der Klausuren und die Mitarbeit im Unterricht zur Leistungsfeststellung heranzuziehen. Im Laufe des Schulhalbjahres sind die Lernenden mehrfach über ihren aktuellen Leistungsstand zu informieren.

Zur Mitarbeit im Unterricht (mündliche und andere fachspezifische Leistungen) zählen z. B.:

- sachbezogene und kooperative Teilnahme am Unterrichtsgespräch,
- Erheben relevanter Daten (z. B. Informationen sichten, gliedern und bewerten, in unterschiedlichen Quellen recherchieren, Interviews und Meinungsumfragen durchführen),
- Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten,
- Ergebnisse von Partner- oder Gruppenarbeiten und deren Darstellung,
- Unterrichtsdokumentationen (z. B. Protokolle, Arbeitsmappen, Materialdossiers, Portfolios),
- Präsentationen, auch mediengestützt (z. B. Referate, Vorstellung eines Thesenpapiers, Erläuterung eines Schaubildes, Darstellung von Arbeitsergebnissen),

- verantwortungsvolle Zusammenarbeit im Team (z. B. planen, strukturieren, reflektieren, präsentieren),
- Umgang mit Medien und anderen fachspezifischen Hilfsmitteln,
- Anwenden und Ausführen fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen,
- Anfertigen von schriftlichen Ausarbeitungen,
- mündliche Überprüfungen und kurze schriftliche Lernkontrollen,
- häusliche Vor- und Nachbereitung,
- freie Leistungsvergleiche (z. B. Teilnahme an Schülerwettbewerben).

Bei kooperativen Arbeitsformen sind sowohl die individuelle Leistung als auch die Gesamtleistung der Gruppe in die Bewertung einzubeziehen. So finden neben methodisch-strategischen auch sozial-kommunikative Leistungen Berücksichtigung.

In der Qualifikationsphase werden die Schülerinnen und Schüler an das in den EPA formulierte Niveau herangeführt.⁵

Prüfungsaufgaben bzw. Klausuren werden zum Nachweis erworbener inhalts- und prozessbezogener Kompetenzen eingesetzt, dabei müssen die gestellten Anforderungen für die Schülerinnen und Schüler transparent sein. Es empfiehlt sich, Klausuren unter ein zusammenfassendes Thema zu stellen, dieses zu untergliedern und die Teilaufgaben so auszurichten, dass sie möglichst unabhängig von Ergebnissen vorausgegangener Aufgabenteile lösbar sind. Klausuren sind materialgebunden. Die Teilaufgaben sollen so zusammengestellt werden, dass verschiedene im Unterricht vermittelte Kompetenzen überprüft und die drei Anforderungsbereiche berücksichtigt werden. Dabei liegt der Schwerpunkt im Anforderungsbereich II, den Anforderungsbereich I gilt es stärker zu berücksichtigen als den Anforderungsbereich III. Die Aufgaben müssen dabei auf den jeweiligen Unterrichtsstand bezogen sein. Alle Hilfsmittel, die in der Abiturprüfung benutzt werden sollen, müssen im Unterricht und in den Klausuren mehrfach verwendet worden sein.

Zur Ermittlung der Gesamtzensur sind die Ergebnisse der Klausuren und die Bewertung der Mitarbeit im Unterricht heranzuziehen. Der Anteil der schriftlichen Leistungen darf ein Drittel an der Gesamtzensur nicht unterschreiten und 50% nicht überschreiten.

⁵ Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004).

5 Aufgaben der Fachkonferenz

Die Fachkonferenz erarbeitet unter Beachtung der rechtlichen Grundlagen und der fachbezogenen Vorgaben des Kerncurriculums einen schuleigenen Arbeitsplan, der regelmäßig, auch vor dem Hintergrund interner und externer Evaluation, zu überprüfen und weiterzuentwickeln ist. Die Fachkonferenz trägt somit zur Qualitätsentwicklung und -sicherung des Faches bei.

Die Fachkonferenz

- erarbeitet Themen bzw. Unterrichtseinheiten, die den Erwerb der erwarteten Kompetenzen ermöglichen und beachtet ggf. vorhandene regionale Bezüge,
- stimmt die schuleigenen Arbeitspläne der Einführungsphase auf die Arbeitspläne der abgebenden Schulformen ab,
- legt die zeitliche Zuordnung von Kompetenzen und Themen innerhalb der Schulhalbjahre fest,
- benennt in Absprache mit den Fachlehrerinnen und Fachlehrern die Halbjahresthemen,
- arbeitet fachübergreifende und fächerverbindende Anteile des schuleigenen Arbeitsplans heraus und stimmt diese mit den anderen Fachkonferenzen ab,
- entscheidet, welches Schulbuch eingeführt werden soll, und trifft Absprachen über geeignete Materialien und Medien, die den Aufbau der Kompetenzen fördern,
- erarbeitet Konzepte zur Aktualisierung und Weiterentwicklung der experimentellen Ausstattung unter besonderer Berücksichtigung von Schülerexperimenten,
- entwickelt ein fachbezogenes Konzept zum Einsatz von Medien,
- berät über individuelle Förderkonzepte und Maßnahmen zur Binnendifferenzierung,
- wirkt mit bei der Entwicklung des Förderkonzepts der Schule und stimmt die erforderlichen Maßnahmen zur Umsetzung ab,
- trifft Absprachen zur einheitlichen Verwendung der Fachsprache und fachbezogener Hilfsmittel,
- trifft Absprachen zur Konzeption von schriftlichen, mündlichen und fachspezifischen Lernkontrollen und ihrer Bewertung,
- bestimmt das Verhältnis von schriftlichen, mündlichen und anderen fachspezifischen Leistungen bei der Festlegung der Gesamtbewertung,
- initiiert und fördert Anliegen des Faches bei schulischen und außerschulischen Aktivitäten (z. B. Nutzung außerschulischer Lernorte, Besichtigungen, Projekte, Teilnahme an Wettbewerben),
- entwickelt ein Fortbildungskonzept für die Fachlehrkräfte und informiert sich über Fortbildungsergebnisse,
- wirkt mit an Konzepten zur Unterstützung von Schülerinnen und Schülern beim Übergang in Hochschule und Beruf.

Anhang

A 1 Operatoren für die Naturwissenschaften (Biologie, Chemie, Physik)

Ein wichtiger Bestandteil jeder Aufgabenstellung sind Operatoren. Sie bezeichnen als Handlungsverben diejenigen Tätigkeiten, die vom Prüfling bei der Bearbeitung von Prüfungsaufgaben ausgeführt werden sollen.

Operatoren werden durch den Kontext der Prüfungsaufgabe erst konkretisiert bzw. präzisiert: durch die Formulierung bzw. Gestaltung der Aufgabenstellung, durch den Bezug zu Textmaterialien/Abbildungen bzw. Problemstellungen, durch die Zuordnung zu Anforderungsbereichen im Erwartungshorizont. Aufgrund dieser vielfältigen wechselseitigen Abhängigkeiten lassen sich Operatoren zumeist nicht präzise einzelnen Anforderungsbereichen zuschreiben.

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung
abschätzen	durch begründetes Überlegen Näherungswerte angeben
analysieren	wichtige Bestandteile oder Eigenschaften auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten
anwenden	einen bekannten Sachverhalt oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen
aufbauen eines Experiments	Objekte und Geräte zielgerichtet anordnen und kombinieren
aufstellen einer Hypothese	eine begründete Vermutung auf der Grundlage von Beobachtungen, Untersuchungen, Experimenten oder Aussagen formulieren
aufstellen einer Reaktionsgleichung	vorgegebene chemische Informationen in eine Reaktionsgleichung übersetzen
auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen und ggf. zu einer Gesamtaussage zusammenführen
begründen	Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Beziehungen von Ursachen und Wirkung zurückführen
berechnen	Numerische Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend gewinnen
beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben
bestätigen	die Gültigkeit einer Aussage (z. B. einer Hypothese, einer Modellvorstellung, eines Naturgesetzes) zu einem Experiment, zu vorliegenden Daten oder zu Schlussfolgerungen feststellen
beurteilen / Stellung nehmen	zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung
bewerten	einen Gegenstand an erkennbaren Wertkategorien oder an bekannten Beurteilungskriterien messen
darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden etc. strukturiert und ggf. fachsprachlich wiedergeben
deuten	Sachverhalte in einen Erklärungszusammenhang bringen
diskutieren / erörtern	Argumente, Sachverhalte und Beispiele zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen
dokumentieren (in Zusammenhang mit dem GTR/CAS)	Bei Verwendung eines elektronischen Rechners den Lösungsweg nachvollziehbar darstellen
durchführen eines Experiments	an einer Experimentieranordnung zielgerichtete Messungen und Änderungen vornehmen oder eine Experimentieranleitung umsetzen
entwickeln	Sachverhalte und Methoden zielgerichtet miteinander verknüpfen: eine Hypothese, eine Skizze, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären	einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich zum Ausdruck bringen mit Bezug auf Regeln, Gesetzmäßigkeiten und Ursachen
erläutern	einen Sachverhalt durch zusätzliche Informationen veranschaulichen und verständlich machen
ermitteln	einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren
herleiten	aus Größengleichungen durch mathematische Operationen begründet eine Bestimmungsgleichung einer naturwissenschaftlichen Größe erstellen
nennen	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen angeben
ordnen	vorliegende Objekte oder Sachverhalte in Kategorien einordnen
planen eines Experiments	zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranordnung finden oder zu einem vorgegebenen Problem eine Experimentieranleitung erstellen
protokollieren	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten zeichnerisch bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben
skizzieren	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert grafisch übersichtlich darstellen
überprüfen / prüfen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken
verallgemeinern	aus einem erkannten Sachverhalt eine erweiterte Aussage formulieren
vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede feststellen
zeichnen	eine anschauliche und hinreichend exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen
zusammenfassen	das Wesentliche in konzentrierter Form herausstellen

A 2 Themenbereiche der Einheitlichen Prüfungsanforderungen⁶

Die den Biologieunterricht kennzeichnenden und für die Abiturprüfung verbindlichen fachlichen Inhalte können aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden; hieraus resultiert die folgende Gliederung in Themenbereiche, Basiskonzepte und Reflexionselemente.

Diese Perspektiven sind untereinander verflochten und als solche gemeinsame Basis des Biologieunterrichts. Mit den Kompetenzen der Qualifikationsphase werden alle Pflichtbereiche (A, B und C) abgedeckt, die durch die EPA vorgegeben sind.

Die folgende Darstellung stellt unterschiedliche biologische Herangehensweisen und Denkstrukturen in den Vordergrund, die schwerpunktmäßig mit bestimmten fachbezogenen Inhalten verbunden sind:

- Themen zur Physiologie, Zellbiologie und Molekularbiologie betonen das Denken in Funktionszusammenhängen,
- Themen zur Ökologie und Nachhaltigkeit betonen das Denken in vernetzten Systemen,
- Themen zur Evolution und zu Zukunftsfragen betonen das Denken in Entwicklungsprozessen bzw. in zeitlichen Dimensionen.

Die Themenbereiche unterscheiden sich im Umfang. Sie sind weder Vorgaben für Unterrichtsverläufe noch für Halbjahresthemen. Sie fokussieren vielmehr die Aufgabenstellung für die Abiturprüfung auf das Verständnis und die Darstellung fachlicher Inhalte aus unterschiedlichen Perspektiven.

A. Funktionszusammenhänge und deren molekulare Grundlagen – Themen aus der Physiologie, Zellbiologie, Genetik

Von makroskopisch sichtbaren über mikroskopische zu molekularen Zusammenhängen: In einer immer tiefer gehenden Analyse der Ursache-Wirkungsbeziehungen werden Denkprozesse auf verschiedenen Ebenen und hieraus abgeleitete Einsichten in komplexe Zusammenhänge bearbeitet.

Zum Themenbereich Funktionszusammenhänge gehören:

- Bau und Funktion von Zellen, Geweben und Organen; funktionsbezogene Differenzierungen,
- Kommunikation zwischen Zellen,
- neuronale Informationsverarbeitung, Wahrnehmung,
- Grundlagen der molekularen Genetik,
- Stoff- und Energiewechsel: Notwendigkeit und Wege der Energieumwandlung, Assimilation und Dissimilation im Zusammenhang von zellulären Strukturen und Organismus,
- Molekulare Steuerung von Stoffwechsel: Enzymatik,
- Anwendungen moderner biologischer Erkenntnisse und Methoden, z. B. Gentechnologie, Reproduktionsbiologie, Biotechnologie.

⁶ Die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004) S. 8f.

B. Vernetzte Systeme – Ökologie und Nachhaltigkeit

Die Ökologie thematisiert die Wechselwirkungen zwischen Organismus und Umwelt sowie die Beziehungsgefüge zwischen den Organisationsebenen Population und Ökosystem. Dazu gehört auch das Verhältnis von Mensch und Natur.

Zum Themenbereich Ökologie und Nachhaltigkeit gehören:

- Untersuchung und Analyse eines Ökosystems, z. B. Bestandsuntersuchungen, Messverfahren,
- Ökologische Faktoren, Biotop und Biozönose,
- Artenvielfalt und Populationsentwicklungen,
- Stoffkreisläufe und Energiefluss,
- Menschen und Ökosysteme: Beeinflussung von Ökosystemen und deren Folgen, Konsequenzen für den Menschen und die Menschheit.

C. Entwicklungsprozesse – Evolution und Zukunftsfragen

In der Evolution spiegeln sich die Vielfalt der Lebewesen und deren Wechselwirkungen wider. Betrachtungen zur Evolution beleuchten die Entstehung und das Werden des Lebens als stammesgeschichtlichen Prozess und vermitteln die Einsicht, dass wir Menschen Teil der Evolution sind. Dazu gehören auch Fragen zur zukünftigen Entwicklung des Lebens auf der Erde.

Zum Themenbereich Evolution und Zukunftsfragen gehören:

- Stammesgeschichte, Verwandtschaftsbeziehungen, Systematik,
- Entstehung der Formen und Arten, Variabilität und Einnischung,
- Anpasstheit, auch soziobiologische Fragestellungen,
- Evolutionstheorien, Bewertung ihrer Aussagekräfte,
- Herkunft und Zukunft des Menschen.

A 3 Anforderungsbereiche im Fach Biologie⁷

Allgemeine Hinweise

Die Anforderungsbereiche unterscheiden sich vor allem im Grad der Selbstständigkeit bei der Bearbeitung der Aufgaben sowie im Grad der Komplexität der gedanklichen Verarbeitungsprozesse und stellen damit eine Abstufung in Bezug auf den Anspruch der Aufgabe dar.

Der Grad der Selbstständigkeit bei der Bearbeitung der Aufgaben zeigt sich im Fach Biologie z. B. in der differenzierten Nutzung von Methoden der Erkenntnisgewinnung, in der Anwendung von Basis Konzepten sowie im Einbringen von Reflexionselementen.

Der Grad der Komplexität der gedanklichen Verarbeitung wird im Fach Biologie vor allem deutlich beim Umgang mit verschiedenen Organisationsebenen (z. B. Ebene der Moleküle, der Zellen, der Organismen, der Populationen, des Ökosystems). Um zu einer ganzheitlichen Vorstellung zu gelangen, können Prüflinge die für die Analyse und für das Verständnis eines Sachverhaltes relevanten Organisationsebenen wählen und ggf. zwischen ihnen wechseln, um auf der Basis verschiedener Einzelergebnisse zu einer umfassenden Modellvorstellung zu gelangen. Werden einzelne Forschungsergebnisse vorgegeben, können die Prüflinge die hieraus abzuleitenden Erkenntnisse als Ausschnitt aus einem komplexen Sachzusammenhang einschätzen und darstellen.

Die Reproduktion einfacher Inhalte wird dem Anforderungsbereich I zugeordnet, während die selbstständige Anwendung von Fachmethoden und die Herstellung neuer Kontexte auf den Anforderungsbereich II verweist. Die eigenständige Planung und deren Umsetzung gehören zum Anforderungsbereich III.

Fachspezifische Beschreibungen

Der Anforderungsbereich I umfasst

- die Verfügbarkeit von Daten, Fakten, Regeln, Formeln, mathematischen Sätzen usw. aus einem begrenzten Gebiet im gelernten Zusammenhang,
- die Beschreibung und Verwendung erlernter und eingeübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen in einem begrenzten Gebiet und in einem wiederholenden Zusammenhang.

Im Fach Biologie gehören dazu

- die Reproduktion von Basiswissen (Kenntnisse von Fakten, Zusammenhängen und Methoden),
- die Nutzung bekannter Methoden und Modellvorstellungen in vergleichbaren Beispielen,
- die Entnahme von Informationen aus Fachtexten und Umsetzen der Informationen in einfache Schemata (Stammbäume, Flussdiagramme o. ä.),
- die schriftliche Darstellung von Daten, Tabellen, Diagrammen, Abbildungen mithilfe der Fachsprache,
- die Beschreibung makroskopischer und mikroskopischer Beobachtungen,

⁷ Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004) S. 14f.

- die Beschreibung und Protokollierung von Experimenten,
- das Experimentieren nach Anleitung und die Erstellung mikroskopischer Präparate,
- die sachgerechte Benutzung bekannter Software.

Der Anforderungsbereich II umfasst

- selbstständiges Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang,
- selbstständiges Übertragen des Gelernten auf vergleichbare neuartige Fragestellungen, veränderte Sachzusammenhänge oder abgewandelte Verfahrensweisen.

Im Fach Biologie gehören dazu

- die Anwendung der Basiskonzepte in neuartigen Zusammenhängen,
- die Übertragung und Anpassung von Modellvorstellungen,
- die sachgerechte, eigenständig strukturierte und Aufgaben bezogene Darstellung komplexer biologischer Abläufe im Zusammenhang einer Aufgabenstellung,
- die Auswahl bekannter Daten, Fakten und Methoden zur Herstellung neuer Zusammenhänge,
- die gezielte Entnahme von Informationen aus vielschichtigen Materialien oder einer wissenschaftlichen Veröffentlichung unter einem vorgegebenen Aspekt,
- die abstrahierende Darstellung biologischer Phänomene wie die zeichnerische Darstellung und Interpretation eines nicht bekannten mikroskopischen Präparats,
- die Anwendung bekannter Experimente und Untersuchungsmethoden in neuartigen Zusammenhängen,
- die Auswertung von unbekanntem Untersuchungsergebnissen unter bekannten Aspekten,
- die Beurteilung und Bewertung eines bekannten biologischen Sachverhalts,
- die Unterscheidung von Alltagsvorstellungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Der Anforderungsbereich III umfasst

- planmäßiges und kreatives Bearbeiten vielschichtiger Problemstellungen mit dem Ziel, selbstständig zu Lösungen, Deutungen, Wertungen und Folgerungen zu gelangen,
- bewusstes und selbstständiges Auswählen und Anpassen geeigneter erlernter Methoden und Verfahren in neuartigen Situationen.

Im Fach Biologie gehören dazu

- die Entwicklung eines eigenständigen Zugangs zu einem biologischen Phänomen, z. B. die Planung eines geeigneten Experimentes oder Gedankenexperimentes,
- die selbstständige, zusammenhängende Verarbeitung verschiedener Materialien unter einer selbstständig entwickelten Fragestellung,
- die Entwicklung eines komplexen gedanklichen Modells bzw. eigenständige Modifizierung einer bestehenden Modellvorstellung,

- die Entwicklung fundierter Hypothesen auf der Basis verschiedener Fakten, experimenteller Ergebnisse, Materialien und Modelle,
- die Reflexion biologischer Sachverhalte in Bezug auf das Menschenbild,
- die materialbezogene und differenzierte Beurteilung und Bewertung biologischer Anwendungen,
- die Argumentation auf der Basis nicht eindeutiger Rohdaten: Aufbereitung der Daten, Fehleranalyse und Herstellung von Zusammenhängen,
- die kritische Reflexion biologischer Fachbegriffe vor dem Hintergrund komplexer und widersprüchlicher Informationen und Beobachtungen.

A 4 Anregungen für die Umsetzung

Das Kerncurriculum Biologie gibt den Fachkonferenzen einen großen Spielraum bei der Entwicklung eigener Unterrichtseinheiten (UE) und der Setzung von Schwerpunkten auf bestimmte Kompetenzen. Allerdings muss gewährleistet sein, dass die im Kerncurriculum aufgeführten Kompetenzen tatsächlich vollständig erfasst werden und im Sinne eines nachhaltigen Kompetenzerwerbs auch möglichst mehrfach in vielfältigen Zusammenhängen Anwendung finden. Deshalb muss die Planung eines schuleigenen Arbeitsplans jeweils die gesamte Einführungsphase bzw. die gesamte Qualifikationsphase im Blick behalten.

Die Möglichkeiten der unterrichtlichen Umsetzung des Kerncurriculums auf Schulebene bleiben auch nach der Erstellung eines schulinternen Arbeitsplans vielfältig. Die Fachkonferenz kann den Fachkolleginnen und -kollegen Spielraum in der konkreten Unterrichtsgestaltung und der Themenwahl lassen, sofern der Erwerb der im schuleigenen Arbeitsplan festgelegten Kompetenzen im festgelegten Jahrgang gesichert bleibt. Die erwarteten Kompetenzen sind als Regelanforderungen auf Grundlage der Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO)⁸ formuliert. Bei einer abweichenden Verteilung der Stunden oder einer abweichenden Gesamtstundenzahl sind auf Grundlage des Kerncurriculums von der Fachkonferenz Anpassungen vorzunehmen.

Planung eines Unterrichtsgangs

Der Biologieunterricht ermöglicht den Erwerb von Kompetenzen, die für eine vertiefte biologisch-naturwissenschaftliche Bildung erforderlich sind. Kompetenzen sind jedoch nicht nur an Kompetenzbereiche, sondern immer auch an fachlich orientierte Themenbereiche (A 2) gebunden. Themenbereiche⁹ systematisieren mit ihren jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkten die im Biologieunterricht der Einführungs- und der Qualifikationsphase verbindlichen Kompetenzen und liefern Hinweise für die Strukturierung des Biologieunterrichts. Die Themenbereiche unterscheiden sich naturgemäß in ihrem Umfang. Daher kann gegebenenfalls ein Themenbereich mit einem Kursthema übereinstimmen oder sich über mehrere Kurshalbjahre erstrecken. Es gibt auch die Möglichkeit, bestimmte Themenbereiche oder Teilaspekte von Themenbereichen zu einem Kursthema zu kombinieren.

Die Halbjahresthemen bzw. Unterrichtseinheiten sollen so kombiniert werden, dass alle Kompetenzen des Kerncurriculums abgedeckt werden. Insgesamt ist der Unterricht im Sekundarbereich II nicht allein auf das Erreichen der aufgeführten ausdifferenzierten Kompetenzerwartungen beschränkt, sondern er soll es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, diese weiter auszubauen und darüber hinausgehende zusätzliche Kompetenzen zu erwerben.

Im dargestellten Beispiel für einen Unterrichtsgang wird eine Möglichkeit für die zeitgerechte Entwicklung der Kompetenzen im Unterricht vorgestellt. In dem verbleibenden Zeitraum bleiben Möglichkeiten zur vertiefenden Entwicklung der Kompetenzen an selbst gewählten Inhalten.

⁸ Verordnung über die gymnasiale Oberstufe (VO-GO) vom 17. Februar 2005 in der jeweils gültigen Fassung.

⁹ Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Biologie (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 1.12.1989 i.d.F. vom 5.2.2004) S. 8f.

Die Unterrichtseinheiten, aus denen ein Kursthema zusammengestellt wird, sollten nach Möglichkeit folgende Kriterien aufweisen:

Die Unterrichtseinheit ...

- leistet einen Beitrag zum Grundverständnis des Faches und seiner Basiskonzepte.
- bietet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, die erworbenen Kompetenzen in unterschiedlichen Bereichen ihrer Lebenswelt zu erfahren und damit ihre Sinnhaftigkeit zu erkennen.
- eignet sich für den Erwerb vielfältiger prozessbezogener Kompetenzen.
- erlaubt die horizontale Vernetzung zu Aspekten außerhalb der Biologie (z. B. zu Aspekten aus anderen Naturwissenschaften oder Fächern wie Deutsch, Sport, Gesellschaftswissenschaften und Religion).
- lässt sich fachlich so aufbereiten, dass sie den Schülerinnen und Schülern Möglichkeiten für einen möglichst selbstgesteuerten Lernprozess bieten.
- ist schülerrelevant (Bewältigung des eigenen Alltags).
- fördert kumulatives und nachhaltiges Lernen.

Bei der Gestaltung eines schuleigenen Arbeitsplans und der Entwicklung von Unterrichtseinheiten kann auch von einer inhaltsbezogenen Kompetenz ausgegangen werden. In diesem Fall ist folgende Vorgehensweise sinnvoll:

1. Auswahl der ausdifferenzierten (inhaltsbezogenen) Kompetenz
2. Festlegung möglicher Fachinhalte
3. Auswahl von prozessbezogenen Kompetenzen, die mit diesen Themenbereichen schwerpunktmäßig gekoppelt werden können
4. Zusammenstellung möglicher darauf aufbauender inhaltsbezogener Kompetenzen
5. Festlegung einer konkreten Unterrichtseinheit
6. Daraus ableitbare mögliche Ausdifferenzierung der Unterrichtseinheit (auch durch zusätzliche Aspekte)
7. Wiederholung der Schritte 1 - 6 für die weitere Planung von Unterrichtseinheiten
8. Überprüfung auf vollständige Erfassung aller Kompetenzen für die Qualifikationsphase (bzw. für die Einführungsphase)

A 5 Beispiele für Unterrichtssequenzen

Durch die Kompetenzorientierung im Biologieunterricht ist eine große Vielfalt bei der Gestaltung von Unterrichtseinheiten möglich. Nachfolgend wird an einem Beispiel für einen möglichen Unterrichtsgang ausführlich aufgezeigt, wie die zeitgerechte Entwicklung der Kompetenzen im Unterricht ermöglicht wird. Innerhalb dieses beispielhaften Unterrichtsgangs werden auch über die im Kerncurriculum formulierten Kompetenzen hinausgehende Aspekte aufgezeigt, um einen thematisch schlüssigen Unterrichtsgang zu gewährleisten. Dabei wird auch der Möglichkeit zur vertiefenden Entwicklung der Kompetenzen an selbst gewählten Inhalten Rechnung getragen. An weiteren nur zusammenfassend dargestellten möglichen Unterrichtsgängen wird aufgezeigt, wie Fachkonferenzen den großen Spielraum bei der Entwicklung eigener Unterrichtseinheiten nutzen können.

Die im Anschluss an den ausführlich dargestellten Unterrichtsgang abgedruckten Tabellen¹⁰ stellen eine Planungshilfe für die Entwicklung eines schuleigenen Arbeitsplans dar, indem prozessbezogene und inhaltsbezogene Kompetenzen zu möglichen Semesterthemen der Einführungsphase bzw. der Qualifikationsphase verknüpft werden. Aus der Reihenfolge der aufgeführten Kompetenzen innerhalb eines Semesterthemas lässt sich keine chronologische Stundenabfolge ableiten. Die vorgeschlagenen Umsetzungen erlauben unterschiedliche Schwerpunktsetzungen und weitergehende Vertiefungen, die von der Fachkonferenz festzulegen sind. Diese sollten vorwiegend unter den Aspekten Aktualität, Schulstandort und Kompetenzvertiefung bestimmt werden.

Vorschlag für einen möglichen Unterrichtsgang

Einführungsphase:

Unterrichtseinheit 1 „Bau und Funktion von Biomembranen“

Die Zelle wird als Grundbaustein des Lebens angesehen. In der Unterrichtseinheit „Bau und Funktion von Biomembranen“ sind deshalb naturwissenschaftliche Fragestellungen zum Bau und zur Funktion von Biomembranen, aber auch zu zellulären Vorgängen im Plasma und an Biomembranen und zur Struktur und Funktion bestimmter Zellorganellen Schwerpunkte. Ein Verständnis dieser Zusammenhänge bildet die Grundlage für viele biologische Themengebiete. Diese Unterrichtseinheit ermöglicht in besonderem Maße die Einübung fachspezifischer Qualifikationen, wie zum Beispiel die experimentelle Erschließung der Eigenschaften von Membranbestandteilen, die Interpretation elektronenmikroskopischer Bilder sowie die Arbeit mit Modellen. Ausgehend vom elektronenmikroskopischen Bau der prokaryotischen und der eukaryotischen Zelle erfolgt die Erarbeitung der Struktur und Funktion von Zellmembranen. Dabei wird auch die Bedeutung der Zellkompartimentierung für die Bildung unterschiedlicher Reaktionsräume betrachtet. Im Anschluss an die experimentelle Erarbeitung von Diffusion und Osmose sowie deren Bedeutung für den Stofftransport durch Biomembranen stehen der Wasserhaushalt der Zelle und damit die Vorgänge bei der Plasmolyse und Deplasmolyse im Zentrum des Unterrichts.

¹⁰ Die Tabellen mit den Kompetenzen stehen als word-Dokument auf dem Niedersächsischen Bildungsserver zum Download zur Verfügung.

Unterrichtseinheit 2 „Realisierung der genetischen Information“

In dieser Unterrichtseinheit wird der prinzipielle Weg der Informationsübertragung von der DNA zum Protein betrachtet. In einzelnen Fällen lässt sich dieser Weg sogar bis zum Merkmal verfolgen. Ausgehend von der Bedeutung des Zellkerns wird die Struktur der DNA als Erbsubstanz anhand der Experimente von Griffith und Avery erarbeitet. Nach der Verdeutlichung der Erbgleichheit bei Zellen stehen die Realisierung der genetischen Information und damit die Übersetzung der DNA-Sequenz in eine Aminosäuresequenz sowie der Zusammenhang von Genen, Genprodukten und der Ausprägung von Merkmalen sowie DNA-Mutationen und ihre Auswirkungen auf das Genprodukt im Mittelpunkt des Unterrichts. Beeinträchtigungen im Stoffwechsel des lebenden Organismus lassen sich somit als Resultat zellulärer Ursache-Wirkungsbeziehungen beschreiben. Genetisch bedingte Krankheiten können anschließend mit Kenntnissen über Fehlsteuerungen von Stoffwechselprozessen erklärt werden (z. B. Mukoviszidose, PKU, Sichelzellanämie). Auf der Grundlage molekulargenetischer Forschungsexperimente lassen sich moderne und zukunftsorientierte Methoden zur Behandlung von Krankheiten entwickeln und verstehen. Die gesellschaftlich-ethische Bedeutung genetischer Forschungsergebnisse, Verfahren und Techniken wird für die Schülerinnen und Schüler somit nachvollziehbar und beurteilbar. Am Beispiel der pränatalen Diagnostik (PND) führen die Schülerinnen und Schüler abschließend eine ethische Analyse durch, wägen dabei Argumente ab, unterscheiden deskriptive von normativen Aussagen und begründen Handlungsoptionen.

Qualifikationsphase: Kursfolge A (im Kurs auf erhöhtem Niveau)

1. Kurshalbjahr: „Sportbiologie“

Unterrichtseinheit 1 „Enzyme als Biokatalysatoren“

Im Rückgriff auf die Einführungsphase werden im Rahmen dieser Unterrichtseinheit wesentliche Enzymeigenschaften experimentell erarbeitet, z. B. Wirkungs- und Substratspezifität sowie Temperatur- und pH-Abhängigkeit. Die experimentellen Ergebnisse finden ihre Erklärung im Aufbau der Enzyme (Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur, aktives Zentrum).

Unterrichtseinheit 2 „Energistoffwechsel und Sport“

Im Mittelpunkt stehen bei der Erarbeitung der Vorgänge bei der Dissimilation die grundlegenden Prinzipien, z. B. ATP-Bildung, Ablauf von Redoxreaktionen, Reaktionszyklen, Fließgleichgewicht. Um den Blick für den Gesamtorganismus zu erhalten, wird der Weg von der makroskopischen über die mikroskopische bis zur biochemischen Ebene beschritten. Ausgehend von Befunden zur Atmung bei körperlicher Anstrengung des untrainierten und trainierten Menschen werden die Notwendigkeit zur Energiebereitstellung sowie der Sauerstofftransport im Blut erarbeitet. In der Folge stehen der Bau und die Funktion der Mitochondrien, die Grundprinzipien von Stoffwechselwegen bei der Glykolyse, der oxidativen Decarboxylierung und dem Citratzyklus sowie die ATP-Synthese im Mitochondrium im Fokus des Unterrichts. Die Vernetzung der energiebereitstellenden Prozesse und die Bedeutung von Stoffwechseldrehscheiben lassen sich am Beispiel der Vorgänge in Muskeln bei Belastung aufzeigen.

Regelungsvorgänge im energieliefernden Stoffwechsel können in diesem Zusammenhang exemplarisch auf der Ebene von Enzymen und der hormonellen Beeinflussung des Kohlenhydratstoffwechsels erarbeitet werden. Signaltransduktion wird damit erstmals in der Qualifikationsphase am Beispiel der Hormone, die den Glucosehaushalt regeln (Glucose-Homöostase), entwickelt. Die Wirkung einer speziellen Ernährung und die Auswirkung von Doping werden abschließend diskutiert.

Unterrichtseinheit 3 „Enzyme nach Maß und Bedarf – Regulation der Genaktivität“

Hier wird Signaltransduktion im Kontext der Zellzyklus-Kontrolle aus der vorhergehenden Unterrichtseinheit aufgegriffen und weiterentwickelt. Es werden die Regulation der Genaktivität der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten sowie Modelle zur differentiellen Genaktivität und zur funktionellen Struktur der Chromosomen behandelt, bevor epigenetische Effekte im Zentrum des Unterrichts stehen, die eine unmittelbare stoffwechselbiologische Regulation durch Umwelteinflüsse erlauben. Mit der Thematisierung der „Omics“ wird das regulatorische Zusammenspiel auf der Ebene der Gene, der Proteine und der Stoffwechselprodukte erarbeitet. In diesem Zusammenhang wird auch auf die DNA-Chip-Technologie zur Analyse der Genaktivität eingegangen. Fehler in der Signaltransduktion und den intrazellulären Signalwegen können die Entstehung bestimmter maligner Tumore begünstigen. Im Anschluss werden die Kontrolle des Zellzyklus und das Wachstum von Tumoren als Verlust dieser Kontrolle thematisiert.

2. Kurshalbjahr: „Ökologie und nachhaltige Zukunft“

Unterrichtseinheit 4 „Grüne Pflanzen als Produzenten“

Analog zur Zellatmung stehen bei der Thematisierung der Fotosynthese erneut grundlegende Prinzipien (z. B. ATP-Bildung, Ablauf von Redoxreaktionen, Reaktionszyklen, Fließgleichgewicht) im Zentrum des Unterrichts. Ausgehend von der Bedeutung der Fotosynthese für Lebewesen wird mit der Erarbeitung des Blattbaus, des Chloroplasten, der relevanten Fotosynthesepigmente sowie der Primär- und Sekundärreaktionen der Weg von der makroskopischen über die mikroskopische bis zur molekularen Ebene besprochen. Nachfolgend wird die Abhängigkeit der Fotosynthese von verschiedenen abiotischen Faktoren erarbeitet, bevor die Anpassbarkeit von Pflanzen an trockene Lebensräume untersucht wird.

Unterrichtseinheit 5 „Umweltfaktoren und Ökologische Potenz“

Die Anpassbarkeit an bestimmte Lebensräume aufgreifend geben die Ermittlung und Analyse ökologischer Toleranzen einen Einblick in die Ursachen von Verteilung und Häufigkeit der Organismen. Die Struktur des Lebensraumes und der Rahmen der Umweltänderungen beeinflussen die Reaktionen der Organismen (z. B. Verhaltensreaktionen, physiologische Reaktionen, morphologische Reaktionen). Eine selbst durchgeführte Bestandsaufnahme in einem schulnahen Ökosystem schafft die Grundlage für die Einsicht in die Komplexität solcher Systeme. Wichtig ist, die Arten- und Formenkenntnis zu erweitern. Bei der Bestandsaufnahme werden Methoden wie Bestimmungsübungen, physikalisch-chemische Untersuchungen und Vegetationsaufnahmen eingeübt.

Unterrichtseinheit 6 „Wechselwirkungen zwischen Lebewesen“

Anhand ihrer Untersuchungsergebnisse erstellen die Schülerinnen und Schüler Nahrungsnetze, die durch Literaturdaten ergänzt werden können. Aus den qualitativen Aussagen zum Nahrungsnetz lassen sich Konkurrenzbeziehungen herleiten. Von der Vielfalt der Wechselbeziehungen (Räuber – Beute, Wirt – Parasit, Symbiose) wird ein Ausschnitt exemplarisch betrachtet. Die Untersuchung der interspezifischen Konkurrenz führt zur Erarbeitung des Konzepts der ökologischen Nische. Im Zusammenhang mit Wachstumsmodellen wird zwischen dichteabhängigen und dichteunabhängigen Faktoren unterschieden. Die Grenzen mathematischer Modelle werden dabei aufgezeigt.

Unterrichtseinheit 7 „Stoffkreislauf und Energiefluss in Ökosystemen“

Nach der Thematisierung des Kohlenstoffkreislaufs zeigen ökologische Pyramiden und Energiebilanzen den hohen Energieverlust von einer Trophieebene zur nächsten (Energieentwertung). Beim Vergleich der Produktivität verschiedener Ökosysteme sollen die Ursachen für deren Unterschiede herausgearbeitet werden. Bei der exemplarischen Erarbeitung eines weiteren Stoffkreislaufes werden auch seine Störungen thematisiert, zum Beispiel: Stickstoffkreislauf – Eutrophierung, Nitratprobleme; Kohlenstoffkreislauf – Treibhauseffekt. Schwerpunktmäßig wird dabei das für das jeweilige Abitur relevante Ökosystem betrachtet.

Unterrichtseinheit 8 „Eingriffe des Menschen in Ökosysteme“

Die Komplexität von Systemzusammenhängen in einem Ökosystem ist die Grundlage für die Bewertung anthropogener Eingriffe in Ökosysteme und deren mögliche Konsequenzen für die Dynamik und vorübergehende Stabilität von Ökosystemen sowie für Biodiversität und Klima. Die Basis für ein zukunftsfähiges ökologisches Verhalten unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit kann damit gelegt werden. Alle biologischen Systeme unterliegen einem ständigen Wandel. Es empfiehlt sich, natürliche und anthropogen verursachte Veränderungen in Ökosystemen an einem Beispiel aus dem regionalen Umfeld zu betrachten, im regionalen Umfeld zu handeln und in Orientierung am Nachhaltigkeitsprinzip zu reflektieren. Um den Blick für globale Zusammenhänge und zu erwartende Entwicklungen zu öffnen, werden z. B. die Versauerung der Ozeane, die Bedeutung und der Schutz der Biodiversität, die nachhaltige Landnutzung oder Neobiota thematisiert.

3. Kurshalbjahr: „Kommunikation in biologischen Systemen“

Unterrichtseinheit 9 „Neuronale Informationsverarbeitung“

Zum Verständnis der Informationsprozesse sollen in dieser Unterrichtseinheit Strukturen und Vorgänge auf den verschiedenen Systemebenen erarbeitet und in Beziehung gesetzt werden. Eine vertiefende Erarbeitung von Reizaufnahme, Erregungsbildung und Erregungsweiterleitung bildet die Grundlage für Einblicke in die Arbeitsweise von Nervensystem und Gehirn. In dieser Unterrichtseinheit geht es weiterhin um den Aufbau, die Funktion und Verschaltung von Neuronen sowie um die molekularen Grundlagen der Informationsverarbeitung. Folgende Aspekte werden aufeinander aufbauend im Unterricht erarbeitet: Bau und Funktion von Neuronen, Reiz, Erregung, Erregungsleitung, Ionenvorgänge an den Membranen, Modellversuche zur Membranspannung und Erregungsleitung, Prinzip der Erregungsübertragung an Synapsen, neuronale Verrechnung, Beeinflussung von Nervenzellen durch neuroaktive Stoffe. Unter Rückbezug auf die Arbeitsweise eines Muskels werden die Auswirkungen elektrophysiologischer Potenziale auf die Muskelzelle und den gesamten Skelettmuskel thematisiert.

Unterrichtseinheit 10 „Sinnesorgane – Fenster zur Außenwelt“

Auf allen Ebenen der Sinneswahrnehmung finden Verrechnungen, Verarbeitungen und Bewertungen statt. Nach Erarbeitung der grundlegenden Signaltransduktion vom Reiz zum Aktionspotenzial am Beispiel der Riechsinneszelle werden am Sinnesorgan „Auge“ exemplarisch spezielle Leistungen und Wahrnehmungsphänomene thematisiert, z. B. Farbsehen, räumliches Sehen, räumliches und zeitliches Auflösungsvermögen, optische Täuschungen sowie laterale Inhibition. Der Vergleich der Außenwelterfassung verschiedener Lebewesen und verschiedener Menschen führt zur Unterscheidung von objektiver, subjektiver und intersubjektiver Umwelt und zur Erkenntnis der evolutiv entstandenen überlebensadäquaten Wahrnehmung. Abschließend erfolgt ein Vergleich des Sehvorgangs und der Fotosynthese (Rhodopsin, Chlorophyll, Lichtabsorption und anschließende Stoffwechselprozesse).

Unterrichtseinheit 11 „Stress“

Für das Verständnis der Steuerung physiologischer Prozesse im Organismus sind Kenntnisse zum Aufbau und der Funktion bestimmter neuronaler Bereiche und Hormone erforderlich. Dabei wird auch auf die zellulären Wirkmechanismen von Hormonen eingegangen. In der Unterrichtseinheit Stress sollen das Zusammenspiel von stoffwechsel- und neurophysiologischen Vorgängen sowie die biologische Bedeutung des Phänomens „Kampf-oder-Flucht-Reaktion“ erarbeitet und Konsequenzen für das eigene Verhalten abgeleitet werden (Stressbewältigung und -vermeidung).

4. Kurshalbjahr: „Evolution des Menschen“

Unterrichtseinheit 12 „Evolutionstheorien und Belege für die Synthetische Theorie“

Die wissenschaftspropädeutische Auseinandersetzung mit dem Theoriecharakter der Evolutionslehre ermöglicht eine Einschätzung ihrer Leistung und ihrer Grenzen. Diese Reflexionen sind für ein naturwissenschaftlich fundiertes Weltbild der Schülerinnen und Schüler und ihr Selbstverständnis unerlässlich. Zu Beginn erfolgt daher ausgehend vom natürlichen System der Lebewesen Linnés die Interpretation von Fossilfunden (Homologien, Analogien, Brückentiere), das Belegen von Verwandtschaft durch molekularbiologische Homologien sowie die vergleichende Betrachtung von zentralen Evolutionstheorien. Die Schülerinnen und Schüler entwickeln Stammbäume anhand von ursprünglichen und abgeleiteten Merkmalen und werten molekularbiologische Homologien aus. Die Behandlung der klassischen Evolutionsfaktoren Mutation, Rekombination, Isolation, Selektion, Gendrift und ihre Erweiterung durch ökologische Interaktion, z. B. Koevolution, führt dazu, dass die Evolution als ein andauernder, nicht zielgerichteter Prozess verstanden wird, der die vielfältigen und relativ angepassten Lebensformen hervorbringt. Veränderungen eines Genpools lassen sich durch Modellrechnungen oder Simulationen veranschaulichen. Artbildung wird als Ergebnis der Separation von Genpools dargestellt. Nach der allopatrischen Artbildung wird die sympatrische Artbildung thematisiert, bevor die adaptive Radiation im Zentrum des Unterrichts steht.

Unterrichtseinheit 13 „Biologische und kulturelle Evolution des Menschen“

Die Indizien für eine Evolution des Menschen (z. B. DNA-Sequenzvergleich, Vergleich anatomischer Merkmale, Werkzeuggebrauch) werden im Sinne der synthetischen Evolutionstheorie unter Einbeziehung der genetischen und ökologischen Ebene ausgewertet. Es wird dabei gezeigt, dass das evolutionsbiologische Erklärungsmodell auch für Menschen gilt. Dabei soll deutlich werden, dass die z. T. einander widersprechenden Ansätze bisher noch zu keiner lückenlosen Rekonstruktion der stammesgeschichtlichen Entwicklung des Menschen geführt haben. Zentrale Aspekte dieser Unterrichtseinheit in inhaltlicher Reihenfolge sind: Stellung des Menschen im System der Primaten (vergleichende Betrachtungen anatomischer und molekularbiologischer Befunde bei Mensch und Menschenaffen), Rekonstruktion und Erklärung der stammesgeschichtlichen Entwicklung des Menschen (Stammbäume, evolutive Trends, z. B. Evolution des menschlichen Gehirns), Einblick in die kulturelle Evolution des Menschen (Elterninvestment, evolutive Trends), Vergleich von biologischer und kultureller Evolution des Menschen.

Variabilität und Angepasstheit	FW 7.1 erläutern Angepasstheit auf der Ebene von Molekülen (Hämoglobin)*.		X											
	FW 7.2 erläutern Angepasstheit auf der Ebene von Organen (xeromorphes Blatt).				X	X								
	FW 7.3 erläutern Angepasstheit auf der Ebene von Organismen (CAM-Pflanzen: ökologische und stoffwechselbiologische Aspekte)*.				X									
	FW 7.4 erläutern den Prozess der Evolution (Isolation, Mutation, Rekombination, Selektion, allopatrische und sympatrische Artbildung, adaptive Radiation*, Gendrift*).												X	X
	FW 7.5 erläutern Angepasstheit als Ergebnis von Evolution (ökologische Nische).												X	X
	FW 7.6 erläutern verschiedene Evolutionstheorien (Lamarck, Darwin, Synthetische Evolutionstheorie).												X	
	FW 7.7 beschreiben, dass Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen existiert (genetische Variabilität, Artenvielfalt, Ökosystemvielfalt).									X			X	
Geschichte und Verwandtschaft	FW 8.1 erläutern und entwickeln Stammbäume anhand anatomisch-morphologischer Befunde (ursprüngliche und abgeleitete Merkmale).											X	X	
	FW 8.2 werten molekularbiologische Homologien zur Untersuchung phylogenetischer Verwandtschaft bei Wirbeltieren aus und entwickeln auf dieser Basis einfache Stammbäume (DNA-Sequenz, Aminosäuresequenz).											X	X	
	FW 8.3 deuten Befunde als Analogien oder Homologien (Konvergenz, Divergenz).											X		
	FW 8.4 erörtern wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution (evolutive Trends, Zusammenspiel biologischer und kultureller Evolution)*.												X	
	FW 8.5 erläutern die Existenz von Zellorganellen mit einer Doppelmembran mithilfe der Endosymbiontentheorie (Chloroplasten, Mitochondrien)*.				X								X	
	Prozessbezogene Kompetenzen													
Beobachten, beschreiben, vergleichen	EG 1.1 beschreiben und erklären biologische Sachverhalte kriteriengeleitet durch Beobachtung und Vergleich.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	EG 1.2 mikroskopieren und skizzieren biologische Präparate (bifaziales Laubblatt).				X									
	EG 1.3 vergleichen den Bau von Organellen anhand schematischer Darstellungen (Chloroplasten, Mitochondrien).		X		X									
	EG 1.4 führen eine Dünnschichtchromatografie durch und werten das Chromatogramm aus (Blattpigmente).				X									
	EG 1.5 führen Freilanduntersuchungen durch und werten diese aus (ausgewählte abiotische und biotische Faktoren).					X				X				

Experi- men- tieren	EG 2.1 entwickeln Fragestellungen und Hypothesen, planen Experimente, führen diese durch und werten sie hypothesenbezogen aus.	X	X		X	X					X		X	
	EG 2.2 diskutieren Fehlerquellen bei Experimenten (fehlender Kontrollansatz).	X			X	X								
Mit Modellen arbeiten	EG 3.1 erläutern biologische Sachverhalte mithilfe von Modellen.	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	
	EG 3.2 wenden Modelle an, erweitern sie und beurteilen die Aussagekraft und Gültigkeit.	X	X		X		X	X		X			X	
	EG 3.3 <i>erklären biologische Phänomene mithilfe von Kosten-Nutzen-Analysen (reproduktive Fitness)*</i> .												X	X
Fachgemäße Arbeitsweisen und Methoden	EG 4.1 wenden den naturwissenschaftlichen Gang der Erkenntnisgewinnung auf neue Probleme an.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	EG 4.2 erläutern biologische Arbeitstechniken (Autoradiografie, DNA-Sequenzierung unter Anwendung von PCR und Gel-Elektrophorese, <i>DNA-Chip-Technologie*</i>), werten Befunde aus und deuten sie.			X	X								X	
	EG 4.3 analysieren naturwissenschaftliche Texte.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	EG 4.4 beschreiben, analysieren und deuten Abbildungen, Tabellen, Diagramme sowie grafische Darstellungen unter Beachtung der untersuchten Größen und Einheiten.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kommunikation	KK 1 beschreiben und erklären biologische Sachverhalte strukturiert und unter korrekter Verwendung der Fachsprache.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	KK 2 veranschaulichen biologische Sachverhalte auf angemessene Art und Weise (Text, Tabelle, Diagramm, Schema, Skizze).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	KK 3 strukturieren biologische Zusammenhänge (Fließdiagramm, Mindmap, <i>Conceptmap*</i>).	X			X		X		X	X	X		X	X
	KK 4 unterscheiden bei der Erläuterung physiologischer Sachverhalte zwischen Stoff- und Teilchenebene.	X	X		X					X	X			
	KK 5 unterscheiden zwischen proximat und ultimaten Erklärungen und vermeiden unangemessene finale Begründungen.				X	X							X	X
	KK 6 erörtern komplexe biologische Fragestellungen, deren Lösungen strittig sind (Handlungsoptionen zur Verbesserung der CO ₂ -Bilanz, <i>Artbildung*</i>).							X	X				X	X
Bewertung	BW 1 bewerten mögliche kurz- und langfristige regionale und/oder globale Folgen eigenen und gesellschaftlichen Handelns auf der Grundlage einer Analyse der Sach- sowie der Werteebene der Problemsituation und entwickeln Handlungsoptionen.							X						
	<i>BW 2 analysieren komplexe Problem- und Entscheidungssituationen im Hinblick auf soziale, räumliche und zeitliche Fallen*</i> .							X						
	BW 3 bewerten Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität aus verschiedenen Perspektiven (Nachhaltigkeit).							X						

Beispiele für weitere Kursfolgen:

Die folgenden zusammenfassend dargestellten Beispiele für mögliche Unterrichtsgänge verdeutlichen, wie Fachkonferenzen den großen Spielraum bei der Entwicklung eigener Unterrichtseinheiten nutzen können.

Qualifikationsphase: Kursfolge B (im Kurs auf erhöhtem Niveau)

Die folgende Kursfolge ist so angelegt, dass der Mensch im Fokus steht. Dies bietet somit eine besondere Chance, dass der Kompetenzerwerb in Verknüpfung mit Erfahrungen aus unterschiedlichen Bereichen der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler erfolgen kann. Hierbei umfasst das dritte Semester neben den Kompetenzen aus dem Bereich Evolution auch den Aspekt der Regulation der Genaktivität. In Abhängigkeit von der Lage der Sommerferien und dem vorgegebenen Ökosystem kann es sinnvoll sein, das erste und zweite Semester zu tauschen.

1. Kurshalbjahr: Der Mensch in Bewegung

Die Situation eines Sportlers (z. B. Tennisspielers oder Snowboarders) im Wettkampf bietet die Möglichkeit, die Leistungen seines Körpers aus verschiedenen Blickwinkeln zu betrachten. Jegliche sportliche Betätigung erfordert Muskelarbeit und somit die Bereitstellung von Energie, dabei werden diese Prozesse durch Enzymaktivität reguliert. Die Muskelkontraktion erfolgt als Reaktion auf verarbeitete Sinneseindrücke. Der Wettkampfstress bedingt das Zusammenspiel von neuronaler und hormoneller Informationsübertragung.

2. Kurshalbjahr: Der Mensch als Ökofaktor

Ausgehend von einem Nutzungskonflikt, bei dem ein natürliches Ökosystem mit hoher Biodiversität in eine Monokultur umgewandelt wird (Mischwald versus Holzplantage, Regenwald versus Palmölplantage, Natursee versus Freizeitsee, Fließgewässer versus Schifffahrtsstraße), erfolgt die Analyse des vorgegebenen Ökosystems sowie seine Veränderung durch den Eingriff des Menschen. Unter der Analyse des Ökosystems sind Wechselbeziehungen unter den Lebewesen und Populationen, Umweltfaktoren und Anpassungen der Arten zu fassen. Zudem werden auch die Bedeutung der Pflanzen als Produzenten, ihre Rolle im Kohlenstoffkreislauf und der Ablauf der Fotosynthese thematisiert. Das Kurshalbjahr schließt mit dem ökologischen Bewerten hinsichtlich des Nutzungskonfliktes.

3. Kurshalbjahr: Herkunft des Menschen

Die Gegenüberstellung von Urmensch und dem „digitalen“ modernen Menschen initiiert die Frage nach der Herkunft und Zukunft des Menschen. Die Betrachtung der Menschheitsgeschichte bezieht den Prozess der Evolution inklusive aller Evolutionsfaktoren, der Schlüsselemente der Hominisation und die Analyse von Stammbäumen mit ein.

4. Kurshalbjahr: Zukunft des Menschen

Aktuelle Forschungsergebnisse betreffen die Epigenetik (differentielle Genaktivität, Methylierung und Demethylierung der DNA). Epigenetische Effekte können zu Anpassungserscheinungen und sogar zu Angepasstheiten führen und damit einen entscheidenden Einfluss auf die Zukunft der Menschheit ausüben.

Qualifikationsphase: Kursfolge C (im Kurs auf grundlegendem Niveau)

Die folgende Unterrichtssequenz ist so angelegt, dass das Leben aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet wird.

1. Kurshalbjahr: Leben im Ökosystem

Das Kurshalbjahr beginnt mit einem Gang in ein schulnahes Ökosystem, um die Vielfalt des Lebens aufzuzeigen. Ausgehend hiervon werden zunächst grundlegende ökologische Aspekte herausgearbeitet. Eine tiefergehende Analyse erfolgt dann am vorgegebenen Ökosystem, wobei dessen Kompartimentierung, die Umweltfaktoren, Angepasstheiten der Arten, die Wechselwirkungen zwischen den Organismen sowie der Stoff- und Energiefluss im Ökosystem im Fokus stehen.

Die Vielfalt des Lebens ist durch Eingriffe des Menschen in natürliche Ökosysteme bedroht. Handlungsoptionen und Maßnahmen zum Schutz der Biodiversität werden aus verschiedenen Perspektiven bewertet.

2. Kurshalbjahr: Leben braucht Energie

Als Weiterführung des Energieflusses im Ökosystem wird die Umwandlung von Lichtenergie in chemisch gebundene Energie als Grundlage allen Lebens in den Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese erarbeitet. Dabei werden auch der Blattaufbau und Angepasstheiten bei Laubblättern untersucht.

Im Gegensatz zu fotoautotrophen Lebewesen gewinnen heterotrophe Lebewesen die Energie für ihre Körperfunktionen durch den Abbau energiereicher Stoffe. Im Mittelpunkt steht die Erarbeitung der vier Teilschritte der Zellatmung. Die Regelungsvorgänge im Energie liefernden Stoffwechsel werden in diesem Zusammenhang exemplarisch auf der Ebene von Enzymen betrachtet.

3. Kurshalbjahr: Entstehung der Vielfalt des Lebens

Der Einstieg erfolgt über das systematische Ordnen einer Vielfalt von ausgewählten Lebewesen. Darauf aufbauend erfolgt eine Interpretation von Fossilfunden (Homologien, Analogien), das Belegen von Verwandtschaft durch molekularbiologische Homologien sowie die vergleichende Betrachtung von Evolutionstheorien. Anschließend wird der noch immer andauernde Prozess der Veränderung der Lebewesen durch Evolutionsfaktoren thematisiert.

4. Kurshalbjahr: Lebewesen reagieren auf ihre Umwelt

Die Betrachtung eines einfachen Reiz-Reaktions-Schemas führt hin zur Erarbeitung der Grundlagen der Neurobiologie (Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Synapse, neuroaktive Stoffe). Im Folgenden wird anhand eines Experiments zur Geruchsadaptation die Signaltransduktion bei Riechsinneszellen erschlossen.