



Leibniz-Gymnasium Gelsenkirchen

**Schulinternes Curriculum im Fach  
Biologie der Sek. II**

Stand: April 2024

# Inhaltsverzeichnis

1	Aufgaben und Ziele des Faches .....	3
2	Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen .....	6
2.1	Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder des Faches.....	7
2.1.1	Kompetenzbereiche.....	7
2.1.2	Inhaltsfelder.....	8
2.1.3	Basiskonzepte .....	9
2.2	Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Einführungsphase .....	10
2.3	Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase .....	14
2.3.1	Grundkurs.....	17
2.3.2	Leistungskurs.....	22
3	Lernerfolgskontrollen und Leistungsbewertungen .....	28
4	Abiturprüfung.....	31
5	Übersicht über die ausführlichen Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase .....	34
6	Ausführliche Übersicht über die einzelnen Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase .....	46
6.1	Grundkurs .....	46
6.2	Leistungskurs .....	71
7	Themenfelder der Qualifikationsphase für LK und GK in Übersicht .....	105

# 1 Aufgaben und Ziele des Faches

Gegenstand der Fächer im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld (III) sind die empirisch erfassbare, die in formalen Strukturen beschreibbare und die durch Technik gestaltbare Wirklichkeit sowie die Verfahrens- und Erkenntnisweisen, die ihrer Erschließung und Gestaltung dienen.

Naturwissenschaft und Technik prägen unsere Gesellschaft in allen Bereichen und bilden heute einen bedeutenden Teil unserer kulturellen Identität. Sie bestimmen maßgeblich unser Weltbild, das schneller als in der Vergangenheit Veränderungen durch aktuelle Forschungsergebnisse erfährt. Das Wechselspiel zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und technischer Anwendung bewirkt einerseits Fortschritte auf vielen Gebieten, vor allem auch bei der Entwicklung und Anwendung von neuen Technologien und Produktionsverfahren. Andererseits birgt das Streben nach Fortschritt auch Risiken, die bewertet und beherrscht werden müssen. Naturwissenschaftlich-technische Erkenntnisse und Innovationen stehen damit zunehmend im Fokus gesellschaftlicher Diskussionen und Auseinandersetzungen. Eine **vertiefte naturwissenschaftliche Bildung** bietet dabei die Grundlage für fundierte Urteile in Entscheidungsprozessen über erwünschte oder unerwünschte Entwicklungen.

Gemäß dem Bildungsauftrag von Gymnasium und Gesamtschule in der gymnasialen Oberstufe leistet das Fach Biologie einen Beitrag dazu, den Schülerinnen und Schülern eine vertiefte Allgemeinbildung zu vermitteln. Die gymnasiale Oberstufe setzt die Bildungs- und Erziehungsarbeit der Sekundarstufe I fort, vertieft und erweitert sie; sie schließt mit der Abiturprüfung ab und vermittelt die Allgemeine Hochschulreife. Individuelle Schwerpunktsetzung und vertiefte allgemeine Bildung führen auf der Grundlage eines wissenschaftspropädeutischen Unterrichts zur allgemeinen Studierfähigkeit und bereiten auf die Berufs- und Arbeitswelt vor.

Im Rahmen des allgemeinen Bildungs- und Erziehungsauftrags der Schule unterstützt der Unterricht im Fach Biologie die Entwicklung einer mündigen und sozial verantwortlichen Persönlichkeit und leistet weitere Beiträge zu fachübergreifenden Querschnittsaufgaben in Schule und Unterricht, hierzu zählen u. a

- Menschenrechtsbildung,
- Werteerziehung,
- politische Bildung und Demokratieerziehung,
- Bildung für die digitale Welt und Medienbildung,
- Bildung für nachhaltige Entwicklung,
- geschlechtersensible Bildung,
- kulturelle und interkulturelle Bildung.

Sprache ist ein notwendiges Hilfsmittel bei der Entwicklung von Kompetenzen und besitzt deshalb für den Erwerb einer vertieften naturwissenschaftlichen Grundbildung eine besondere Bedeutung. Kognitive Prozesse des Umgangs mit Fachwissen, der Erkenntnisgewinnung, der Kommunikation und der Bewertung sind ebenso sprachlich vermittelt wie der kommunikative Austausch darüber und die Präsentation von Lernergebnissen. In der aktiven Auseinandersetzung mit fachlichen Inhalten, Prozessen und Ideen erweitert sich der vorhandene Wortschatz, und es entwickelt sich ein zunehmend differenzierter und bewusster Einsatz von Sprache. Dadurch entstehen Möglichkeiten, Konzepte sowie eigene Wahrnehmungen, Gedanken und Interessen angemessen darzustellen.

Die interdisziplinäre Verknüpfung von Schritten einer kumulativen Kompetenzentwicklung, inhaltliche Kooperationen mit anderen Fächern und Lernbereichen sowie außerschulisches Lernen und Kooperationen mit außerschulischen Partnern können sowohl zum Erreichen und zur Vertiefung der jeweils fachlichen Ziele als auch zur Erfüllung übergreifender Aufgaben beitragen.

## **Ziele einer vertieften biologisch-naturwissenschaftlichen Bildung**

Die Naturwissenschaft Biologie hat sich von einer eher deskriptiven zu einer vorwiegend erklärenden Wissenschaft entwickelt. Gemeinsam mit anderen Wissenschaften trägt sie dazu bei, aktuelle und zukünftige wissenschaftliche, globale wie lokale ökologische, ökonomische und soziale Probleme zu bewältigen.

Als Wissenschaft des Lebens und der Lebewesen liefert die Biologie einen wesentlichen Beitrag zu unserem Selbstverständnis und einem evolutionsbiologisch geprägten Weltbild im Kontext des jeweiligen kulturellen Hintergrundes. Sie erforscht die belebte Natur, die sich in verschiedenen Systemen abbilden lässt. Biologische Erkenntnisse sind für die Erhaltung allen Lebens sowie entsprechender Lebensgrundlagen von hoher Relevanz. Beispiele sind Prinzipien einer gesunden Ernährung, Entwicklung medizinischer Produkte,

Maßnahmen zum Natur- und Umweltschutz sowie der Erhalt von Biodiversität. Dies hat auch auf die künftige Gestaltung menschlicher Gesellschaften großen Einfluss. Die Veränderung von Lebensbedingungen etwa durch medizinisch nutzbare biologische Erkenntnisse stößt Debatten an, die entscheidend für die Entwicklungsrichtung von Regeln und Gesetzen menschlicher Gesellschaften sind.

Das Unterrichtsfach Biologie bietet den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit, sich aktiv mit der belebten Natur, ihrer Vielfalt und ihrem Formenreichtum und mit dem Menschen als Teil biologischer Systeme auseinanderzusetzen. Das Verständnis dieser Systeme erfordert, zwischen ihnen gedanklich zu wechseln und unterschiedliche Perspektiven einzunehmen. Damit entwickeln Schülerinnen und Schüler im Biologieunterricht in besonderem Maße multiperspektivisches und systemisches Denken gleichermaßen.

Ein emotionaler Zugang, z. B. über Originalbegegnungen mit der Natur, ist ebenfalls eine wichtige Grundlage, um Achtung vor dem Lebendigen zu entwickeln, die Verantwortung des Menschen für sein Handeln im Kleinen und Großen zu erkennen und so respekt- und verantwortungsvoll mit allen Lebewesen, mit der eigenen Gesundheit, mit den Mitmenschen und mit den Ressourcen der Natur – lokal wie global – umzugehen.

Mithilfe fachspezifischer Denk- und Arbeitsweisen wird für die Schülerinnen und Schüler eine differenzierte Auseinandersetzung, Erkundung, Erforschung und Erschließung der natürlichen und technischen Umwelt in ihrer Beziehung zum Menschen möglich. Die Schülerinnen und Schüler erlangen ein Verständnis für den kontinuierlichen Prozess, bei dem in der Biologie Erkenntnisse gewonnen werden, und können so den Beitrag der Biologie zur Erschließung der Welt erkennen.

Der Biologieunterricht trägt durch die gezielte Einführung und Sicherung von Fachbegriffen und fachlichen Darstellungsformen wesentlich zur Entwicklung von Fachsprache bei. Dadurch erwerben die Schülerinnen und Schüler eine wesentliche Voraussetzung, sich biologisches Wissen selbst anzueignen, sich präzise und fachgerecht zu artikulieren und somit an der öffentlichen Diskussion und an wichtigen Entscheidungsprozessen mit biologischen Inhalten direkt oder mittelbar teilzuhaben. Insgesamt leistet der Erwerb der Fachsprache einen Beitrag zur Sprachbildung, die die Grundlage für eine Partizipation an der modernen Wissensgesellschaft darstellt.

Das Fach Biologie trägt zur Entwicklung von Wertvorstellungen und zur Meinungsbildung bei. Zahlreiche Themen geben Anlass, Sachverhalte unter biologischen und außerfachlichen Gesichtspunkten zu bewerten. Die Schülerinnen und Schüler bewerten die gesellschaftlichen Auswirkungen menschlichen Handelns und werden dadurch in die Lage versetzt, ihr Verhalten an der Verantwortung gegenüber sich selbst und der Mitwelt auszurichten.

Die Entwicklung von biologischen Erkenntnissen sowie neuen Technologien und Produktionsverfahren, deren Anwendungen immer auch Auswirkungen auf die komplexen Systeme der Natur haben, birgt einerseits Chancen, andererseits aber auch Risiken, die erkannt, beurteilt und bewertet werden müssen. Eine vertiefte Bildung im Fach Biologie bietet dabei die Grundlage für fundierte Urteile in Entscheidungsprozessen. Damit reicht das Fach Biologie über die fachwissenschaftlichen Grenzen hinaus und hat Anknüpfungspunkte und Verbindungen zu anderen Natur-, Geistes- und Humanwissenschaften.

Unterricht im Fach Biologie muss Mädchen ebenso wie Jungen dazu ermutigen, ihr Interesse an naturwissenschaftlichen Zusammenhängen selbstbewusst zu verfolgen und so ihre Fähigkeiten und Entwicklungspotenziale zu nutzen. Er sollte außerdem aufzeigen, dass naturwissenschaftliche Kenntnisse sowohl für Frauen als auch Männer attraktive berufliche Perspektiven eröffnen.

### **Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe**

Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe knüpft an den Unterricht in der Sekundarstufe I an und vermittelt, neben grundlegenden Kenntnissen und Fähigkeiten, Einsichten auch in komplexere Sach- und Naturvorgänge sowie für das Fach typische Herangehensweisen an Aufgaben und Probleme. Dazu lernen Schülerinnen und Schüler zunehmend selbstständig biologische Sichtweisen kennen und erfahren Möglichkeiten und Grenzen naturwissenschaftlichen Denkens. Sie intensivieren die qualitative und quantitative Erfassung biologischer Phänomene, präzisieren Modellvorstellungen und thematisieren Modellbildungsprozesse, die auch zu einer umfangreicheren Theoriebildung führen. Die Betrachtung und Erschließung von komplexen Ausschnitten der Lebenswelt unter biologischen Aspekten erfordert von den Schülerinnen und Schülern in hohem Maße Kommunikations- und Handlungsfähigkeit.

Zur Erfüllung dieser Aufgaben und zum Erreichen der Ziele vermittelt der Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe fachliche und fachmethodische Inhalte unter Berücksichtigung von Methoden und Formen selbstständigen und kooperativen Arbeitens. Die Heterogenität der Schülerinnen und Schüler in Bezug auf

Interessen, kulturellen Hintergrund, Geschlechtersozialisation, Vorerfahrungen und fachspezifische Kenntnisse sind angemessen zu berücksichtigen.

Das Lernen in Kontexten ist verbindlich. Lernen in Kontexten bedeutet, dass Fragestellungen aus der Praxis der Forschung, technische und gesellschaftliche Fragestellungen und solche aus der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler den Rahmen für Unterricht und Lernprozesse bilden. Dafür geeignete Kontexte beschreiben reale Situationen mit authentischen Problemen, deren Relevanz auch für Schülerinnen und Schüler erkennbar ist und die mit den zu erwerbenden Kompetenzen gelöst werden können.

Aufgabe der Einführungsphase ist es, Schülerinnen und Schüler auf einen erfolgreichen Lernprozess in der Qualifikationsphase vorzubereiten. Wesentliche Ziele bestehen darin, neue fachliche Anforderungen der gymnasialen Oberstufe, u. a. bezüglich einer verstärkten Formalisierung, Systematisierung und reflektierenden Durchdringung sowie einer größeren Selbstständigkeit beim Erarbeiten und Bearbeiten fachlicher Fragestellungen und Probleme zu verdeutlichen und einzuüben. Dabei notwendig, die im Unterricht der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen zu konsolidieren und zu vertiefen, um eine gemeinsame Ausgangsbasis für weitere Lernprozesse zu schaffen. Insbesondere in dieser Phase ist eine individuelle Förderung von Schülerinnen und Schülern mit heterogenen Bildungsbiographien von besonderer Bedeutung.

In der Qualifikationsphase findet der Unterricht im Fach Biologie in einem Kurs auf grundlegendem Anforderungsniveau (Grundkurs) oder einem Kurs auf erhöhtem Anforderungsniveau (Leistungskurs) statt.

Die Anforderungen in den beiden Kursarten unterscheiden sich nicht nur quantitativ im Hinblick auf fachliche Aspekte und weitergehende Beispiele für Anwendungssituationen, sondern vor allem qualitativ, etwa im Grad der Vertiefung und Vernetzung der Fachinhalte sowie in der Vielfalt des fachmethodischen Vorgehens.

Sowohl im Grundkurs als auch im Leistungskurs erwerben Schülerinnen und Schüler eine wissenschaftspropädeutisch orientierte Grundbildung. Sie entwickeln die Fähigkeit, sich mit grundlegenden Fragestellungen, Sachverhalten, Problemkomplexen und Strukturen des Faches Biologie auseinanderzusetzen. Sie machen sich mit wesentlichen Arbeits- und Fachmethoden sowie Darstellungsformen des Faches vertraut und können in exemplarischer Form Zusammenhänge im Fach und mit anderen Fächern herstellen und problembezogen nutzen.

Der Unterricht im Grundkurs unterstützt durch vielfältige Bezüge und Vernetzungen die Einsicht in die Bedeutung des Faches Biologie für die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler.

Im Leistungskurs erweitern Schülerinnen und Schüler die oben beschriebenen Fähigkeiten im Sinne einer vertieften und reflektierten wissenschaftspropädeutisch angelegten Denk- und Arbeitsweise. Im Vergleich zum Grundkurs wird dabei durch die differenziertere und stärker vernetzte Bearbeitung von Inhalten, Modellen und Theorien die Komplexität des Faches deutlicher. Die Schülerinnen und Schüler beherrschen Arbeits- und Fachmethoden in einer Weise, die ihnen selbstständiges Anwenden, Übertragen und Reflektieren in variablen Situationen ermöglicht. Dabei gelingt ihnen eine zielgerichtete und souveräne Vernetzung von innerfachlichen Teilaspekten, aber auch von verschiedenen fachlich relevanten Disziplinen.

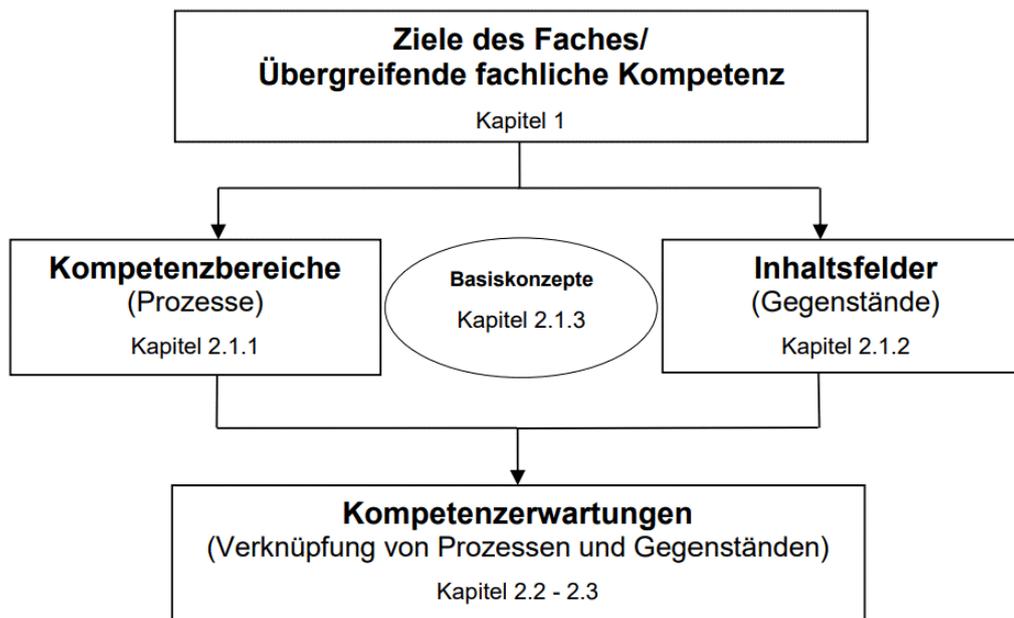
Schülerinnen und Schüler sollen zudem während der gesamten Einführungs- und Qualifikationsphase in ihrer persönlichen und fachlichen Entwicklung individuelle Förderung erfahren und entsprechende Kompetenzen erwerben, die sie in ihrer Weiterentwicklung zu sozialen, studier- und berufsfähigen Individuen unterstützen. Somit können sie aktiv und verantwortungsbewusst an ihrer persönlichen Lebensgestaltung mitwirken.

Der vorliegende Kernlehrplan ist so gestaltet, dass er Freiräume für Vertiefung, schuleigene Projekte und aktuelle Entwicklungen lässt. Die Umsetzung der verbindlichen curricularen Vorgaben in schuleigene Vorgaben liegt in der Gestaltungsfreiheit – und Gestaltungspflicht – der Fachkonferenzen sowie in der pädagogischen Verantwortung der Lehrerinnen und Lehrer. Damit ist der Rahmen geschaffen, gezielt Kompetenzen und Interessen der Schülerinnen und Schüler aufzugreifen und zu fördern bzw. Ergänzungen der jeweiligen Schule in sinnvoller Erweiterung der Kompetenzen und Inhalte zu ermöglichen.

## 2 Kompetenzbereiche, Inhaltsfelder und Kompetenzerwartungen

Im Kapitel „Aufgaben und Ziele“ der Kernlehrpläne werden u.a. die Ziele bzw. die übergreifende fachliche Kompetenz des Faches beschrieben, die Schülerinnen und Schüler im jeweiligen Fach entwickeln sollen.

Diese werden ausdifferenziert, indem fachspezifische Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder identifiziert und ausgewiesen werden. Dieses analytische Vorgehen erfolgt, um die Strukturierung der fachrelevanten Prozesse einerseits sowie der Gegenstände andererseits transparent zu machen. In Kompetenzerwartungen werden beide Seiten miteinander verknüpft. Damit wird der Tatsache Rechnung getragen, dass der gleichzeitige Einsatz von Können und Wissen bei der Bewältigung von Anforderungssituationen eine zentrale Rolle spielt.



*Kompetenzbereiche* repräsentieren die Grunddimensionen des fachlichen Handelns. Sie dienen dazu, die einzelnen Teiloperationen entlang der fachlichen Kerne zu strukturieren und den Zugriff für die am Lehr-Lernprozess Beteiligten zu verdeutlichen.

*Inhaltsfelder* systematisieren mit ihren jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkten die im Unterricht verbindlichen und unverzichtbaren Gegenstände und liefern Hinweise für die inhaltliche Ausrichtung des Lehrens und Lernens.

*Basiskonzepte* strukturieren die Beschreibung fachlicher Sachverhalte denen fachspezifische Gemeinsamkeiten zugrunde liegen. Sie ermöglichen die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven.

*Kompetenzerwartungen* führen Prozesse und Gegenstände zusammen und beschreiben die fachlichen Anforderungen und intendierten Lernergebnisse, die kontinuierlich bis zum Ende der Sekundarstufe II erreicht werden sollen.

### Kompetenzerwartungen

- beziehen sich auf beobachtbare Handlungen und sind auf die Bewältigung von Anforderungssituationen ausgerichtet,
- stellen im Sinne von Regelstandards die erwarteten Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten auf einem mittleren Abstraktionsgrad dar,
- beschreiben Ergebnisse eines kumulativen, systematisch vernetzten Lernens,
- können in Aufgabenstellungen umgesetzt und überprüft werden.

Insgesamt ist der Unterricht in der Sekundarstufe II nicht allein auf das Erreichen der aufgeführten Kompetenzerwartungen beschränkt, sondern soll es Schülerinnen und Schülern ermöglichen, diese weiter auszubauen und darüber hinausgehendes Wissen und Können zu erwerben.

## 2.1 Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder des Faches

Der Biologieunterricht in der gymnasialen Oberstufe ermöglicht den Erwerb von Kompetenzen, die für ein vertiefte biologisch-naturwissenschaftliche Bildung erforderlich sind.

### 2.1.1 Kompetenzbereiche

Die Biologie unterscheidet die vier untereinander vernetzten Kompetenzbereiche Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz sowie Bewertungskompetenz.

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

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

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

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

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

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

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

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

Korrelationen werden auf zugrundeliegende kausale Zusammenhänge geprüft.

Biologiespezifisch ist die Unterscheidung von kausalen, das heißt proximalen und ultimativen sowie funktionalen Erklärungsweisen.

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

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

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

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

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

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

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

### **2.1.2 Inhaltsfelder**

Eine vertiefte biologischnaturwissenschaftliche Bildung soll deshalb mit Blick auf die nachfolgenden Inhaltsfelder bis zum Ende der Sekundarstufe II entwickelt werden.

#### **Zellbiologie**

Das Inhaltsfeld Zellbiologie beschäftigt sich mit der Zelle als kleinste Einheit aller Organismen und Grundbaustein des Lebens. Ausgehend von Aufbau und Funktionen der Zelle wird das Zusammenwirken ihrer Kompartimente erklärt. Mithilfe genetischer, biochemischer und physiologischer Grundlagen können zelluläre Prozesse analysiert werden. Die experimentelle Arbeitsweise der Biologie wird anhand mikroskopischer und physiologischer Methoden praktisch umgesetzt.

#### **Neurobiologie**

Im Inhaltsfeld Neurobiologie geht es um die Informationsverarbeitung als wesentliches Kennzeichen biologischer Systeme. Ausgehend von Bau und Funktion von Nervenzellen und Synapsen sind hierfür die Informationsumwandlung und Erregungsleitung im Nervensystem sowie im Weiteren die Verschränkung mit dem Hormonsystem grundlegend.

#### **Stoffwechselphysiologie**

Das Inhaltsfeld Stoffwechselphysiologie beschäftigt sich mit den grundlegenden Zusammenhängen zwischen aufbauenden und abbauenden Stoffwechselwegen. Bei den Prozessen der Fotosynthese und der Zellatmung erfolgt die Energieumwandlung auch aufgrund der Kompartimentierung in Chloroplasten und Mitochondrien nach einem vergleichbaren Prinzip. Dabei ist die Stoffwechselaktivität abhängig von ökologischen Faktoren. Funktionale Anpassungen finden sich auf verschiedenen Systemebenen.

## **Ökologie**

Das Inhaltsfeld Ökologie thematisiert die komplexe Struktur und Dynamik von Ökosystemen auf verschiedenen Ebenen, welche durch Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen sowie Stoff- und Energieumwandlung verdeutlicht werden. Auswirkungen von abiotischen und biotischen Umweltfaktoren auf eine Art zeigen sich in ihrer ökologischen Nische. Herausforderungen des Umwelt-, Natur- und Artenschutzes sowie Fragen des Ressourcenverbrauchs sind wesentliche Aspekte der ökologischen Dimension nachhaltiger Entwicklung.

## **Genetik und Evolution**

Im Inhaltsfeld Genetik und Evolution werden die molekulargenetischen Grundlagen des Lebens und ihre Bedeutung für den dynamischen Prozess der Entwicklung des Lebens behandelt. Mit der Speicherung und Realisierung der genetischen Information sowie der Veränderung und Regulation von Genen lassen sich Ursache-Wirkungsbeziehungen auf verschiedenen Systemebenen erklären. Ausgehend von molekularbiologischen Homologien können phylogenetische Stammbäume die mögliche Verwandtschaft von Lebewesen visualisieren. Die Synthetische Evolutionstheorie wird als grundlegende Theorie zur Erklärung biologischer Phänomene genutzt.

### **2.1.3 Basiskonzepte**

Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen. Sie können kumulatives Lernen, den Aufbau von strukturiertem Wissen und die Erschließung neuer Inhalte fördern.

Lebewesen sind offene Systeme, die in stofflichen, energetischen und informatorischen Wechselwirkungen mit ihrer Umwelt stehen, zu Selbstregulation fähig sind und sich individuell und evolutiv entwickeln. Gemäß den Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife werden daraus folgende Basiskonzepte abgeleitet:

- Struktur und Funktion
- Stoff- und Energieumwandlung
- Information und Kommunikation
- Steuerung und Regelung
- individuelle und evolutive Entwicklung

Diese Basiskonzepte ermöglichen eine multiperspektivische, vernetzte und vertiefte Herangehensweise an Themen und Problemstellungen des Biologieunterrichts und eine Fokussierung auf zentrale Aspekte innerhalb der Vielfalt biologischer Phänomene. Basiskonzepte lassen sich auf verschiedenen Systemebene betrachten.

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

In den Kapiteln 2.2 und 2.3 werden jeweils im Anschluss an die inhaltlichen Schwerpunkte und die konkretisierten Kompetenzerwartungen ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten aufgeführt. Die dort exemplarisch aufgezeigten Aspekte des Inhaltsfeldes eignen sich besonders als Beitrag zum Aufbau des jeweiligen Basiskonzepts, sind jedoch nicht als abschließende Auflistung zu verstehen.

## 2.2 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Einführungsphase

Am Ende der Einführungsphase sollen die Schülerinnen und Schüler – aufbauend auf der Kompetenzentwicklung in der Sekundarstufe I – über die im Folgenden genannten übergeordneten Kompetenzerwartungen zu allen Kompetenzbereichen verfügen.

Während der Kompetenzbereich Kommunikation ausschließlich inhaltsfeldübergreifend angelegt ist, werden in den Bereichen Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz und Bewertungskompetenz anschließend inhaltsfeldbezogen konkretisierte Kompetenzerwartungen formuliert. Hinter den konkretisierten Kompetenzerwartungen ist jeweils in Klammern angegeben, auf welche übergeordneten Kompetenzerwartungen aus allen Bereichen sich diese beziehen.

### Sachkompetenz

*Biologische Sachverhalte betrachten*

Die Schülerinnen und Schüler

- S1 beschreiben elementare zellbiologische Sachverhalte und ihre Anwendungen sachgerecht,
- S2 strukturieren und erschließen elementare zellbiologische Phänomene und ihre Anwendungen auch mithilfe von Basiskonzepten,
- S3 erläutern elementare zellbiologische Sachverhalte, auch indem sie Basiskonzepte nutzen,
- S4 formulieren zu biologischen Phänomenen theoriegeleitet Hypothesen und Aussagen.

*Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten Die Schülerinnen und Schüler*

- S5 strukturieren und erschließen die Eigenschaften von Zellen auch mithilfe von Basiskonzepten,
- S6 stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen dar,
- S7 erläutern Prozesse in und zwischen Zellen sowie zwischen Zellen und ihrer Umwelt.

### Erkenntnisgewinnungskompetenz

*Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln*

Die Schülerinnen und Schüler

- E1 beschreiben Phänomene und Beobachtungen als Ausgangspunkte von Untersuchungen,
- E2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu zellbiologischen Sachverhalten,
- E3 stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

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

Die Schülerinnen und Schüler

- E4 planen Untersuchungen und Modellierungen hypothesengeleitet, führen sie durch und protokollieren sie,
- E5 berücksichtigen bei der Planung von Untersuchungen sowie Modellierungen das jeweilige Variablengefüge,
- E6 beschreiben die Bedeutung der Variablenkontrolle beim Experimentieren,
- E7 nehmen Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus,
- E8 wenden Laborgeräte und -techniken sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an.

*Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

- E9 finden in Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen,
- E10 beurteilen die Gültigkeit von Daten und nennen mögliche Fehlerquellen,

- E11 überprüfen die Hypothese,
- E12erläutern Möglichkeiten und Grenzen von Modellen,
- E13reflektieren die Methode der Erkenntnisgewinnung,
- E14nutzen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden auch chemische und physikalische Grundkenntnisse.

*Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

- E15stellen Möglichkeiten und Grenzen des Erkenntnisgewinnungsprozesses bei Fragestellungen zu lebenden Systemen dar,
- E16beschreiben die Kriterien wissenschaftlicher Wissensproduktion (Evidenzbasierung, Theorieorientierung),
- E17beschreiben Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung

**Kommunikationskompetenz**

*Informationen erschließen*

Die Schülerinnen und Schüler

- K1recherchieren zu elementaren zellbiologischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
- K2wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen Darstellungsformen,
- K3prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen im Hinblick auf deren Aussagen,
- K4analysieren Herkunft, Qualität und Vertrauenswürdigkeit von verwendeten Quellen und Medien im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors.

*Informationen aufbereiten*

Die Schülerinnen und Schüler

- K5strukturieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab,
- K6unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache,
- K7beschreiben die Unterschiede zwischen ultimativen und proximativen Erklärungen,
- K8beschreiben die Unterschiede zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen,
- K9nutzen geeignete Darstellungsformen bei der Aufbereitung biologischer Sachinformationen,
- K10verarbeiten sach-, adressaten- und situationsgerecht Informationen zu elementaren zellbiologischen Sachverhalten

**Bewertungskompetenz**

*Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen*

Die Schülerinnen und Schüler

- B1reflektieren die Bewertungsrelevanz eines Sachverhalts,
- B2betrachten Sachverhalte aus biologischer und ethischer Perspektive,
- B3beschreiben die Unterschiede zwischen deskriptiven und normativen Aussagen,
- B4benennen Werte, die normativen Aussagen zugrunde liegen,
- B5beurteilen Quellen in Bezug auf spezifische Interessenlagen,
- B6stellen Möglichkeiten und Grenzen biologischer Sichtweisen dar.

### *Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen*

Die Schülerinnen und Schüler

- B7 wenden Bewertungskriterien unter Beachtung von Normen und Werten an,
- B8 wägen anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen ab,
- B9 begründen die eigene Meinung kriteriengeleitet mit Sachinformationen und Werten.

### *Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

- B10 reflektieren kurz- und langfristige Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen,
- B11 reflektieren den Prozess der Bewertung,
- B12 beurteilen und bewerten persönliche und gesellschaftliche Auswirkungen von Anwendungen der Biologie.

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für die Einführungsphase **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

## **Zellbiologie**

Bezieht man übergeordnete Kompetenzerwartungen (Kap. 2.2) sowie die unten aufgeführten **inhaltlichen Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden **konkretisierten Kompetenzerwartungen**:

### **Inhaltsfeld Zellbiologie**

*Inhaltliche Schwerpunkte:*

Aufbau der Zelle

- prokaryotische Zelle
- eukaryotische Zelle: Zusammenwirken von Zellbestandteilen, Kompartimentierung, Endosymbiontentheorie
- Vielzeller: Zelldifferenzierung und Arbeitsteilung

Genetik der Zelle

- Mitose: Chromosomen, Cytoskelett
- Zellzyklus: Regulation
- Meiose
- Rekombination
- Karyogramm: Genommutationen, Chromosomenmutationen

Biochemie der Zelle

- Stoffgruppen: Kohlenhydrate, Lipide, Proteine
- Biomembranen: Transport, Prinzip der Signaltransduktion, Zell-Zell-Erkennung

Physiologie der Zelle

- Energieumwandlung: ATP-ADP-System, Redoxreaktionen
- Anabolismus und Katabolismus
- Enzyme: Kinetik, Regulation
- physiologische Anpassungen: Homöostase

Fachliche Verfahren

- Mikroskopie
- Analyse von Familienstammbäumen
- Untersuchung von osmotischen Vorgängen
- Untersuchung von Enzymaktivitäten

## **Sachkompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- vergleichen den Aufbau von prokaryotischen und eukaryotischen Zellen (S1, S2, K1, K2, K9),
- erklären Bau und Zusammenwirken der Zellbestandteile eukaryotischer Zellen und erläutern die Bedeutung der Kompartimentierung (S2, S5, K5, K10),

- vergleichen einzellige und vielzellige Lebewesen und erläutern die jeweiligen Vorteile ihrer Organisationsform (S3, S6, E9, K7, K8),
- erläutern Ursachen und Auswirkungen von Chromosomen- und Genommutationen (S1, S4, S6, E11, K8, K14),
- erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6),
- beschreiben die Bedeutung des ATP-ADP-Systems bei auf- und abbauenden Stoffwechselprozessen (S5, S6),
- erklären die Bedeutung der Homöostase des osmotischen Werts für zelluläre Funktionen und leiten mögliche Auswirkungen auf den Organismus ab (S4, S6, S7, K6, K10).

### **Erkenntnisgewinnungskompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- begründen den Einsatz unterschiedlicher mikroskopischer Techniken für verschiedene Anwendungsgebiete (S2, E2, E9, E16, K6),
- analysieren differenzierte Zelltypen mithilfe mikroskopischer Verfahren (S5, E7, E8, E13, K10),
- erläutern theoriegeleitet den prokaryotischen Ursprung von Mitochondrien und Chloroplasten (E9, K7),
- erklären die Bedeutung der Regulation des Zellzyklus für Wachstum und Entwicklung (S1, S6, E2, K3),
- wenden Gesetzmäßigkeiten der Vererbung auf Basis der Meiose bei der Analyse von Familienstammbäumen an (S6, E1–3, E11, K9, K13),
- stellen den Erkenntniszuwachs zum Aufbau von Biomembranen durch technischen Fortschritt und Modellierungen an Beispielen dar (E12, E15–17),
- erklären experimentelle Befunde zu Diffusion und Osmose mithilfe von Modellvorstellungen (E4, E8, E10–14),
- entwickeln Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von verschiedenen Faktoren und überprüfen diese mit experimentellen Daten (E2, E3, E6, E9, E11, E14),
- beschreiben und interpretieren Diagramme zu enzymatischen Reaktionen (E9, K6, K8, K11),
- erklären die Regulation der Enzymaktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9).

### **Bewertungskompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- begründen die medizinische Anwendung von Zellwachstumshemmern (Zytostatika) und nehmen zu den damit verbundenen Risiken Stellung (S3, K13, B2, B6–B9),
- diskutieren kontroverse Positionen zum Einsatz von embryonalen Stammzellen (K1–4, B1–6, B10–12).

### **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten**

Struktur und Funktion:

Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle

Stoff- und Energieumwandlung:

Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauendem Stoffwechsel

Information und Kommunikation:

Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen

Steuerung und Regelung:

Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation

Individuelle und evolutive Entwicklung:

Zelldifferenzierung bei der Bildung von Gewebe

## 2.3 Kompetenzerwartungen und inhaltliche Schwerpunkte bis zum Ende der Qualifikationsphase

Am Ende der Qualifikationsphase sollen die Schülerinnen und Schüler – aufbauend auf der Kompetenzentwicklung in der Einführungsphase – über die im Folgenden genannten **übergeordneten Kompetenzerwartungen** zu allen Kompetenzbereichen verfügen.

Während der Kompetenzbereich Kommunikation ausschließlich inhaltsfeldübergreifend angelegt ist, werden in den Bereichen Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz und Bewertungskompetenz anschließend inhaltsfeldbezogen konkretisierte Kompetenzerwartungen formuliert. Hinter den **konkretisierten Kompetenzerwartungen** ist jeweils in Klammern angegeben, auf welche übergeordneten Kompetenzerwartungen aus allen Bereichen sich diese beziehen.

### Sachkompetenz

#### *Biologische Sachverhalte betrachten*

Die Schülerinnen und Schüler

- S1 beschreiben biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht,
- S2 strukturieren und erschließen biologische Phänomene sowie Anwendungen der Biologie auch mithilfe von Basiskonzepten,
- S3 erläutern biologische Sachverhalte, auch indem sie Basiskonzepte nutzen und fachübergreifende Aspekte einbinden,
- S4 formulieren zu biologischen Phänomenen sowie Anwendungen der Biologie theoriegeleitet Hypothesen und Aussagen.

#### *Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten*

Die Schülerinnen und Schüler

- S5 strukturieren und erschließen die Eigenschaften lebender Systeme auch mithilfe von Basiskonzepten und erläutern die Eigenschaften unter qualitativen und quantitativen Aspekten,
- S6 stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen (Molekular- bis Biosphärenebene) dar,
- S7 erläutern Prozesse in und zwischen lebenden Systemen sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt,
- S8 erläutern die Entstehung und Bedeutung von Biodiversität sowie Gründe für deren Schutz und nachhaltige Nutzung.

### Erkenntnisgewinnungskompetenz

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

Die Schülerinnen und Schüler

- E1 beschreiben Phänomene und Beobachtungen als Ausgangspunkte von Untersuchungen,
- E2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu biologischen Sachverhalten,
- E3 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

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

Die Schülerinnen und Schüler

- E4 planen und führen hypothesengeleitete Beobachtungen, Vergleiche, Experimente und Modellierungen durch und protokollieren sie,
- E5 berücksichtigen bei der Planung von Beobachtungen, Vergleichen, Experimenten sowie Modellierungen das jeweilige Variablengefüge,
- E6 berücksichtigen die Variablenkontrolle beim Experimentieren,
- E7 nehmen qualitative und quantitative Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus,

E8 wenden Labor- und freilandbiologische Geräte und Techniken sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an.

*Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

E9 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen,

E10 beurteilen die Gültigkeit von Daten und ermitteln mögliche Fehlerquellen,

E11 widerlegen oder stützen die Hypothese (Hypothesenrückbezug),

E12 diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen,

E13 reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung,

E14 stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.

*Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

E15 reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit),

E16 reflektieren die Kriterien wissenschaftlicher Wissensproduktion (Evidenzbasierung, Theorieorientierung),

E17 reflektieren Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung.

**Kommunikationskompetenz**

*Informationen erschließen*

Die Schülerinnen und Schüler

K1 recherchieren zu biologischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,

K2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen,

K3 prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen im Hinblick auf deren Aussagen,

K4 analysieren Herkunft, Qualität und Vertrauenswürdigkeit von verwendeten Quellen und Medien sowie darin enthaltene Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors.

*Informationen aufbereiten*

Die Schülerinnen und Schüler

K5 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab,

K6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache,

K7 erklären Sachverhalte aus ultimativer und proximativer Sicht, ohne dabei unangemessene finale Begründungen zu nutzen,

K8 unterscheiden zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen,

K9 nutzen geeignete Darstellungsformen für biologische Sachverhalte und überführen diese ineinander,

K10 verarbeiten sach-, adressaten- und situationsgerecht Informationen zu biologischen Sachverhalten.

### *Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren*

Die Schülerinnen und Schüler

- K11 präsentieren biologische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien,
- K12 prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate,
- K13 tauschen sich mit anderen konstruktiv über biologische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus und vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt,
- K14 argumentieren wissenschaftlich zu biologischen Sachverhalten kriterien- und evidenzbasiert sowie situationsgerecht.

### **Bewertungskompetenz**

#### *Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen*

Die Schülerinnen und Schüler

- B1 analysieren Sachverhalte im Hinblick auf ihre Bewertungsrelevanz,
- B2 betrachten Sachverhalte aus unterschiedlichen Perspektiven,
- B3 unterscheiden deskriptive und normative Aussagen,
- B4 identifizieren Werte, die normativen Aussagen zugrunde liegen,
- B5 beurteilen Quellen hinsichtlich ihrer Herkunft und in Bezug auf spezifische Interessenlagen,
- B6 beurteilen Möglichkeiten und Grenzen biologischer Sichtweisen.

#### *Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen*

Die Schülerinnen und Schüler

- B7 stellen Bewertungskriterien auf, auch unter Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte,
- B8 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie ab,
- B9 bilden sich kriteriengeleitet Meinungen und treffen Entscheidungen auf der Grundlage von Sachinformationen und Werten.

#### *Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren*

Die Schülerinnen und Schüler

- B10 reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen,
- B11 reflektieren den Prozess der Bewertung aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive,
- B12 beurteilen und bewerten Auswirkungen von Anwendungen der Biologie im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer, politischer und sozialer Perspektive.

## 2.3.1 Grundkurs

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für die Qualifikationsphase **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

- Neurobiologie
- Stoffwechselphysiologie
- Ökologie
- Genetik und Evolution

Bezieht man übergeordnete Kompetenzerwartungen (Kap. 2.3) sowie die unten aufgeführten **inhaltlichen Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden **konkretisierten Kompetenzerwartungen**:

### Inhaltsfeld Neurobiologie

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlagen der Informationsverarbeitung

- Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Erregungsleitung
- Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, Stoffeinwirkung an Synapsen, neuromuskuläre Synapse

Fachliche Verfahren

- Potenzialmessungen

### Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12),
- erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6).

### Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3),
- erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14),
- vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).

### Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).

### Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten

Struktur und Funktion:

Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein

Stoff- und Energieumwandlung:

Energiebedarf des neuronalen Systems

Information und Kommunikation:

Codierung und Decodierung von Information an Synapsen

Steuerung und Regelung:

Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotenzialen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren

## **Inhaltsfeld Stoffwechselphysiologie**

### *Inhaltliche Schwerpunkte:*

#### Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen

- Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel, Stoffwechselregulation auf Enzymebene
- Stofftransport zwischen Kompartimenten
- Chemiosmotische ATP-Bildung
- Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP-ADP-System

#### Aufbauender Stoffwechsel

- Funktionale Anpassungen: Blattaufbau, Feinbau Chloroplast, Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum
- Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren
- Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration
- Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen

#### Abbauender Stoffwechsel

- Feinbau Mitochondrium
- Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette

#### Fachliche Verfahren

- Chromatografie

### **Sachkompetenz**

#### Die Schülerinnen und Schüler

- erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4–6, E3, K6–8),
- erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9),
- stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).

### **Erkenntnisgewinnungskompetenz**

#### Die Schülerinnen und Schüler

- erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13),
- analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11),
- erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12).

### **Bewertungskompetenz**

#### Die Schülerinnen und Schüler

- nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9).

### **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten**

#### Struktur und Funktion:

Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle

#### Stoff- und Energieumwandlung:

Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

#### Steuerung und Regelung:

Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels

#### Individuelle und evolutive Entwicklung:

Zelldifferenzierung bei fotosynthetisch aktiven Zellen

## **Inhaltsfeld Ökologie**

### *Inhaltliche Schwerpunkte:*

#### Grundlegende Zusammenhänge in Ökosystemen

- Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren
- Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven, ökologische Potenz
- Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf, Nahrungsnetz
- Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen
- Ökologische Nische

#### Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität

- Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts
- Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität

#### Fachliche Verfahren

- Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal

## **Sachkompetenz**

### Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8),
- erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8),
- analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).

## **Erkenntnisgewinnungskompetenz**

### Die Schülerinnen und Schüler

- untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1–3, E9, E13),
- analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–8),
- bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8),
- analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S7, E12, E14, K2, K5).

## **Bewertungskompetenz**

### Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10),
- erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12).

## **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten**

### Struktur und Funktion:

Kompartimentierung im Ökosystemen

### Stoff- und Energieumwandlung:

Stoffkreisläufe in Ökosystemen

### Steuerung und Regelung:

Positive und negative Rückkopplung ermöglichen physiologische Toleranz

### Individuelle und evolutive Entwicklung:

Angepasstheit an abiotische und biotische Umweltfaktoren

## **Inhaltsfeld Genetik und Evolution**

### *Inhaltliche Schwerpunkte:*

#### Molekulargenetische Grundlagen des Lebens

- Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation
- Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung
- Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen
- Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie

#### Entstehung und Entwicklung des Lebens

- synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift, adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness, Koevolution, Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen
- Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation, molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale

### **Sachkompetenz**

#### Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6),
- erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11),
- erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8),
- begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7),
- erläutern die Anpasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8),
- erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7).

### **Erkenntnisgewinnungskompetenz**

#### Die Schülerinnen und Schüler

- leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10),
- analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8),
- deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8),
- analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).

### **Bewertungskompetenz**

#### Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen (S1, K14, B3, B7–9, B11),
- begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–17, K4, K13, B1, B2, B5).

## **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten**

Struktur und Funktion:

Kompartimentierung bei der eukaryotischen Proteinbiosynthese

Stoff- und Energieumwandlung:

Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese

Information und Kommunikation:

Codierung und Decodierung von Informationen bei der Proteinbiosynthese

Steuerung und Regelung:

Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität

Individuelle und evolutive Entwicklung:

Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

## 2.3.2 Leistungskurs

Die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler sollen im Rahmen der Behandlung der nachfolgenden, für die Qualifikationsphase **obligatorischen Inhaltsfelder** entwickelt werden:

- Neurobiologie
- Stoffwechselphysiologie
- Ökologie
- Genetik und Evolution

Bezieht man übergeordnete Kompetenzerwartungen (Kap. 2.3) sowie die unten aufgeführten **inhaltlichen Schwerpunkte** aufeinander, so ergeben sich die nachfolgenden **konkretisierten Kompetenzerwartungen**:

### Inhaltsfeld Neurobiologie

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlagen der Informationsverarbeitung

- Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Erregungsleitung, primäre und sekundäre Sinneszelle, Rezeptorpotenzial
- Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, Stoffeinwirkung an Synapsen, neuromuskuläre Synapse

Neuronale Plastizität

- Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation
- Zelluläre Prozesse des Lernens
- Störungen des neuronalen Systems

Fachliche Verfahren

- Potenzialmessungen
- Neurophysiologische Verfahren

### Sachkompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12),
- erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6).
- erläutern die Bedeutung der Verrechnung von Potenzialen für die Erregungsleitung (S2, K11),
- erläutern das Prinzip der Signaltransduktion bei primären und sekundären Sinneszellen (S2, K6, K10),
- erläutern synaptische Plastizität auf der zellulären Ebene und leiten ihre Bedeutung für den Prozess des Lernens ab (S2, S6, E12, K1),
- beschreiben die Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung am Beispiel der Stressreaktion (S2, S6).

### Erkenntnisgewinnungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3),
- erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14),
- vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).

### Bewertungskompetenz

Die Schülerinnen und Schüler

- nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).
- analysieren die Folgen einer neuronalen Störung aus individueller und gesellschaftlicher Perspektive (S3, K1–4, B2, B6).

## **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten**

Struktur und Funktion:

Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein

Stoff- und Energieumwandlung:

Energiebedarf des neuronalen Systems

Information und Kommunikation:

Codierung und Decodierung von Information an Synapsen

Steuerung und Regelung:

Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotenzialen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren

## **Inhaltsfeld Stoffwechselphysiologie**

*Inhaltliche Schwerpunkte:*

Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen

- Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel, Stoffwechselregulation auf Enzymebene
- Stofftransport zwischen Kompartimenten
- Chemiosmotische ATP-Bildung
- Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP-ADP-System

Aufbauender Stoffwechsel

- Funktionale Anpassungen: Blattaufbau, Feinbau Chloroplast, Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Lichtsammelkomplex
- Energetisches Modell der Lichtreaktion
- Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren
- Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration
- Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen
- C<sub>4</sub>-Pflanzen

Abbauender Stoffwechsel

- Feinbau Mitochondrium
- Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette
- Energetisches Modell der Atmungskette
- Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung

Fachliche Verfahren

- Chromatografie
- Tracer-Methode

## **Sachkompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4–6, E3, K6–8),
- erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9),
- vergleichen die Sekundärvorgänge bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen und erklären sie mit der Anpassung an unterschiedliche Standortfaktoren (S1, S5, S7, K7),
- stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).
- vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).

## **Erkenntnisgewinnungskompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13),
- analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11),
- erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1-4, E11, E12).
- werten durch die Anwendung von Tracermethoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).

## **Bewertungskompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- beurteilen und bewerten multiperspektivisch Zielsetzungen einer biotechnologisch optimierten Fotosynthese im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung (E17, K2, K13, B2, B7, B12),
- nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9).

## **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten**

Struktur und Funktion:

Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle

Stoff- und Energieumwandlung:

Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Steuerung und Regelung:

Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels

Individuelle und evolutive Entwicklung:

Zelldifferenzierung bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen

## **Inhaltsfeld Ökologie**

*Inhaltliche Schwerpunkte:*

Grundlegende Zusammenhänge in Ökosystemen

- Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren
- Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven, ökologische Potenz
- Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf, Stickstoffkreislauf, Nahrungsnetz
- Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen
- Ökologische Nische
- Fortpflanzungsstrategien: r- und K-Strategien
- Idealierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum

Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität

- Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts
- Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität
- Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt
- Ökologischer Fußabdruck

Fachliche Verfahren

- Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal

## **Sachkompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8),
- erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8),

- analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).

### **Erkenntnisgewinnungskompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1–3, E9, E13),
- interpretieren grafische Darstellungen der Populationsdynamik unter idealisierten und realen Bedingungen auch unter Berücksichtigung von Fortpflanzungsstrategien (S5, E9, E10, E12, K9),
- analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–8),
- bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8),
- analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S7, E12, E14, K2, K5).

### **Bewertungskompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10),
- analysieren Schwierigkeiten der Risikobewertung für hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt unter Berücksichtigung verschiedener Interessenslagen (E15, K10, K14, B1, B2, B5),
- beurteilen anhand des ökologischen Fußabdrucks den Verbrauch endlicher Ressourcen aus verschiedenen Perspektiven (K13, K14, B8, B10, B12),
- erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12).

### **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten**

Struktur und Funktion:

Kompartimentierung im Ökosystemen

Stoff- und Energieumwandlung:

Stoffkreisläufe in Ökosystemen

Steuerung und Regelung:

Positive und negative Rückkopplung ermöglichen physiologische Toleranz

Individuelle und evolutive Entwicklung:

Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren

### **Inhaltsfeld Genetik und Evolution**

*Inhaltliche Schwerpunkte:*

Molekulargenetische Grundlagen des Lebens

- Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation
- Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung, Histonmodifikation, RNA-Interferenz
- Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen
- Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie
- Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin

Entstehung und Entwicklung des Lebens

- synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift, adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness, Koevolution, Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen
- Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation, molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale
- Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten

- Evolution des Menschen und kulturelle Evolution: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen, Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung

#### Fachliche Verfahren

- PCR
- Gelelektrophorese
- Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren

#### Sachkompetenz

##### Die Schülerinnen und Schüler

- erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6),
- erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11),
- erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8),
- begründen Eigenschaften von Krebszellen mit Veränderungen in Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen (Tumor-Suppressor-Genen) (S3, S5, S6, E12),
- begründen den Einsatz der personalisierten Medizin in der Krebstherapie (S4, S6, E14, K13),
- begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7),
- erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8),
- erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7).

#### Erkenntnisgewinnungskompetenz

##### Die Schülerinnen und Schüler

- leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10),
- deuten Ergebnisse von Experimenten zum Ablauf der Proteinbiosynthese (u. a. zur Entschlüsselung des genetischen Codes) (S4, E9, E12, K2, K9),
- erläutern die Genregulation bei Eukaryoten durch RNA-Interferenz und Histonmodifikation anhand von Modellen (S5, S6, E4, E5, K1, K10),
- erläutern PCR und Gelelektrophorese unter anderem als Verfahren zur Feststellung von Genmutationen (S4, S6, E8–10, K11),
- analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8),
- deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8),
- analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8),
- deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8),
- analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11),
- erläutern datenbasiert das Fortpflanzungsverhalten von Primaten auch unter dem Aspekt der Fitnessmaximierung (S3, S5, E3, E9, K7),
- diskutieren wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution auch unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit (S4, E9, E12, E15, K7, K8),
- analysieren die Bedeutung der kulturellen Evolution für soziale Lebewesen (E9, E14, K7, K8, B2, B9).

## **Bewertungskompetenz**

Die Schülerinnen und Schüler

- bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen (S1, K14, B3, B7–9, B11),
- erklären die Herstellung rekombinanter DNA und nehmen zur Nutzung gentechnisch veränderter Organismen Stellung (S1, S8, K4, K13, B2, B3, B9, B12),
- begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–17, K4, K13, B1, B2, B5).

## **Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten**

Struktur und Funktion:

Kompartimentierung bei der eukaryotischen Proteinbiosynthese

Stoff- und Energieumwandlung:

Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese

Information und Kommunikation:

Codierung und Decodierung von Informationen bei der Proteinbiosynthese

Steuerung und Regelung:

Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität

Individuelle und evolutive Entwicklung:

Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

### 3 Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung

Erfolgreiches Lernen ist kumulativ. Entsprechend sind die Kompetenzerwartungen im Kernlehrplan in der Regel in ansteigender Progression und Komplexität formuliert. Dies erfordert, dass Lernerfolgsüberprüfungen darauf ausgerichtet sein müssen, Schülerinnen und Schülern Gelegenheit zu geben, Kompetenzen, die sie in den vorangegangenen Jahren erworben haben, wiederholt und in wechselnden Zusammenhängen unter Beweis zu stellen. Für Lehrerinnen und Lehrer sind die Ergebnisse der begleitenden Diagnose und Evaluation des Lernprozesses sowie des Kompetenzerwerbs Anlass, die Zielsetzungen und die Methoden ihres Unterrichts zu überprüfen und ggf. zu modifizieren. Für die Schülerinnen und Schüler sollen ein den Lernprozess begleitendes Feedback sowie Rückmeldungen zu den erreichten Lernständen eine Hilfe für die Selbsteinschätzung sowie eine Ermutigung für das weitere Lernen darstellen. Die Beurteilung von Leistungen soll demnach grundsätzlich mit der Diagnose des erreichten Lernstandes und Hinweisen zum individuellen Lernfortschritt verknüpft sein.

Die Leistungsbewertung ist so anzulegen, dass sie den in den Fachkonferenzen gemäß Schulgesetz beschlossenen Grundsätzen entspricht, dass die Kriterien für die Notengebung den Schülerinnen und Schülern transparent sind und die Korrekturen sowie die Kommentierungen den Lernenden auch Erkenntnisse über die individuelle Lernentwicklung ermöglichen. Dazu gehören – neben der Etablierung eines angemessenen Umgangs mit eigenen Stärken, Entwicklungsnotwendigkeiten und Fehlern – insbesondere auch Hinweise zu individuell erfolgversprechenden allgemeinen und fachmethodischen Lernstrategien.

Im Sinne der Orientierung an den zuvor formulierten Anforderungen sind grundsätzlich alle in Kapitel 2 des Lehrplans ausgewiesenen Kompetenzbereiche (Sachkompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz, Bewertungskompetenz) und die Basiskonzepte bei der Leistungsbewertung angemessen zu berücksichtigen. Überprüfungsformen schriftlicher, mündlicher und fachpraktischer Art, wie zum Ende dieses Kapitels skizziert, sollen deshalb darauf ausgerichtet sein, die Erreichung der in Kapitel 2 aufgeführten Kompetenzen und Inhalte zu überprüfen. Ein isoliertes, lediglich auf Reproduktion angelegtes Abfragen einzelner Daten und Sachverhalte allein kann dabei den zuvor formulierten Ansprüchen an die Leistungsfeststellung nicht gerecht werden.

Die rechtlich verbindlichen Grundsätze der Leistungsbewertung sind im Schulgesetz sowie in der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe (APO-GOST) dargestellt. Demgemäß sind bei der Leistungsbewertung von Schülerinnen und Schülern erbrachte Leistungen in den Beurteilungsbereichen „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“ sowie „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ entsprechend den in der APO-GOST angegebenen Gewichtungen zu berücksichtigen. Dabei bezieht sich die Leistungsbewertung insgesamt auf die im Zusammenhang mit dem Unterricht erworbenen Kompetenzen und Inhalten und nutzt unterschiedliche Formen der Lernerfolgsüberprüfung. Hinsichtlich der einzelnen Beurteilungsbereiche sind die folgenden Regelungen zu beachten.

#### **Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten/Klausuren“**

Für den Einsatz in Klausuren kommen Aufgabenarten in Betracht, wie sie in Kapitel 4 aufgeführt sind. Neben materialgebundenen Aufgaben sind nach Möglichkeit auch fachpraktische Aufgaben im Verlauf der gymnasialen Oberstufe zu bearbeiten, so dass die Schülerinnen und Schüler damit vertraut sind und hinreichend Gelegenheit zur Anwendung hatte.

Über ihre unmittelbare Funktion als Instrument der Leistungsbewertung hinaus sollen Klausuren im Laufe der gymnasialen Oberstufe auch zunehmend auf die inhaltlichen und formalen Anforderungen des schriftlichen Teils der Abiturprüfungen vorbereiten. Dazu gehört u. a. die Schaffung angemessener Transparenz im Zusammenhang mit einer kriteriengeleiteten Bewertung unter Berücksichtigung der drei Anforderungsbereiche. Beispiele für Prüfungsaufgaben und Auswertungskriterien sowie Konstruktionsvorgaben und Operatorenübersichten können im Internet auf den Seiten des Bildungsportals unter [www.schulministerium.nrw](http://www.schulministerium.nrw) abgerufen werden.

Da in Klausuren neben der Verdeutlichung des fachlichen Verständnisses auch die Darstellung bedeutsam ist, muss diesem Sachverhalt bei der Leistungsbewertung gemäß APO-GOST hinreichend Rechnung getragen werden. Abzüge für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit sollen allerdings nicht erfolgen, wenn diese bereits bei der Darstellungsleistung fachspezifisch berücksichtigt wurden.

In der Qualifikationsphase trägt zudem eine komplexe Leistungsüberprüfung (u. a. Facharbeit, Projektkurs) dazu bei, die Schülerinnen und Schüler mit den Prinzipien und Formen selbstständigen, wissenschaftspropädeutischen Lernens vertraut zu machen.

### **Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“**

Im Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ können – neben den nachfolgend aufgeführten – weitere Überprüfungsformen zum Einsatz kommen. Im Rahmen der Leistungsbewertung gelten auch für diese die oben ausgeführten allgemeinen Ansprüche der Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung. Im Verlauf der gymnasialen Oberstufe ist auch in diesem Beurteilungsbereich sicherzustellen, dass Formen, die im Rahmen der Abiturprüfungen – insbesondere in den mündlichen Prüfungen – von Bedeutung sind, frühzeitig vorbereitet und angewendet werden.

Zu den Bestandteilen der „Sonstigen Leistungen im Unterricht/Sonstigen Mitarbeit“ zählen u. a. unterschiedliche Formen der selbstständigen und kooperativen Aufgabenerfüllung, Beiträge zum Unterricht, von der Lehrkraft abgerufene Leistungsnachweise wie z. B. die schriftliche Übung, von der Schülerin oder dem Schüler vorbereitete, in abgeschlossener Form eingebrachte Elemente zur Unterrichtsarbeit, die z. B. in Form von Präsentationen, Protokollen, Referaten und Portfolios möglich werden. Schülerinnen und Schüler bekommen durch die Verwendung unterschiedlicher Überprüfungsformen vielfältige Möglichkeiten, ihre eigene Kompetenzentwicklung darzustellen und zu dokumentieren.

Der Bewertungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht/Sonstige Mitarbeit“ erfasst die im Unterrichtsgeschehen durch mündliche, schriftliche und ggf. praktische Beiträge sichtbare Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler. Der Stand der Kompetenzentwicklung in der „Sonstigen Mitarbeit“ wird sowohl durch Beobachtung während des Schuljahres (Prozess der Kompetenzentwicklung) als auch durch punktuelle Überprüfungen (Stand der Kompetenzentwicklung) festgestellt.

Die Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans ermöglichen eine Vielzahl von Überprüfungsformen. Im Verlauf der gesamten gymnasialen Oberstufe soll – auch mit Blick auf die individuelle Förderung – ein möglichst breites Spektrum verschiedener Formen in schriftlichen, mündlichen oder fachpraktischen Kontexten zum Einsatz kommen. Wichtig für die Nutzung der Überprüfungsformen im Rahmen der Leistungsbewertung ist es, dass sich die Schülerinnen und Schüler zuvor im Rahmen von Anwendungssituationen hinreichend mit diesen vertraut machen konnten.

Die nachfolgenden Überprüfungsformen sind verbindlich an geeigneten Stellen im Unterricht einzusetzen. Darüber hinaus sind weitere Überprüfungsformen zulässig.

### **Experimentelle und fachpraktische Aufgaben**

Aufgabenstellungen, die sich auf Experimente beziehen, werden in besonderem Maße den Zielsetzungen des wissenschaftspropädeutischen Biologieunterrichts gerecht. Diese können auch Bestandteil von fachpraktischen Aufgaben sein. Neben Formulierung einer Fragestellung, der hypothesengeleiteten Planung, Durchführung und Auswertung liegt in diesem Zusammenhang ein weiteres Augenmerk auf der Dokumentation. Experimentelles Arbeiten umfasst die qualitative und/oder quantitative Untersuchung von Zusammenhängen auch im Rahmen von Untersuchungen oder Feldstudien.

### **Analyseaufgaben**

Analyseaufgaben können sich beispielsweise aus experimentellen Aufgaben ergeben, indem gewonnene Daten oder Messreihen ausgewertet und zur Überprüfung oder Generierung von Hypothesen bzw. Modellen genutzt werden. Die Auswertung und Evaluation experimentell gewonnener Daten geht auch mit der Reflexion des Versuchsplans und der systematischen sowie der individuellen Fehler einher. Die Analyse und Interpretation von Daten im Hinblick auf Trends und Gesetzmäßigkeiten führt zur Beantwortung biologischer Fragestellungen.

### **Präsentationsaufgaben**

Präsentationsaufgaben lassen sich in vielfältigen Formen einsetzen und reichen von einfachen Vorträgen bzw. Referaten bis hin zur Erstellung und Darbietung von Medienbeiträgen oder der Durchführung von Diskussionen. Im Rahmen von Präsentationen spielen auch immer Recherche- und Darstellungsaspekte eine bedeutende Rolle.

## **Darstellungsaufgaben**

Mittels Darstellungsaufgaben erfolgt ein strukturiertes Beschreiben, Darstellen und/oder Erklären eines biologischen Phänomens, Konzepts oder Sachverhalts, wobei auch Modelle zum Einsatz kommen können. Darstellungsaufgaben beziehen sich auf die Beschreibung und Erläuterung von Tabellen, Grafiken und Diagrammen. Werden komplexe Zusammenhänge und Sachverhalte durch geeignete graphische Darstellungsformen zusammengefasst oder Informationen aus einer Darstellungsform in eine andere überführt, kommt der Charakter von Darstellungsaufgaben ebenfalls zum Tragen. Das Verfassen fachlicher Texte erfolgt adressaten- und anlassbezogen.

## **Bewertungs-/ Beurteilungsaufgaben**

Das Fach Biologie trägt zur Entwicklung von Wertvorstellungen, Meinungsbildung und Entscheidungsfindung bei. Dabei ist in auftretenden Problemsituationen die Unterscheidung von Werten, Normen und Fakten wichtig. Die Benennung von Handlungsoptionen erfolgt aus der Beachtung verschiedener Perspektiven. Umstrittene Sachverhalte oder Medienbeiträge werden unter fachlichen Gesichtspunkten überprüft.

## 4 Abiturprüfung

Die allgemeinen Regelungen zur schriftlichen und mündlichen Abiturprüfung, mit denen zugleich die Vereinbarungen der Kultusministerkonferenz umgesetzt werden (u.a. Bildungsstandards), basieren auf dem Schulgesetz sowie dem entsprechenden Teil der Ausbildungs- und Prüfungsordnung für die gymnasiale Oberstufe. Fachlich beziehen sich alle Teile der Abiturprüfung auf die in Kapitel 2 dieses Kernlehrplans für das Ende der Qualifikationsphase ausgewiesenen Lernergebnisse. Bei der Lösung schriftlicher wie mündlicher Abituraufgaben sind generell Kompetenzen und Inhalte nachzuweisen, die im Unterricht der gesamten Qualifikationsphase erworben wurden und deren Erwerb in vielfältigen Zusammenhängen angelegt wurde.

Die jährlichen „Vorgaben für die schriftlichen Abiturprüfungen“ (Abiturvorgaben), die im Internet auf den Seiten des Bildungsportals unter [www.schulministerium.nrw](http://www.schulministerium.nrw) abrufbar sind, konkretisieren den Kernlehrplan, soweit dies für die Schaffung landesweit einheitlicher Bezüge für die zentral gestellten Abiturklausuren erforderlich ist. Die Verpflichtung zur Umsetzung des gesamten Kernlehrplans bleibt hiervon unberührt.

Im Hinblick auf die Anforderungen im schriftlichen und mündlichen Teil der Abiturprüfungen ist grundsätzlich von einer Strukturierung in drei Anforderungsbereiche auszugehen, die die Transparenz bezüglich des Selbstständigkeitsgrades der erbrachten Prüfungsleistung erhöhen soll.

- Anforderungsbereich I umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang, die Verständnissicherung sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.
- Anforderungsbereich II umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte.
- Anforderungsbereich III umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Schülerinnen und Schüler selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.

Für alle Fächer gilt, dass die Aufgabenstellungen in schriftlichen und mündlichen Abiturprüfungen alle Anforderungsbereiche berücksichtigen müssen, der Anforderungsbereich II aber den Schwerpunkt bildet.

Fachspezifisch ist die Ausgestaltung der Anforderungsbereiche an den Kompetenzerwartungen und Inhalten der jeweiligen Kursart zu orientieren. Für die Aufgabenstellungen werden die für Abiturprüfungen geltenden Operatoren des Faches verwendet.

Die Bewertung der Prüfungsleistung erfolgt jeweils auf einer zuvor festgelegten Grundlage, die im schriftlichen Abitur aus dem zentral vorgegebenen kriteriellen Bewertungsraster, im mündlichen Abitur aus dem im Fachprüfungsausschuss abgestimmten Erwartungshorizont besteht.

Übergreifende Bewertungskriterien für die erbrachten Leistungen sind

- die Komplexität der Gegenstände,
- die sachliche Richtigkeit und die Schlüssigkeit der Aussagen,
- die Vielfalt der Gesichtspunkte und ihre jeweilige Bedeutsamkeit,
- die Differenziertheit des Verstehens und Darstellens,
- das Herstellen geeigneter Zusammenhänge,
- die Eigenständigkeit der Auseinandersetzung mit Sachverhalten und Problemstellungen,
- die argumentative Begründung eigener Urteile, Stellungnahmen und Wertungen,
- die Selbstständigkeit und Klarheit in Aufbau und Sprache,
- die Sicherheit im Umgang mit Fachsprache und -methoden sowie
- die Erfüllung standardsprachlicher Normen.

Hinsichtlich der einzelnen Prüfungsteile sind die folgenden Regelungen zu beachten:

## Schriftliche Abiturprüfung

Die Aufgaben für die schriftliche Abiturprüfung werden landesweit zentral gestellt.

Alle Aufgaben entsprechen den öffentlich zugänglichen Konstruktionsvorgaben und nutzen die fachspezifische Operatorenübersicht. Beispiele für Abiturklausuren sind im Internet auf den Seiten des Bildungsportals unter [www.schulministerium.nrw](http://www.schulministerium.nrw) abrufbar. Für die schriftliche Abiturprüfung enthalten die aufgabenbezogenen Unterlagen für die Lehrkraft jeweils Hinweise zu Aufgabenart und zugelassenen Hilfsmitteln, die Aufgabenstellung, die Materialgrundlage, die Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Abiturvorgaben, die Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen sowie den Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit. Die Anforderungen an die zu erbringenden Klausurleistungen werden durch das zentral gestellte kriterielle Bewertungsraster definiert.

Die Bewertung erfolgt über Randkorrekturen sowie das ausgefüllte Bewertungsraster, mit dem die Gesamtleistung dokumentiert wird.

Fachspezifisch gelten darüber hinaus die nachfolgenden Regelungen: Für die Prüfung im Fach Biologie sind analog zu den Bildungsstandards folgende **Aufgabenarten** zulässig:

- Aufgabenart I: Materialgebundene Aufgabe (ggf. mit Bearbeitung eines Demonstrationsexperiments)
- Aufgabenart II: Fachpraktische Aufgabe

Mischformen der genannten Aufgabenarten sind möglich. Eine ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgabenstellung, d. h. eine Aufgabe ohne Material- oder Experimentbezug, ist nicht zulässig.

Wenn die Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung fachpraktische Anteile enthalten, kann sich die Arbeitszeit erhöhen. Der zusätzliche Zeitaufwand wird verbindlich in der Aufgabe ausgewiesen.

Weitergehende Regelungen finden sich an entsprechender Stelle in der APO GOST.

## Mündliche Abiturprüfung

Die Aufgaben für die mündliche Abiturprüfung werden dezentral durch die Fachprüferin bzw. den Fachprüfer – im Einvernehmen mit dem jeweiligen Fachprüfungsausschuss – gestellt. Dabei handelt es sich um jeweils neue, begrenzte Aufgaben, die dem Prüfling einschließlich der ggf. notwendigen Texte und Materialien für den ersten Teil der mündlichen Abiturprüfung in schriftlicher Form vorgelegt werden. Die Aufgaben für die mündliche Abiturprüfung insgesamt sind so zu stellen, dass sie hinreichend breit angelegt sind und sich nicht ausschließlich auf den Unterricht eines Kurshalbjahres beschränken.

Die Berücksichtigung aller Anforderungsbereiche soll eine Beurteilung ermöglichen, die das gesamte Notenspektrum umfasst. Auswahlmöglichkeiten für die Schülerin bzw. den Schüler bestehen nicht. Der Erwartungshorizont ist zuvor mit dem Fachprüfungsausschuss abzustimmen.

Der Prüfling soll in der Prüfung, die in der Regel mindestens 20, höchstens 30 Minuten dauert, in einem ersten Teil selbstständig die vorbereiteten Ergebnisse zur gestellten Aufgabe in zusammenhängendem Vortrag präsentieren. In einem zweiten Teil sollen vor allem größere fachliche und fachübergreifende Zusammenhänge in einem Prüfungsgespräch angesprochen werden. Es ist nicht zulässig, zusammenhanglose Einzelfragen aneinanderzureihen.

Bei Bewertung mündlicher Prüfungen liegen der im Fachprüfungsausschuss abgestimmte Erwartungshorizont sowie die eingangs dargestellten übergreifenden Kriterien zugrunde. Die Prüferin oder der Prüfer schlägt dem Fachprüfungsausschuss eine Note, ggf. mit Tendenz, vor. Die Mitglieder des Fachprüfungsausschusses stimmen über diesen Vorschlag ab.

Fachspezifisch gelten darüber hinaus die nachfolgenden Regelungen:

Die Aufgabenarten stimmen mit denen der schriftlichen Abiturprüfung überein. Doch ist bei der Aufgabenstellung zu bedenken, dass die Dauer der Vorbereitungszeit in der mündlichen Prüfung deutlich kürzer als in der schriftlichen Abiturprüfung ist. Die Aufgabe für den ersten Prüfungsteil enthält daher Material von geringerem Umfang und weniger komplexe Aufgabenstellungen als die Aufgabe der schriftlichen Prüfung.

Wenn in den Aufgaben des ersten Prüfungsteils der mündlichen Abiturprüfung im Rahmen einer materialgebundenen Aufgabe ein Demonstrationsexperiment vorgesehen ist, ist dieses vorher aufzubauen und vor Beginn der Vorbereitungszeit in Anwesenheit des Prüflings durchzuführen.

Für den Fall, dass in den Aufgaben der mündlichen Abiturprüfung im ersten Prüfungsteil eine fachpraktische Aufgabe vorgesehen ist, kann die Vorbereitungszeit angemessen verlängert werden.

## **Besondere Lernleistung**

Schülerinnen und Schüler können in die Gesamtqualifikation eine besondere Lernleistung einbringen, die im Rahmen oder Umfang eines mindestens zwei Halbjahre umfassenden Kurses erbracht wird. Grundlage einer besonderen Lernleistung kann ein bedeutender Beitrag aus einem von den Ländern geförderten Wettbewerb, die Ergebnisse des Projektkurses oder eines abgeschlossenen fachlichen oder fachübergreifenden Projektes gelten.

Die Absicht, eine besondere Lernleistung zu erbringen, muss spätestens zu Beginn des zweiten Jahres der Qualifikationsphase bei der Schule angezeigt werden. Die Schulleiterin oder der Schulleiter entscheidet in Abstimmung mit der Lehrkraft, die als Korrektor vorgesehen ist, ob die vorgesehene Arbeit als besondere Lernleistung zugelassen werden kann. Die Arbeit ist spätestens bis zur Zulassung zur Abiturprüfung abzugeben, nach den Maßstäben und dem Verfahren für die Abiturprüfung zu korrigieren und zu bewerten. Ein Rücktritt von der besonderen Lernleistung muss bis zur Entscheidung über die Zulassung zur Abiturprüfung erfolgt sein.

In einem Kolloquium von in der Regel 30 Minuten, das im Zusammenhang mit der Abiturprüfung nach Festlegung durch die Schulleitung stattfindet, stellt der Prüfling vor einem Fachprüfungsausschuss die Ergebnisse der besonderen Lernleistung dar, erläutert sie und antwortet auf Fragen. Die Endnote wird aufgrund der insgesamt in der besonderen Lernleistung und im Kolloquium erbrachten Leistungen gebildet; eine Gewichtung der Teilleistungen findet nicht statt. Bei Arbeiten, an denen mehrere Schülerinnen und Schüler beteiligt werden, muss die individuelle Schülerleistung erkennbar und bewertbar sein.

Fachspezifisch gelten darüber hinaus die nachfolgenden Regelungen.

Grundlage einer besonderen Lernleistung in Biologie kann zum Beispiel die experimentelle Bearbeitung und Umsetzung einer Fragestellung mit Auswertung und Interpretation sein ebenso wie eine theoretisch-analytische Arbeit, bei der eine wissenschaftliche Theorie – auch historisch – bearbeitet wird. Solche Leistungen können auch im Rahmen eines Projektkurses entstehen. Ebenso kann ein umfassender Beitrag im Rahmen der Teilnahme an qualifizierten Wettbewerben Grundlage einer besonderen Lernleistung sein.

## 5 Übersicht über die ausführlichen Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase

<b>UV Z1: Aufbau und Funktion der Zelle</b> <b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b> Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> Lichtmikroskopie, Präparation und wissenschaftliche Zeichnungen werden praktisch durchgeführt	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Aufbau der Zelle, Fachliche Verfahren: Mikroskopie <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>– Informationen erschließen (K)</li> </ul> Informationen aufbereiten (K)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle</li> </ul> Individuelle und evolutive Entwicklung: Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mikroskopie</li> <li>– prokaryotische Zelle</li> <li>– eukaryotische Zelle</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vergleichen den Aufbau von prokaryotischen und eukaryotischen Zellen (S1, S2, K1, K2, K9).</li> <li>– begründen den Einsatz unterschiedlicher mikroskopischer Techniken für verschiedene Anwendungsgebiete (S2, E2, E9, E16, K6).</li> </ul>	<p><b>Welche Strukturen können bei prokaryotischen und eukaryotischen Zellen mithilfe verschiedener mikroskopischer Techniken sichtbar gemacht werden?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Vergleich eines probiotischen Getränks und des Bodensatzes von Hefeweizen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I: Pflanzenzelle, Tierzelle, Bakterienzelle</li> <li>– Vergleich der Zellgrößen durch Mikroskopieren verschiedener Präparate von Prokaryoten u. Eukaryoten mit dem LM (S1)</li> <li>– Recherche in analogen sowie digitalen Medien etwa zu Zellgrößen bei Bakterien, Einzellern u. anderen eukaryotischen Zellen (K1, K2)</li> <li>– Vergleich des Grundbauplans von pro- u. eukaryotischen Zellen unter Berücksichtigung der Kompartimentierung (Basiskonzept Struktur und Funktion) (S2)</li> <li>– Erläuterung des Verfahrens der LM u. Begründung der Grenzen lichtmikroskopischer Auflösung (K6)</li> <li>– Ableitung der Unterschiede zw. Licht- und Fluoreszenz- sowie Elektronenmikroskopie in Bezug auf technische Entwicklung, Art des eingesetzten Präparates, erreichte Vergrößerung und Begründung der unterschiedlichen Einsatzgebiete in der Zellbiologie (E2, E9, K9)</li> <li>– Reflexion der Wissensproduktion zum Beispiel unter Berücksichtigung möglicher Artefakte bei der Elektronenmikroskopie (E16)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– eukaryotische Zelle: Zusammenwirken von Zellbestandteilen, Kompartimentierung, Endosymbiontentheorie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären Bau und Zusammenwirken der Zellbestandteile eukaryotischer Zellen und erläutern die Bedeutung der Kompartimentierung (S2, S5, K5, K10).</li> </ul>	<p><b>Wie ermöglicht das Zusammenwirken der einzelnen Zellbestandteile die Lebensvorgänge in einer Zelle?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>„System Zelle“ – Die Zelle als kleinste lebensfähige Einheit [1]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I: Kennzeichen des Lebendigen</li> <li>– Erläuterung von Aufbau und Funktion von verschiedenen Zellbestandteilen pflanzlicher und tierischer Zellen anhand von Modellen und elektronenmikroskopischen Aufnahmen (S2, K10)</li> <li>– Erklärung des Zusammenwirkens von Organellen, die am Membranfluss beteiligt sind (K5)</li> <li>– Vergleich des Aufbaus von Mitochondrien und Chloroplasten und Ableitung der jeweiligen Kompartimente (S2)</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung der Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle (Basiskonzept Struktur und Funktion) auch im Hinblick auf gegenläufige Stoffwechselprozesse (S5)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– eukaryotische Zelle: Zusammenwirken von Zellbestandteilen, Kompartimentierung, Endosymbiontentheorie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern theoriegeleitet den prokaryotischen Ursprung von Mitochondrien und Chloroplasten (E9, K7).</li> </ul>	<p><b>Welche Erkenntnisse über den Bau von Mitochondrien und Chloroplasten stützen die Endosymbiontentheorie?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Mitochondrien und Chloroplasten – Nachfahren von Prokaryoten?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse der Besonderheiten von Mitochondrien und Chloroplasten (äußere und innere Membran, Vermehrung durch Teilung, Genom, Ribosomen) unter Einbezug proximativer Erklärungen und Vergleich mit prokaryotischen Systemen (E9, K7)</li> <li>– modellhafte Darstellung des hypothetischen Ablaufs unter Fokussierung auf der Herkunft der Doppelmembran sowie der Aspekte einer Endosymbiose (E9)</li> <li>– ultimative Erklärung des prokaryotischen Ursprungs der Mitochondrien und Chloroplasten mithilfe der Endosymbiontentheorie (K7)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vielzeller: Zelldifferenzierung und Arbeitsteilung</li> <li>– Mikroskopie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren differenzierte Zelltypen mithilfe mikroskopischer Verfahren (S5, E7, E8, E13, K10).</li> </ul>	<p><b>Welche morphologischen Anpassungen weisen verschiedene Zelltypen von Pflanzen und Tieren in Bezug auf ihre Funktionen auf?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Lichtmikroskopie von differenzierten Tier- und Pflanzenzellen in Geweben</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mikroskopie von Fertigpräparaten verschiedener Tierzellen im Gewebeverband: Muskelzellen, Nervenzellen, Drüsenzellen (E7, E8)</li> <li>– Herstellung von Präparaten und Mikroskopie von ausdifferenzierten Pflanzenzellen: Blattgewebe, Leitgewebe, Festigungsgewebe, Brennhaar (E8)</li> <li>– Analyse der Anpassungen von verschiedenen Laubblättern (Blattquerschnitte von Sonnen- und Schattenblättern, Kiefernadeln, Maisblatt) im Hinblick auf Fotosynthese und Transpiration (K10)</li> <li>– Anfertigung wissenschaftl. Zeichnungen zur Dokumentation u. Interpretation der beobachteten Strukturen unter Berücksichtigung der Anpassung der Zelltypen (Basiskonzept Struktur u. Fkt.) u. Vergleich mit Fotografien (E13)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
			<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reflexion der Systemebenen (Zelle, Gewebe, Organ, Organismus) unter Bezug zur Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung) (S5)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Vielzeller: Zelldifferenzierung und Arbeitsteilung</li> <li>– Mikroskopie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vergleichen einzellige und vielzellige Lebewesen und erläutern die jeweiligen Vorteile ihrer Organisationsform (S3, S6, E9, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche Vorteile haben einzellige und vielzellige Organisationsformen?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Vielfalt der Organisationsformen von Lebewesen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Differenzierung zwischen unterschiedlichen Systemebenen: Moleküle – Zelle – Gewebe – Organ – Organismus (S6)</li> <li>– Erläuterung der unterschiedlichen Organisationsformen innerhalb der <i>Chlamydomonadales</i> (Grünalgen-Reihe) und Ableitung der Eigenschaften von Vielzellern (Arbeitsteilung, Kommunikation, Fortpflanzung) anhand von <i>Volvox</i> [2] (S3, E9)</li> <li>– fakultativ: Differenzierung der Begriffe Einzeller / Bakterien und Darstellung der Vielfalt der Bakterien hinsichtlich der Anpassungen ihres Stoffwechsels an unterschiedliche Lebensräume [3]</li> <li>– Diskussion der Vorteile verschiedener Organisationsformen bei Berücksichtigung der Unterschiede zwischen proximalen und ultimativen Erklärungen sowie funktionalen und kausalen Erklärungen [2] [3] (K7, K8)</li> </ul>

<b>UV Z2: Biomembranen</b> <b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b> Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ggf. Experimente zu den biochemischen Eigenschaften der Stoffgruppen</li> <li>– Experimente zu Diffusion und Osmose</li> </ul>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Biochemie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von osmotischen Vorgängen <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>– Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen</li> </ul> Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffgruppen: Kohlenhydrate, Lipide, Proteine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> </ul>	<b>Wie hängen Strukturen und Eigenschaften der Moleküle des Lebens zusammen?</b> (ca. 5 Ustd.)	Kontext: <b>Moleküle des Lebens – biochemische Grundlagen für die Erklärung zellulärer Phänomene</b> zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung von Vorwissen aus der Chemie → Sek I (Elemente, kovalente Bindungen, polare Bindungen, Wasser als polares Molekül, Ionen)</li> <li>– fakultativ: Planung und Durchführung von Experimenten zur Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser, Ethanol und Waschbenzin zur Ableitung der Begriffsdefinitionen von hydrophil und hydrophob</li> <li>– Erläuterung des Aufbaus und der Eigenschaften von Kohlenhydraten, Lipiden und Proteinen sowie der Nucleinsäuren auch unter Berücksichtigung der Variabilität durch die Kombination von Bausteinen (K6)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Biomembranen: Transport, Prinzip der Signaltransduktion, Zell-Zell-Erkennung</li> <li>– physiologische Anpassungen: Homöostase</li> <li>– Untersuchung von osmotischen Vorgängen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stellen den Erkenntniszuwachs zum Aufbau von Biomembranen durch technischen Fortschritt und Modellierungen an Beispielen dar (E12, E15–17).</li> </ul>	<b>Wie erfolgte die Aufklärung der Struktur von Biomembranen und welche Erkenntnisse führten zur Weiterentwicklung der jeweiligen Modelle?</b> (ca. 6 Ustd.)	Kontext: <b>Modellentwicklung zum Aufbau von Biomembranen [1]</b> zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ableitung des Modells von Gorter &amp; Grendel aus der Analyse von Erythrocyten-Membranen</li> <li>– Erklärung der Veränderungen zum Sandwich-Modell von Davson &amp; Danielli aufgrund chemischer Analysen und elektronenmikroskopischer Bilder von Zellmembranen</li> <li>– Erläuterung des Fluid-Mosaik-Modells anhand folgender Analysen durch Singer &amp; Nicolson und Bestätigung durch die Gefrierbruch-Methode sowie Zellfusions-Experimente von Frye &amp; Edidin</li> <li>– Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Membranmodelle auch anhand selbst hergestellter Membranmodelle (E12)</li> <li>– Reflektion des Erkenntnisgewinnungsprozesses ausgehend vom technischen</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
			Fortschritt der Analyseverfahren und Weiterentwicklung des Membranmodells zum modernen Fluid-Mosaik-Modell (E15–17)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Biomembranen: Transport, Prinzip der Signaltransduktion, Zell-Zell-Erkennung</li> <li>– physiologische Anpassungen: Homöostase Untersuchung von osmotischen Vorgängen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären experimentelle Befunde zu Diffusion und Osmose mithilfe von Modellvorstellungen (E4, E8, E10–14).</li> <li>– erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> <li>– erklären die Bedeutung der Homöostase des osmotischen Werts für zelluläre Funktionen und leiten mögliche Auswirkungen auf den Organismus ab (S4, S6, S7, K6, K10).</li> </ul>	<p><b>Wie können Zellmembranen einerseits die Zelle nach außen abgrenzen und andererseits doch durchlässig für Stoffe sein?</b> (ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Abgrenzung und Austausch – (k)ein Widerspruch?</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Hypothesengeleitete Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten zu Diffusion und Osmose, sodass ausgehend von der Beschreibung der Phänomene anhand von Modellvorstellungen zum Aufbau von Biomembranen die experimentellen Befunde erklärt werden können (E4, E8)</li> <li>– Einbezug von Experimenten zur Diffusion, zur qualitativen und quantitativen Ermittlung von Daten zur Osmose, zur mikroskopischen Analyse osmotischer Prozesse bei in pflanzlichen Geweben (E10, E11, E14)</li> <li>– Erläuterung von Modellvorstellungen zu verschiedenen Transportprozessen durch Biomembranen unter Berücksichtigung von Kanalproteinen, Carrierproteinen und Transport durch Vesikel (S7, E12, E13)</li> <li>– Ableitung der Eigenschaften der Transportsysteme auch im Hinblick auf energetische Aspekte (aktiver und passiver Transport) (S5, K6)</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung zellulärer Transportsysteme am Beispiel von Darmepithelzellen, Drüsenzellen und der Blut-Hirn-Schranke (S6, S7)</li> <li>– Diskussion der Bedeutung der Osmoregulation für Einzeller in Süß- bzw. Salzwasser unter Bezugnahme auf das Basiskonzept Steuerung und Regelung (Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation) und Anwendung auf die Homöostase bei der Osmoregulation von Süß- und Salzwasserfischen (S4, S7, K10)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Biomembranen: Transport, Prinzip der Signaltransduktion, Zell-Zell-Erkennung</li> <li>– physiologische Anpassungen: Homöostase Untersuchung von osmotischen Vorgängen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> </ul>	<p><b>Wie können extrazelluläre Botenstoffe, wie zum Beispiel Hormone, eine Reaktion in der Zelle auslösen?</b> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Signaltransduktion z.B. am Hormon Insulin [2]</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I zur Wirkung des Hormons Insulin auf die Glucosekonzentration im Blut</li> <li>– Erläuterung des Schlüssel-Schloss-Prinzips am Beispiel der Bindung des Insulins an den Insulinrezeptor und Erarbeitung der Signaltransduktion sowie der ausgelösten Signalkette in der Zielzelle (S2, S5)</li> <li>– Ableitung der Auswirkungen des Insulins auf die Glucosekonzentration im Blut unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Information und Kommunikation (Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen) (S6, S7)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Biomembranen: Transport, Prinzip der Signaltransduktion, Zell-Zell-Erkennung</li> <li>– physiologische Anpassungen: Homöostase Untersuchung von osmotischen Vorgängen</li> </ul>		<p><b>Welche Strukturen sind für die Zell-Zell-Erkennung in einem Organismus verantwortlich?</b></p> <p>(ca. 1 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Organtransplantation</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I zur Immunantwort auf körperfremde Organe</li> <li>– Ableitung der Vielzahl von Oberflächenstrukturen einer Zelle aufgrund der Variationsmöglichkeiten von Glykolipiden und Glykoproteinen und Erklärung der Spezifität dieser Oberflächenstrukturen (S2)</li> <li>– Erläuterung der Möglichkeiten der Zell-Zell-Erkennung aufgrund spezifischer Bindung von Oberflächenstrukturen nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip und Unterscheidung zwischen körpereigenen und körperfremden Oberflächenstrukturen (S5, S7)</li> <li>– Diskussion der Bedeutung von Zell-Zell-Erkennung in Bezug auf Reaktionen des Immunsystems sowie die Bildung von Zellkontakten in Geweben unter Berücksichtigung der Basiskonzepte Struktur und Funktion sowie Information und Kommunikation (S5, K6)</li> </ul>

<b>UV Z3: Mitose, Zellzyklus und Meiose</b> <b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b> Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> – ggf. Mikroskopie von Wurzelspitzen ( <i>Allium cepa</i> )	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Genetik der Zelle, Fachliche Verfahren von Familienstammbäumen <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> – Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K) – Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B) – Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) – Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Stoff- und Energieumwandlung: – Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauenden Stoffwechsel	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Mitose: Chromosomen, Cytoskelett – Zellzyklus: Regulation	– erklären die Bedeutung der Regulation des Zellzyklus für Wachstum und Entwicklung (S1, S6, E2, K3).	<b>Wie verläuft eine kontrollierte Vermehrung von Körperzellen?</b> (ca. 6 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Wachstum bei Vielzellern geschieht durch Zellvermehrung und Zellwachstum</b> <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> – Reaktivierung von Vorwissen zur Mitose und zum Zellzyklus (→ Sek I) – fakultativ: Mikroskopieren von Präparaten einer Wurzelspitze von <i>Allium cepa</i> , Vergleich von Chromosomenanordnungen im Zellkern mit modellhaften Abbildungen, Schätzung der Häufigkeit der verschiedenen Phasen (Mitose und Interphase) im Präparat – Erläuterung der Phasen des Zellzyklus, dabei Fokussierung auf die Entstehung genetisch identischer Tochterzellen. Berücksichtigung des Basiskonzepts Struktur und Funktion: Abhängigkeit der Chromatin-Struktur von der jeweiligen Funktion – Erstellung eines Schemas zum Zellzyklus als Kreislauf mit Darstellung des Übergangs von Zellen in die G <sub>0</sub> -Phase. Dabei Unterscheidung der ruhenden Zellen und Beachtung unterschiedlich langer G <sub>0</sub> -Phasen verschiedener Zelltypen: nie wieder sich teilende Zellen (wie Nervenzellen) und Zellen die z. B. nach Verletzung wieder in die G <sub>1</sub> -Phase zurückkehren können – Erläuterung der Regulation des Zellzyklus durch Signaltransduktion: Wachstumsfaktor und wachstumshemmender Faktor wirken an bestimmten Kontrollpunkten des Zellzyklus. (Basiskonzept: Information und Kommunikation), Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung: Kontrolle des Zellzyklus – fakultativ: Bedeutung der Apoptose (programmierter Zelltod)

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen – Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mitose: Chromosomen, Cytoskelett</li> <li>– Zellzyklus: Regulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– begründen die medizinische Anwendung von Zellwachstumshemmern (Zytostatika) und nehmen zu den damit verbundenen Risiken Stellung (S3, K13, B2, B6–9).</li> </ul>	<p><b>Wie kann unkontrolliertes Zellwachstum gehemmt werden und welche Risiken sind mit der Behandlung verbunden?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Behandlung von Tumoren mit Zytostatika</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Definition des Krankheitsbildes Krebs und Bedeutung von Tumoren [1]</li> <li>– Recherche zu einem Zytostatikum und Erstellung eines Infoblattes mit Wirkmechanismus und Nebenwirkungen zur Erläuterung der Wirkungsweise (das Infoblatt sollte auch fachübergreifende Aspekte beinhalten) [2]</li> <li>– konstruktiver Austausch über die Ergebnisse, Fokussierung auf die unspezifische Wirkung von Zytostatika (→ Ausblick auf Möglichkeiten personalisierter Medizin) (K13)</li> <li>– Abschätzung von Nutzen und Risiken einer Zytostatikatherapie basierend auf den erhaltenen Ergebnissen, dabei sollen unterschiedliche Perspektiven eingenommen und Handlungsoptionen berücksichtigt werden (B8)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mitose: Chromosomen, Cytoskelett</li> <li>– Zellzyklus: Regulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– diskutieren kontroverse Positionen zum Einsatz von embryonalen Stammzellen (K1-4, B1–6, B10–12).</li> </ul>	<p><b>Welche Ziele verfolgt die Forschung mit embryonalen Stammzellen und wie wird diese Forschung ethisch bewertet?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Unheilbare Krankheiten künftig heilen?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung der Pluripotenz embryonaler Stammzellen und Erklärung der Bedeutung im Zusammenhang mit dem Zellzyklus sowie der Entstehung unterschiedlicher Gewebe</li> <li>– Recherche von Zielen der embryonalen Stammzellforschung [3-6]</li> <li>– Identifikation der Gründe für die besondere ethische Relevanz des Einsatzes von embryonalen Stammzellen</li> <li>– Benennung von Werten, die verschiedenen Positionen zugrunde liegen können und Beurteilung von Interessenlagen (B4, B5)</li> <li>– Entwicklung von notwendigen Bewertungskriterien, um zu einem begründeten Urteil zu kommen.</li> <li>– Reflexion von kurz- und langfristigen Folgen von Entscheidungen sowie Reflexion des Bewertungsprozesses (B10, B11)</li> <li>– Hinweis: Der Fokus liegt hier nicht auf der detaillierten Kenntnis von Stammzelltypen, sondern auf der Frage, welche Argumente für und gegen die Nutzung von embryonalen Stammzellen für die Medizin möglich sind. Voraussetzung dafür ist im Wesentlichen das Wissen um die Pluripotenz der embryonalen Stammzellen.</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Karyogramm: Genommutationen, Chromosomenmutationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern Ursachen und Auswirkungen von Chromosomen- und Genommutationen (S1, S4, S6, E11, K8, K14).</li> </ul>	<p><b>Nach welchem Mechanismus erfolgt die Keimzellbildung und welche Mutationen können dabei auftreten?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Karyogramm einer an Trisomie 21 erkrankten Person</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen: Beschreibung u. Analyse des Karyogramms einer Person mit Trisomie 21 unter Verwendung gelernter Fachbegriffe (→Sek I)</li> <li>– Vergleich von Karyogrammen bei freier Trisomie 21 und Translokationstrisomie zur Identifikation von Chromosomen- u. Genommutationen in Karyogrammen: Beschreibung der Unterschiede, Entwicklung von Fragestellungen und Vermutungen zu den Abweichungen</li> <li>– Erläuterung von Ursachen und Auswirkung der Genommutation</li> <li>– Definition der unterschiedlichen Formen von Chromosomenmutationen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Meiose</li> <li>– Rekombination</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung des Vorwissens (→Sek I: Meiose und Befruchtung,)</li> <li>– Vertiefende Betrachtung der Meiose</li> <li>– Erläuterung der Ursachen der Trisomie 21</li> <li>– Betrachtung der Unterschiede zur Mitose, vor allem im Hinblick auf die Reduktion des Chromosomensatzes bei der Gametenreifung.</li> <li>– Herausstellung der Vorteile sexueller Fortpflanzung: interchromosomale und intrachromosomale Rekombination (S6)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse von Familienstammbäumen</li> </ul>		<p><b>Inwiefern lassen sich Aussagen zur Vererbung genetischer Erkrankungen aus Familienstammbäumen ableiten?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Familienfoto zeigt phänotypische Variabilität unter Geschwistern</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung des Vorwissens zu genetischer Verschiedenheit homologer Chromosomen</li> <li>– Modellhafte Darstellung der Rekombinationsmöglichkeiten durch Reduktionsteilung und Befruchtung,</li> <li>– Klärung des Zusammenhangs zwischen Meiose u. Erbgang, dabei Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen</li> <li>– Problematisierung der phänotypischen Ausprägung bei Heterozygotie</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse von Familienstammbäumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– wenden Gesetzmäßigkeiten der Vererbung auf Basis der Meiose bei der Analyse von Familienstammbäumen an (S6, E1–3, E11, K9, K13).</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i>  <b>Familienberatung mithilfe der Analyse eines Familienstammbaums zu einem genetisch bedingtem Merkmal</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen: Regeln der Vererbung (Gen- und Allelbegriff, Familienstammbäume) (→Sek I)</li> <li>– Analyse von Familienstammbäumen, dabei Beachtung der Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung [7-8]</li> <li>– Ermittlung der Wahrscheinlichkeit für eine Erkrankung in Abhängigkeit des Genotyps der Eltern auf Grundlage der Möglichkeiten interchromosomaler Rekombination</li> </ul>

<b>UV Z4: Energie, Stoffwechsel und Enzyme</b> <b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b> Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Physiologie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von Enzymaktivitäten <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> – Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) – Informationen aufarbeiten (K)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Stoff- und Energieumwandlung: – Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauenden Stoffwechsel	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anabolismus und Katabolismus</li> <li>– Energieumwandlung: ATP-ADP-System</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben die Bedeutung des ATP-ADP-Systems bei auf- und abbauenden Stoffwechselprozessen (S5, S6).</li> </ul>	<b>Welcher Zusammenhang besteht zwischen aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel in einer Zelle stofflich und energetisch?</b>  (ca. 12 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>„Du bist, was du isst“ – Umwandlung von Nahrung in körpereigene Substanz</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen (→ Sek I, EF.1) durch Analyse einer Nährwerttafel: Zusammenhang zwischen Nahrungsbestandteilen und Zellinhaltsstoffen</li> <li>– Erstellung eines vereinfachten Schemas zum katabolen u. anabolen Stoffwechsel, dabei Verdeutlichung des energetischen Zusammenhangs von abbauenden (exergonischen) u. aufbauenden (endergonischen) Stoffwechselwegen, dabei Berücksichtigung der Abgrenzung von Alltags- u. Fachsprache</li> <li>– Verdeutlichung des Grundprinzips der energetischen Kopplung durch Energieüberträger</li> <li>– Erläuterung des ATP-ADP-Systems unter Verwendung einfacher Modellvorstellungen: ATP als Energieüberträger</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Energieumwandlung: Redoxreaktionen</li> </ul>			<i>Kontext:</i> <b>„Chemie in der Zelle“ – Redoxreaktionen ermöglichen den Aufbau und Abbau von Stoffen</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen (→ Sek I Chemie): Redoxreaktion als Elektronenübertragungsreaktion, Donator-Akzeptor-Prinzip, Energieumsatz</li> <li>– Herstellen eines Zusammenhangs von exergonischer Oxidation und Katabolismus sowie endergonischer Reduktion und Anabolismus</li> <li>– Erläuterung des (NADH+H<sup>+</sup>)-NAD<sup>+</sup>-Systems und die Bedeutung von Reduktionsäquivalenten für den Stoffwechsel</li> <li>– Vervollständigung des Schaubildes zum Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel durch Ergänzung des (NADH+H<sup>+</sup>)-NAD<sup>+</sup>-Systems und des ATP-ADP-Systems. Dabei Herausstellung des Recyclings der Trägermoleküle und der Kopplung von Stoffwechselreaktionen</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Enzyme: Kinetik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die <i>Regulation</i> der Enzymaktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9).</li> </ul>	<p><b>Wie können in der Zelle biochemische Reaktionen reguliert ablaufen?</b></p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Enzyme ermöglichen Reaktionen bei Körpertemperatur.</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Demonstrationsexperiment zur Verbrennung eines Zuckerwürfels mit und ohne Asche.</li> <li>– Definition des Katalysators und Veranschaulichung der Wirkung im Energie-diagramm.</li> <li>– Erarbeitung der Merkmale von Enzymen als Proteine (→ EF.1) mit spezifischer Raumstruktur und ihrer Eigenschaft als Biokatalysatoren</li> <li>– Herstellen des Zusammenhangs mit Stoffwechselreaktionen im Organismus und Hervorheben der Bedeutung von kontrollierter Stoffumwandlung durch Zerlegung in viele Teilschritte</li> <li>– Erarbeitung des Prinzips von Enzymreaktionen, dabei Berücksichtigung von Enzymeigenschaften wie Spezifität und Sättigung und Berücksichtigung des Schlüssel-Schloss-Prinzips (Basiskonzept Struktur und Funktion)</li> <li>– Entwicklung einer Modellvorstellung als geeignete Darstellungsform (E12, K9)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Untersuchung von Enzymaktivitäten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– entwickeln Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von verschiedenen Faktoren und überprüfen diese mit experimentellen Daten (E2, E3, E6, E9, E11, E14)</li> <li>– beschreiben und interpretieren Diagramme zu enzymatischen Reaktionen (E9, K6, K8, K11).</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i>  <b>Enzymaktivität ist abhängig von Umgebungsbedingungen.</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Entwicklung von Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Substratkonzentration (Sättigung) und der Temperatur (RGT-Regel, Denaturierung von Proteinen z.B. bei Fieber), Überprüfung durch Auswertung von Experimenten, wenn möglich selbst durchgeführt (E11, E14)</li> <li>– Anwendung der Kenntnisse zur Enzymaktivität auf die Auswirkungen eines weiteren Faktors wie etwa dem pH-Wert am Beispiel von Verdauungsenzymen</li> <li>– Interpretation grafischer Darstellungen zur Enzymaktivität, hierbei Fokussierung auf die korrekte Verwendung von Fachsprache und Vermeidung von Alltagssprache und ggf. Korrektur finaler Erklärungen (K6, K8)</li> <li>– fakultativ: Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Salinität der Umgebung, Bezug zur Homöostase möglich (→ Osmoregulation)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Enzyme: Regulation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die Regulation der Enzym-aktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9).</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i>  <b>„Alkohol verdrängt Alkohol“: Eine Methanol-Vergiftung kann mit Ethanol behandelt werden.</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erweiterung der Modellvorstellung zu Enzymen durch die Darstellung der kompetitiven Hemmung (E12)</li> <li>– Erläuterung der Modellvorstellung zur allosterischen Hemmung und Beurteilung von Grenzen der Modellvorstellungen</li> <li>– Erarbeitung der Enzymaktivität durch kompetitive und allosterische Hemmung anhand von Diagrammen (K9)</li> <li>– Erläuterung der Aktivierung von Enzymen und die Bedeutung von Cofaktoren, Beschreibung einer Reaktion mit ATP und ggf. NADH+H<sup>+</sup> als Cofaktor unter Nutzung modellhafter Darstellungen, dabei Rückbezug zur Darstellung des Zusammenhangs von katabolen und anabolen Stoffwechselwegen.</li> </ul>

## 6 Übersicht über die ausführlichen Unterrichtsvorhaben der Qualifikationsphase

### 6.1 Grundkurs

<b>UV GK-N1: Informationsübertragung durch Nervenzellen</b> <b>Inhaltsfeld 2: Neurobiologie</b> Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> – Erstellung von Erklärfilmen zur Synapse	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlagen der Informationsübertragung Fachliche Verfahren: Potentialmessung <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>– Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energiebedarf des neuronalen Systems</li> </ul> Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Codierung und Decodierung von Information an Synapsen</li> </ul> Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotentialen</li> </ul> Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotential</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12).</li> </ul>	<b>Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?</b> (ca. 12 Ustd.)	Kontext: <b>Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF)</b> zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorstellg. der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon</li> <li>– Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion</li> <li>– Aufzeigen der Möglichkeiten u. Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vgl. einer schematischen Abb. mit Realaufnahmen von Nervenzellen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotential</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3).</li> </ul>		Kontext: <b>Nervenzellen unter Spannung: Die Iontentheorie des Ruhepotenzials</b> zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wdhg. der Transportmechanismen an Membranen (→ EF)</li> <li>– Klärung der Bedeutung der Ladungsverteilung an der Axonmembran unter Berücksichtigung des chem. u. elektrischen Potenzials, z. B. am Bsp. Gem. Kalmar (<i>Loligo vulgaris</i>)</li> <li>– Entwicklung von Hypothesen zur Aufrechterhaltung des RPs u. Erläuterung</li> </ul>

			der Bedeutung von Natrium-Kalium-Ionenpumpen – Auswertung eines Experiments zur Beeinflussung des RPs (z. B. USSING-Kammer)
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: Aktionspotenzial</li> <li>– Potenzialmessungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14).</li> </ul>		<i>Kontext:</i> <b>Neuronen in Aktion: Schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal</li> <li>– Erläuterung der Veränderungen der Ionenverteilung an der Membran beim Wechsel vom Ruhe- zum Aktionspotenzial, Phasen des Aktionspotenzials, korrekte Verwendung der Fachsprache</li> <li>– Beschreibung einer Versuchsanordnung zur Untersuchung von Potenzialänderungen an Neuronen</li> <li>– begründete Zuordnung von molekularen Vorgängen an der Axonmembran zu den passenden Kurven-Diagrammen (Potenzialmessung) [4, 5]</li> <li>– Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten Ionenkanäle</li> <li>– ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen [6]</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).</li> </ul>		<i>Kontext:</i> <b>Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen Schmerzwahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung [7]</li> <li>– modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen A<math>\delta</math>-Fasern und langsameren C-Fasern [8]</li> <li>– Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: Erhöhung des Axondurchmessers (Bsp. <i>Loligo vulgaris</i>) oder Myelinisierung</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6).</li> <li>– erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14).</li> </ul>	<p><b>Wie erfolgt die Informationsweitergabe zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Modellhafte Darstellg. der Funktionsweise einer chemischen Synapse u. Überführg. in eine andere Darstellungsform, z. B. Erklärfilm oder Fließschema</li> <li>– Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und einer behandelten Synapse</li> <li>– Zuordnung des möglichen Wirkortes verschiedener exogener Stoffe an der Synapse, etwa am Beispiel der Conotoxine [10]; Ergänzung des Erklärfilms oder Fließschemas</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffeinwirkung an Synapsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i>  <b>Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorstellung der Wirkungsweise des Cannabinoids THC  Hinweis: Da die konkretisierte Kompetenzerwartung dem Kompetenzbereich Bewertung zugeordnet ist, soll auf eine detaillierte Darstellung der molekularen Wirkungsweise von Cannabis verzichtet werden. Im Fokus steht der Prozess der Bewertung mit anschließender Stellungnahme.</li> <li>– Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [11, 12, 13]</li> <li>– Hinweis: Neben den übergeordneten Kompetenzerwartungen B5–9 bietet es sich hier an, [14], ggf. weitere Bewertungskompetenzen in den Blick zu nehmen.</li> </ul>

<b>UV GK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen</b> <b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b> Zeitbedarf: ca. 5 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Energieumwandlung</li> <li>Energieentwertung</li> <li>Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> <li>ATP-ADP-System</li> <li>Stofftransport zwischen den Kompartimenten</li> <li>Chemiosmotische ATP-Bildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).</li> </ul>	<b>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?</b> (ca. 5 Ustd.)	Kontext: <b>Leben und Energie - Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen</b> zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (→EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle NADH+H<sup>+</sup> und ATP</li> <li>Erarbeitung des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (→Physik Sek I) [1]</li> <li>Beschreibung der grundlegenden Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen</li> <li>Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP, die Turbine entspricht der ATP-Synthase [2]</li> </ul> Anmerkung: Für die verbindliche Reihenfolge im Curriculum beschließt die Fachschaft, hier UV 2 (Zellatmung) anzuschließen.

<b>UV GK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen</b> <b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b> Zeitbedarf: ca. 11 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Informationen erschließen (K)</li> <li>– Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul> Steuerung und Regelung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feinbau Mitochondrium</li> <li>– Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> <li>– Redoxreaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stellen die wesentlichen Schritte des abbaubaren Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).</li> </ul>	<b>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</b> (ca. 6 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt. [1]</b>  <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung des Vorwissens zum Feinbau von Mitochondrien u. Skizze eines Schaubildes mit wesentlichen Schritten der Zellatmung u. deren Verortung in Zellkompartimenten, sukzessive Ergänzung des Schaubildes im Verlauf des Unterrichts (K9)</li> <li>– Beschreibung der Glykolyse als ersten Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierg. auf die Entstehg. von Energie- u. Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse</li> <li>– Beschreibg. des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den Mitochondrien durch oxidative Decarboxylierung u. die Prozesse im Tricarbonsäurezyklus, dabei Fokussierg. auf die Reaktionen, in denen Reduktionsäquivalente u. ATP gebildet werden</li> <li>– Aufstellung einer Gesamtbilanz aus den ersten drei Schritten u. Abgleich mit der Bruttogleichung der Zellatmung  <i>Hinweis: Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können.</i></li> <li>– Veranschaulichg. des Elektronentransports in der Atmungskette u. des Protonentransports durch die Membran anhand einer vereinfachten Darstellg. (K9)</li> <li>– Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und NADH+H<sup>+</sup> als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten</li> <li>– Vervollständigung des Übersichtsschemas u. Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffwechselregulation auf Enzymebene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12).</li> <li>– nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9).</li> </ul>	<p><b>Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren unter Verwendung einfache, modellhafter Abbildungen (→EF)</li> <li>– Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2, 3]</li> <li>– angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4) [4]</li> <li>– Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5]</li> </ul>

<b>UV GK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie</b> <b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b> Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel Fachliche Verfahren: Chromatografie <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biologische Sachverhalte betrachten (S)</li> <li>– Fachspezifische Modell und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>– Informationen aufbereiten (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul> Steuerung und Regelung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zelldifferenzierung bei fotosynthetisch aktiven Zellen</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11).</li> </ul>	<b>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</b> (ca. 4 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ Sek I) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität.</li> <li>– Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6)</li> <li>– Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9–11)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Funktionale Anpassungen: Blattaufbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8).</li> </ul>	<p><b>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind</li> <li>– Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie</li> <li>– Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3]</li> <li>– Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpassungen von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate</li> <li>– ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpassungen (K7)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Funktionale Anpassungen: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Feinbau Chloroplast</li> <li>– Chromatografie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13).</li> </ul>	<p><b>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?</b></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Der ENGELMANN-Versuch- Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts.</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4]</li> <li>– Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese</li> <li>– Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4)</li> <li>– Wiederholung des Feinbaus eines Chloroplasten und Verortung der Pigmente in der Thylakoidmembran</li> <li>– Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>– Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen,</li> <li>– Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>– Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9).</li> </ul>	<p><b>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?</b></p> <p>(ca. 7 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erstellung eines Übersichtsschemas für die Fotosynthese mit einer Unterteilung in Primärreaktion und Sekundärreaktion unter Berücksichtigung der Energieumwandlung von Lichtenergie in ATP und der Bildung von Glucose unter ATP-Verbrauch (K9)</li> <li>– Erläuterung der wesentlichen Vorgänge in der Lichtreaktion (Fotolyse des Wassers, Elektronentransport und Bildung von NADPH+ H<sup>+</sup>) anhand eines einfachen Schaubildes, Reaktivierung der Kenntnisse zur chemiosmotischen ATP-Bildung (→UV1)</li> <li>– Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse</li> <li>– Vervollständigung des Übersichtsschemas zur Veranschaulichung des stofflichen und energetischen Zusammenhangs der Teilreaktionen</li> <li>– Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle</li> </ul>

<b>UV GK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen</b> <b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b> Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> – Exkursion zu einer schulnahen Wiese	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen Fachliche Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> – Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) – Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) – Fachspezifische Modell und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E) – Informationen aufbereiten (K)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur- und Funktion: – Kompartimentierung in Ökosystemen Steuerung und Regelung – Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz Individuelle und evolutive Entwicklung – Anpasstheit an abiotische und biotische Faktoren	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren.	– erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8).	<b>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?</b> (ca. 3 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Modellökosysteme, z.B. Flaschengarten</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> – Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ SI) – Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem mit Hilfe einer Concept Map – Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8) – Präsentation zentraler Fragestellungen und Forschungsgebiete der Ökologie, die bei der Untersuchung des Zusammenwirkens von abiotischen und biotischen Faktoren im Verlauf der Unterrichtsvorhaben zur Ökologie eine Rolle spielen (Advance Organizer)

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1-3, E9, E13).</li> </ul>	<p><b>Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Herstellung eines Zusammenhangs zwischen einer langfristigen standortspezifischen Verfügbarkeit / Intensität eines Umweltfaktors und den entsprechenden Anpassungen bei Tieren am Beispiel des Umweltfaktors Wasser (ggf. Reaktivierung des Vorwissens zu morphologischen und physiologischen Anpassungen bei Pflanzen → UV 3 Stoffwechselphysiologie)</li> <li>– Interpretation von Toleranzkurven eurythermer und stenothermer Lebewesen.</li> <li>– Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperaturtoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung</li> <li>– Erweiterung des Konzepts der physiologischen Toleranz durch die Analyse von Daten aus Mehrfaktorexperimenten, kritische Betrachtung der Übertragbarkeit der in Laborversuchen gewonnenen Daten auf die Situation im Freiland (E13)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz,</li> <li>– Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz</li> <li>– Ökologische Nische</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–K8).</li> <li>– erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen Standorten auf die Verbreitung von Arten?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz, z. B. von Baumarten oder Gräsern in Mono- und Mischkultur (S7)</li> <li>– Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (E9, K6–8)</li> <li>– Erläuterung des Konzepts der „ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller biotischen und abiotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV 2 Ökologie)</li> <li>– Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und der ultimativen Erklärung der Einnischung (K7, E17)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen,</li> <li>– Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8).</li> <li>– analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</li> </ul>	<p><b>Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?</b></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Fettwiese oder Magerrasen? – Zeigerpflanzen geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erfassung von Arten auf einer schulnahen Wiese unter Verwendung eines Bestimmungsschlüssels (ggf. digital) und Recherche der Zeigerwerte dominanter Arten, Aufstellen von Vermutungen zur Bodenbeschaffenheit (E3, E4, E7–9) [1]</li> <li>– Sensibilisierung für den Zusammenhang von Korrelation und Kausalität (K8) und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses (E15)</li> <li>– Internetrecherche zur ökologischen Problematik von intensiver Grünlandbewirtschaftung (Fettwiesen), Begründung von Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen von heimischen, artenreichen Magerwiesen (K11–14) [2,3]</li> </ul>

<b>UV GK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften</b> <b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b> Zeitbedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen Einfluss des Menschen auf Ökosysteme <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Informationen aufbereiten (K)</li> <li>– Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)</li> <li>– Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur- und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung in Ökosystemen</li> </ul> Individuelle und evolutive Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Interspezifische Beziehungen: Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6-K8).</li> </ul>	<b><i>In welcher Hinsicht stellen Organismen selbst einen Umweltfaktor dar?</i></b>  (ca. 5 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Gut vernetzt – Wechselwirkungen in Biozöosen</b> <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung der charakteristischen Merkmale von Konkurrenz (→ UV1 Ökologie), Räuber-Beute-Beziehung, Parasitismus, Mutualismus und Symbiose an aussagekräftigen Beispielen. Ggf. Präsentationen zu den Wechselwirkungen unter Berücksichtigung der Fachsprache und der Unterscheidung von funktionalen und kausalen Erklärungen (K6, K8)</li> <li>– Analyse der Angepasstheiten ausgewählter interagierender Arten auf morphologischer und physiologischer Ebene, z. B. bei Symbiose (K7)</li> <li>– Analyse von Daten zu Wechselwirkungen und Bildung von Hypothesen zur vorliegenden Beziehungsform [1], Reflexion der Datenerfassung (z. B. Diskrepanz zwischen Labor- und Freilandbedingungen, Methodik) (E9)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ökosystemmanagement: nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umwelnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10).</li> </ul>	<b><i>Wie können Aspekte der Nachhaltigkeit im Ökosystemmanagement verankert werden?</i></b>  (ca. 4 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Pestizideinsatz in der Landwirtschaft</b> <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse eines Fallbeispiels zur chemischen Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz (K12)</li> <li>– Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umwelnutzung und Biodiversitätsschutz beim Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14, B2, B5, B10) [2]</li> </ul>

<b>UV GK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen</b> <b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b> Zeitbedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)</li> <li>– Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)</li> <li>– Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> <li>– Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur- und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung in Ökosystemen</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffkreisläufe in Ökosystemen</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz	– analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).	<b><i>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</i></b>  (ca. 4 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Gut vernetzt – Wechselwirkungen in Biozöosen</b> <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ SI) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4)</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie)</li> <li>– Interpretation der Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14)</li> <li>– Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene</li> <li>– Diskussion der Möglichkeiten u. Grenzen der modellhaften Darstellgen. (E12)</li> <li>– ggf. Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbefunden (E14) [1]</li> </ul>
– Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf		<b><i>Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?</i></b>  (ca. 2 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz</b> <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Darstellung der Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) [2,3]</li> <li>– Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12).</li> </ul>	<p><b>Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?</b></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Angeleitete Recherche zu den geografischen, zeitlichen und sozialen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts sowie zu den beschlossenen Maßnahmen [4]</li> <li>– Entwicklung von Kriterien für die Bewertung der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Dimensionen für globale Entwicklung (Umwelt, Soziales, Wirtschaft) sowie Abschätzung der Wirksamkeit der Maßnahmen (B4, B7, K14, B12)</li> <li>– Erkennen der Grenzen der wissenschaftlichen Wissensproduktion und der Akzeptanz vorläufiger und hypothetischer Aussagen, die auf einer umfassenden Datenanalyse beruhen (E16)</li> </ul>

<b>UV GK-G1: DNA - Speicherung und Expression genetischer Information</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 27 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Molekulargenetische Grundlagen des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>– Informationen aufarbeiten (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur- und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung bei der Proteinbiosynthese</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energiebedarf am Bsp. von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese</li> </ul> Information und Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> <li>– Codierung und Decodierung von Informationen bei der Proteinbiosynthese</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation	– leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10).	<b>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?</b> <i>(ca. 4 Ustd.)</i>	<i>Kontext:</i> <b>Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ Sek I, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4]</li> <li>– Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STAHN-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2]</li> <li>– Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos</li> <li>– Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynukleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</li> </ul>	<p><b>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau von Proteinen (→ EF) und Erarbeitung des Problems der Codierung bzw. Decodierung von Informationen auf DNA-Ebene, RNA-Ebene und Proteinebene (Bezug zum Basiskonzept Information und Kommunikation und auch Struktur und Funktion)</li> <li>– Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen</li> <li>– Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache</li> <li>– Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien</li> <li>– Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema [ggf. 3]</li> <li>– Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</li> <li>– Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA</li> </ul>
		<p><b>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Transkription und Translation bei Eukaryoten</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten</li> <li>– Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation</li> <li>– Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten</li> <li>– Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben (Basiskonzept Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).</li> </ul>	<p><b>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ Sek I, → EF)</li> <li>– Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus)</li> <li>– Ableitung der verschiedenen Typen von Genmutationen unter Berücksichtigung der molekularen Ebenen (DNA, RNA, Protein) sowie der phänotypischen Auswirkungen auf Ebene der Zelle bzw. des Organismus (Einbezug der Basiskonzepte Struktur und Funktion und Information und Kommunikation)</li> <li>– Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblen Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen</li> <li>– Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).</li> </ul>	<p><b>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?</b></p> <p>(ca. 7 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums (Basiskonzept Steuerung und Regelung)</li> <li>– Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der Modellierungen [ggf. 6]</li> <li>– Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung</li> </ul>

<b>UV GK-G2: Humangenetik und Gentherapien</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Molekulargenetische Grundlagen des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Folgen reflektieren (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Information und Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> <li>– Codierung und Decodierung von Informationen bei der Proteinbiosynthese</li> </ul> Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8).</li> </ul>	<b>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?</b>  <i>(ca. 4 Ustd.)</i>	<i>Kontext:</i> <b>Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF)</li> <li>– Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse</li> <li>– Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen</li> <li>– ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1]</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen (S1, K14, B3, B7–9, B11).</li> </ul>	<b>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?</b>  <i>(ca. 4 Ustd.)</i>	<i>Kontext:</i> <b>Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen</li> <li>– Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen</li> <li>– Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive</li> </ul>

<b>UV GK-E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 13 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> – ggf. Zoobesuch	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Entstehung und Entwicklung des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> – Biologische Sachverhalte betrachten (S) – Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) – Informationen aufarbeiten (K)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Individuelle und evolutive Entwicklung: – Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift	– begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).	<b>Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?</b> (ca. 5 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> – Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen – Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion – Analyse der Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelvielfalt von Populationen – Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und der Vermeidung finaler Begründungen
– Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness	– erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).	<b>Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Angepasstheiten?</b> (ca. 2 Ustd.)  <b>Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?</b> (ca. 2 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>z.B.: Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> – Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwenkolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1] – Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximativer und ultimativer Ursachen und Vermeidung finaler Begründungen [1] – Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<p>– Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness</p>	<p>– erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</p>	<p><b>Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären?</b> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Rothirsch-Geweih und Pfauenrad</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus</li> <li>– Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>– Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen</li> </ul>
<p>– Synthetische Evolutionstheorie: Koevolution</p>	<p>– erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</p>	<p><b>Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?</b> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>– Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen</li> <li>– Zusammenfassung der Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache</li> </ul>

<b>UV GK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Entstehung und Entwicklung des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)</li> <li>– Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren</li> <li>– Informationen aufarbeiten (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation	– erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7)	<b>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?</b> (ca. 4 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache</li> <li>– Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen</li> <li>– Ableitung des morphologischen, biologischen und populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen</li> <li>– Reflexion der ultimat und proximat Ursachen für Artwandel und Artbildung und</li> </ul>
– molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale	– deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).	<b>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?</b> (ca. 3 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese</li> <li>– Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen</li> <li>– Ableitung phylogenetischer Verwandtschaften auf Basis des Sparsamkeitsprinzips und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<p>– molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</p>	<p>– analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).</p>	<p><b>Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>z.B.: Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche [1]</li> <li>– Deutung der molekularen Ähnlichkeiten des Kollagens und Analyse des phylogenetischen Stammbaums unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen</li> <li>– Erläuterung der Verwendung morphologischer und molekularer Daten zur Erstellung von Stammbäumen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul> <p><i>Kontext:</i> <b>Vielfalt einer Genfamilie (z. B. Hämoglobin-Gene)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Darstellung der molekularen Ähnlichkeiten auf DNA- und Proteinebene</li> <li>– Erklärung der Entstehung einer Genfamilie ausgehend von Genduplikationen und unabhängiger Entwicklung der einzelnen Genvarianten</li> <li>– Diskussion der Evolution von Genfamilien anhand von Gen-Stammbäumen und Abgrenzung zur Analyse von phylogenetischen Verwandtschaften zwischen Lebewesen</li> </ul>
<p>– molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</p>	<p>– deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</p>	<p><b>Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?</b> (ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Deutung der Übereinstimmungen im Hinblick auf die phylogenetische Verwandtschaft von Arten auf der einen Seite und den unabhängig voneinander entstandenen Mutationen auf der anderen Seite</li> <li>– Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	<i>Sequenzierung: Leitfragen</i>	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diese Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5).</li> </ul>	<p><b>Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?</b></p> <p><i>(ca. 2 Ustd.)</i></p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erläuterung der Merkmale naturwissenschaftlicher Theorien unter Berücksichtigung der Evidenzbasierung sowie Begründung der Einordnung des Intelligent Design als Pseudowissenschaft</li> <li>– Reflexion der verschiedenen Betrachtungsweisen evolutiver Prozesse durch Religion, Philosophie und Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Intentionen der jeweiligen Quellen</li> </ul>

## 6.2 Leistungskurs

<b>UV LK-N1: Erregungsentstehung und Erregungsleitung an einem Neuron</b> <b>Inhaltsfeld 2: Neurobiologie</b> Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlagen der Informationsübertragung Fachliche Verfahren: Potentialmessung, neurophysiologische Verfahren <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>– Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energiebedarf des neuronalen Systems</li> </ul> Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotentialen</li> </ul> Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotential</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12).</li> </ul>	<b>Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?</b> (ca. 12 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorstellg. der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon</li> <li>– Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion</li> <li>– Aufzeigen der Möglichkeiten u. Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vgl. einer schematischen Abb. mit Realaufnahmen von Nervenzellen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotential</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3).</li> </ul>		<i>Kontext:</i> <b>Nervenzellen unter Spannung: Die Ionentheorie des Ruhepotenzials</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Wdhg. der Transportmechanismen an Membranen (→ EF)</li> <li>– Klärung der Bedeutg. der Ladungsverteilung an der Axonmembran unter Berücksichtigung des chem. u. elekt. Potenzials, z. B. am Bsp. Gem. Kalmar (<i>Loligo vulgaris</i>)</li> <li>– Entwicklung von Hypothesen zur Aufrechterhaltung des RPs u. Erläuterung der Bedeutung von Natrium-Kalium-Ionenpumpen</li> <li>– Auswertg. eines Experim. zur Beeinflussg. des RPs (z. B. USSING-Kammer)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: Aktionspotenzial</li> <li>– neurophysiologische Verfahren: Potenzialmessungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14). (S3, E14).</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i>  <b>Neuronen in Aktion: Schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal</li> <li>– Erläuterung der Veränderungen der Ionenverteilung an der Membran beim Wechsel vom Ruhe- zum Aktionspotenzial, Phasen des Aktionspotenzials, korrekte Verwendung der Fachsprache</li> <li>– Beschreibung einer Versuchsanordnung zur Untersuchung von Potenzialänderungen an Neuronen</li> <li>– begründete Zuordnung von molekularen Vorgängen an der Axonmembran zu den passenden Kurven-Diagrammen (Potenzialmessung) [4, 5]</li> <li>– Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten Ionenkanäle</li> <li>– ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen [6]</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i>  <b>Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen Schmerzwahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung [7]</li> <li>– modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen A<math>\delta</math>-Fasern und langsameren C-Fasern [8]</li> <li>– Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: Erhöhung des Axondurchmessers (Bsp. <i>Loligo vulgaris</i>) oder Myelinisierung</li> <li>– fakultativ: Ableitung ultimativer Ursachen für schnelle und langsame Erregungsleitung bei Wirbeltieren</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Störungen des neuronalen Systems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren die Folgen einer neuronalen Störung aus individueller und gesellschaftlicher Perspektive (S3, K1–4, B2, B6).</li> </ul>	<p><b>Wie kann eine Störung des neuronalen Systems die Informationsweitergabe beeinflussen?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Multiple Sklerose als Beispiel für eine neurodegenerative Erkrankung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erarbeitung des Krankheitsbildes: Autoimmunerkrankung, bei der die Myelinscheiden im ZNS zerstört werden [9]</li> <li>– Analyse der Folgen einer neurodegenerativen Erkrankung für Individuum und Gesellschaft (B2, B6)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen: primäre und sekundäre Sinneszelle, Rezeptorpotenzial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern das Prinzip der Signaltransduktion bei primären und sekundären Sinneszellen (S2, K6, K10).</li> </ul>	<p><b>Wie werden Reize aufgenommen und zu Signalen umgewandelt?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>“Das sieht aber lecker aus!” – Sinneszellen und ihre adäquaten Reize</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Sensibilisierung für die biologischen Voraussetzungen einer Reizaufnahme und die damit verbundenen Einschränkungen der Wahrnehmung</li> <li>– Erarbeitung der Entstehung eines Rezeptorpotenzials in einer primären Sinneszelle (z. B. einer Riechsinneszelle), Darstellung der Signaltransduktion, die zur Auslösung von Aktionspotenzialen führt</li> <li>– Vergleich der Funktionsweise mit einer sekundären Sinneszelle, z. B. einer Geschmackssinneszelle</li> </ul>

<b>UV LK-N2: Informationsweitergabe über Zellgrenzen</b> <b>Inhaltsfeld 2: Neurobiologie</b> Zeitbedarf: ca. 14 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> – Erstellung von Erklärfilmen zur Synapse	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlagen der Informationsübertragung Neuronale Plastizität <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> – Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) – Informationen aufbereiten (K) – Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: – Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein Stoff- und Energieumwandlung: – Energiebedarf des neuronalen Systems Information und Kommunikation: – Codierung und Decodierung von Informationen an Synapsen	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse	– erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6). – erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14).	<b>Wie erfolgt die Erregungsleitung vom Neuron zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?</b> (ca. 8 Ustd.)	Kontext: <b>Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF)</b> zentrale Unterrichtssituationen: – Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer erregenden chemischen Synapse (z. B. cholinerge Synapse) [1] – Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und behandelten Synapse
– Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation	– erläutern die Bedeutung der Verrechnung von Potenzialen für die Erregungsleitung (S2, K11).	<b>Wie erfolgt die Erregungsleitung vom Neuron zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?</b> (ca. 8 Ustd.)	Kontext: <b>Warum hilft Kratzen gegen Juckreiz?</b> zentrale Unterrichtssituationen: – Vergleich von erregender und hemmender Synapse sowie Verrechnung von EPSP und IPSP (z. B. anhand des Modells einer Glühlampe, die abhängig vom Füllstand der leitenden Flüssigkeit leuchtet [2]) – Auswertung von Potenzialdarstellungen hinsichtlich der Verrechnung von Potenzialen [3,4] – Anwendung der Hemmung am Beispiel der Linderung des Juckreizes durch Kratzen [5] – ggf. Einsatz der Lernaufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“ zur Vertiefung der Stoffeinwirkung an Synapsen [6]

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffeinwirkungen an Synapsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).</li> </ul>	<p><b>Wie kann eine Störung des neuronalen Systems die Informationsweitergabe beeinflussen?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Vorstellung der Wirkungsweise von Cannabis. Hinweis: Da die konkretisierte Kompetenzerwartung vorwiegend dem Kompetenzbereich Bewertung zugeordnet ist, soll auf eine detaillierte Darstellung der molekularen Wirkungsweise von Cannabis verzichtet werden. Im Fokus steht der Prozess der Bewertung mit anschließender Stellungnahme.</li> <li>– Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [7, 8, 9]</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zelluläre Prozesse des Lernens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern die synaptische Plastizität auf der zellulären Ebene und leiten ihre Bedeutung für den Prozess des Lernens ab (S2, S6, E12, K1).</li> </ul>	<p><b>Wie kann Lernen auf neuronaler Ebene erklärt werden?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Lernen verändert das Gehirn</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erarbeitung der synaptischen Plastizität auf zellulärer Ebene als aktivitätsabhängige Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung (S6, E12, K1) [10]</li> <li>– Erläuterung der Modellvorstellung vom Lernen durch Plastizität des neuronalen Netzwerks (Bahnung) und Ableitung von Strategien für den eigenen Lernprozess: Strukturierung und Kontextualisierung, Wiederholung, Nutzung verschiedener Eingangskanäle (multisensorisch, v.a. Visualisierung), Belohnung [11]</li> <li>– ggf. Planung und Durchführung von Lernexperimenten (Zusammenhang zwischen Wiederholung und Lernerfolg, Einfluss von Ablenkung auf erfolgreiches Lernen)</li> <li>– ggf. Analyse der eigenen Einstellung zum Lernen bzw. zum Lerngegenstand, hier auch kritische Reflexion von geschlechterspezifischen Stereotypen möglich</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– beschreiben die Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung am Beispiel der Stressreaktion (S2, S6).</li> </ul>	<p><b>Wie wirken neuronales System und Hormonsystem bei der Stressreaktion zusammen?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Körperliche Reaktionen auf Schulstress</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung von Wissen zu Hormonen (→ Sek I)</li> <li>– Erarbeitung der wesentlichen Merkmale des hormonellen Systems beim Menschen</li> <li>– Vergleich der Unterschiede zwischen dem neuronalen und dem hormonellen System und Ableitung der Verschränkung beider Systeme [12]</li> <li>– ggf. Vertiefung durch Recherche der Bedeutung von Eustress oder der Bedeutung von Entspannungsphasen z. B. in Prüfungszeiten</li> </ul>

<b>UV LK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen</b> <b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b> Zeitbedarf: ca. 6 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Energieumwandlung</li> <li>– Energieentwertung</li> <li>– Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> <li>– ATP-ADP-System</li> <li>– Stofftransport zwischen den Kompartimenten</li> <li>– Chemiosmotische ATP-Bildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> </ul>	<b>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?</b> (ca. 6 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Leben und Energie - Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (→EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle NADH+H<sup>+</sup> und ATP</li> <li>– Erarbeitung des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (→Physik Sek I) [1]</li> <li>– Erarbeitung der Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen [1]</li> <li>– Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP, die Turbine entspricht der ATP-Synthase [2]</li> <li>– Vernetzung und Ausblick: Benennung der Mitochondrien und Chloroplasten als Orte der membranbasierten Energieumwandlung in eukaryotischen Zellen. Aufstellen von Vermutungen zur Energiequelle für die Aufrechterhaltung des Protonengradienten in Chloroplasten (Lichtenergie) und Mitochondrien (chemische Energie aus der Oxidation von Nährstoffen)</li> </ul> <b>Anmerkung: Für die verbindliche Reihenfolge im Curriculum beschließt die Fachschaft, hier UV 2 (Zellatmung) anzuschließen.</b>

<b>UV LK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen</b> <b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b> Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (S)</li> <li>– Informationen erschließen (K)</li> <li>– Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul> Steuerung und Regelung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feinbau Mitochondrium</li> <li>– Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> <li>– Energetisches Modell der Atmungskette</li> <li>– Redoxreaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stellen die wesentlichen Schritte des abbaubaren Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).</li> <li>– vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> </ul>	<p><b>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt. [1]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung des Vorwissens zum Feinbau von Mitochondrien u. Skizze eines Schaubildes mit wesentlichen Schritten der Zellatmung u. deren Verortung in Zellkompartimenten, sukzessive Ergänzung des Schaubildes im Verlauf des Unterrichts (K9)</li> <li>– Beschreibung der Glykolyse als ersten Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierg. auf die Entstehg. von Energie- u. Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse</li> <li>– Beschreibg. des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den Mitochondrien durch oxidative Decarboxylierung u. die Prozesse im Tricarbonsäurezyklus, dabei Fokussierg. auf die Reaktionen, in denen Reduktionsäquivalente u. ATP gebildet werden</li> <li>– Aufstellung einer Gesamtbilanz aus den ersten drei Schritten u. Abgleich mit der Bruttogleichung der Zellatmung</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Feinbau Mitochondrium</li> <li>– Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> <li>– Energetisches Modell der Atmungskette</li> <li>– Redoxreaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).</li> <li>– vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> <li>–</li> </ul>	<p><b>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Knallgasreaktion in den Mitochondrien?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Demonstration der stark exergonischen Knallgasreaktion (ggf. Video) und Aufstellung der Reaktionsgleichung, Hypothesenbildung zum Ablauf der analogen Reaktion in den Mitochondrien</li> <li>– Vertiefung des Feinbaus von Mitochondrien bezüglich der Proteinausstattung der inneren Mitochondrienmembran</li> <li>– Veranschaulichung der Redoxreaktionen und des Gefälles der Redoxpotentiale in einem energetischen Modell der Atmungskette (E12)</li> <li>– Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und NADH+H<sup>+</sup> als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten</li> <li>– Vervollständigung des Schaubilds und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9)</li> <li>– fakultative Vertiefung weiterer kataboler Reaktionswege, die für den Energiestoffwechsel relevant sind: Oxidation anderer Nährstoffe sowie Abbau eigener Körpersubstanz, Tricarbonsäurezyklus als Stoffwechseldrehscheibe</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter <i>aeroben</i> und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9),</li> </ul>	<p><b>Welche Bedeutung haben Gärungsprozesse für die Energiegewinnung?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Knallgasreaktion in den Mitochondrien?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Demonstration Problematisierung der Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Glykolyse: Regeneration des NAD<sup>+</sup> bleibt aus (fehlender Endakzeptor für Elektronen in der Atmungskette)</li> <li>– Erläuterung der Stoffwechselreaktionen der alkoholischen Gärung und Milchsäuregärung und deren Bedeutung für die Regeneration von NAD<sup>+</sup></li> <li>– Verwendung geeigneter Darstellungsformen für den stofflichen und energetischen Vergleich der behandelten Stoffwechselwege (K9)</li> <li>– ggf. Vertiefung: Vergleich der Prozesse bei fakultativen und obligaten Anaerobiern</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffwechselregulation auf Enzymebene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12).</li> <li>– nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9).</li> </ul>	<p><b>Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?</b> (ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren unter Verwendung einfache, modellhafter Abbildungen (→EF)</li> <li>– Anwendung des Konzepts der enzymatischen Regulation auf ausgewählte enzymatische Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels (z.B. Feedbackhemmung der Phosphofruktokinase) (E12)</li> <li>– Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2, 3]</li> <li>– angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4) [4]</li> <li>– Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5]</li> </ul>

<b>UV LK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie</b> <b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b> Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel Fachliche Verfahren: Chromatografie <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biologische Sachverhalte betrachten (S)</li> <li>– Fachspezifische Modell und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>– Informationen aufbereiten (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul> Steuerung und Regelung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zelldifferenzierung bei fotosynthetisch aktiven Zellen</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11).</li> </ul>	<b>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</b> (ca. 4 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ Sek I) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität.</li> <li>– Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6)</li> <li>– Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9–11)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Funktionale Anpassungen: Blattaufbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8).</li> </ul>	<p><b>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind</li> <li>– Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie</li> <li>– Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3]</li> <li>– Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpassungen von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate</li> <li>– ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpassungen (K7)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Funktionale Anpassungen: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Feinbau Chloroplast</li> <li>– Lichtsammelkomplex, Feinbau Chloroplasten</li> <li>– Chromatografie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13).</li> </ul>	<p><b>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Der ENGELMANN-Versuch- Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts.</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4]</li> <li>– Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese</li> <li>– Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4)</li> <li>– Beschreibung des Aufbaus der Reaktionszentren in der Thylakoidmembran von Chloroplasten</li> <li>– Erläuterung der Funktionsweise von Lichtsammelkomplexen und ihrer Organisation zu Fotosystemen unter Verwendung von Modellen</li> <li>– Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>– Energetisches Modell der Lichtreaktionen</li> <li>– Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen,</li> <li>– Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>– Tracer-Methode</li> <li>– Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> <li>– erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9).</li> <li>– werten durch die Anwendung von Tracer Methoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).</li> </ul>	<p><b>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?</b></p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erstellung eines Übersichtsschemas für die Fotosynthese mit einer Unterteilung in Primärreaktion und Sekundärreaktion unter Berücksichtigung der Energieumwandlung von Lichtenergie in ATP und der Bildung von Glucose unter ATP-Verbrauch (K9)</li> <li>– Beschreibung des EMERSON-Effekts anhand eines Diagramms zur Fotosyntheseleistung bei unterschiedlichen Wellenlängen, Identifizierung von Fragestellungen zur Funktionsweise der Fotosysteme (E2)</li> <li>– Entwicklung einer vereinfachten Darstellung der Lichtreaktion in einem energetischen Modell, welche den Energietransfer in den beiden Fotosystemen, die Fotolyse des Wassers, den Elektronentransport über Redoxsysteme mit Redoxpotenzialgefälle und die Bildung von NADPH+ H<sup>+</sup> berücksichtigt (K11) [5]</li> <li>– Vergleich des membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in der Atmungskette und der Primärreaktion (E12) (→UV 2)</li> <li>– Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse</li> <li>– Erläuterung des Tracer- Experiments von CALVIN und BENSON zur Aufklärung der Synthesereaktion und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse (E10, E15)</li> <li>– Ergänzung des Schaubildes zur Fotosynthese durch den stofflichen und energetischen Zusammenhang der Teilreaktionen (S2, E9)</li> <li>– Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle</li> </ul>

<b>UV LK-S4: Fotosynthese – natürliche und anthropogene Prozessoptimierung</b> <b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b> Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten			<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel Fachliche Verfahren: Chromatografie <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)</li> <li>– Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)</li> </ul>			<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul> Individuelle und evolutive Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zelldifferenzierung bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen</li> </ul>
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Funktionale Anpassungen: Blattaufbau</li> <li>– C<sub>4</sub>-Pflanzen</li> <li>– Stofftransport zwischen Kompartimenten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– vergleichen die Sekundärvorgänge bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>- Pflanzen und erklären diese mit der Anpassung an unterschiedliche Standortfaktoren (S1, S5, S7, K7),</li> </ul>	<b>Welche morphologischen und physiologischen Anpassungen ermöglichen eine effektive Fotosynthese an heißen und trockenen Standorten?</b> (ca. 4 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Verhungern oder Verdursten? – Anpassungen bei Mais und Hirse</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erläuterung der Standortfaktoren von C<sub>4</sub>-Pflanzen, Hypothesenbildung zu Anpassungen, auch unter Berücksichtigung der höheren FS-Leistung</li> <li>– Identifizierung der anatomischen Unterschiede im schematischen Blattquerschnitt von C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen und Beschreibung der physiologischen Unterschiede</li> <li>– Erläuterung der höheren Fotosyntheseleistung der C<sub>4</sub>-Pflanzen an warmen, trockenen Standorten, dabei Fokussierung auf die unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Affinität der Enzyme PEP-Carboxylase und Rubisco</li> <li>– fakultativ: Vergleich verschiedener Fotosyntheseformen inclusive CAM</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– beurteilen und bewerten multiperspektivisch Zielsetzungen einer biotechnologisch optimierten Fotosynthese im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung (E17, K2, K13, B2, B7, B12)</li> </ul>	<b>Inwiefern können die Erkenntnisse aus der Fotosyntheseforschung zur Lösung der weltweiten CO<sub>2</sub>-Problematik beitragen?</b> (ca. 4 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Künstliche Fotosynthese – eine Maßnahme gegen den Klimawandel?</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– angeleitete Recherche zu einem Entwicklungsprozess der künstlichen Fotosynthese mit den Zielen der Fixierung überschüssigen Kohlenstoffdioxids und der Produktion nachhaltiger Rohstoffe (K2) [1,2]</li> <li>– Reflexion der Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung (E17)</li> <li>– Diskussion des Sachverhalts „biotechnologisch optimierte Fotosynthese“, Erkennen unterschiedlicher Interessen und ethischer Fragestellungen (B2)</li> <li>– Aufstellen von wertebasierten Bewertungskriterien innerfachlicher und gesellschaftlicher/ wirtschaftlicher Art (B7)</li> <li>– Bewertung der Zielsetzungen aus ökologischer, ökonomischer, politischer und sozialer Perspektive (B12)</li> </ul>

<b>UV LK-Ö1: Anpasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen</b> <b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b> Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> – Exkursion zu einer schulnahen Wiese	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen Fachliche Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> – Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) – Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) – Fachspezifische Modell und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E) – Informationen aufbereiten (K)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur- und Funktion: – Kompartimentierung in Ökosystemen Steuerung und Regelung – Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz Individuelle und evolutive Entwicklung – Anpasstheit an abiotische und biotische Faktoren	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren.	– erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8).	<b>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?</b> (ca. 3 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Modellökosysteme, z.B. Flaschengarten</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> – Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ SI) – Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem mit Hilfe einer Concept Map – Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8) – Präsentation zentraler Fragestellungen und Forschungsgebiete der Ökologie, die bei der Untersuchung des Zusammenwirkens von abiotischen und biotischen Faktoren im Verlauf der Unterrichtsvorhaben zur Ökologie eine Rolle spielen (Advance Organizer)

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1-3, E9, E13).</li> </ul>	<p><b>Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Herstellung eines Zusammenhangs zwischen einer langfristigen standortspezifischen Verfügbarkeit / Intensität eines Umweltfaktors und den entsprechenden Anpassungen bei Tieren am Beispiel des Umweltfaktors Wasser (ggf. Reaktivierung des Vorwissens zu morphologischen und physiologischen Anpassungen bei Pflanzen → UV 3 Stoffwechselphysiologie)</li> <li>– Untersuchung der Temperaturpräferenz bei Wirbellosen</li> <li>– Interpretation von Toleranzkurven eurythermer und stenothermer Lebewesen.</li> <li>– Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperatortoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung</li> <li>– Erweiterung des Konzepts der physiologischen Toleranz durch die Analyse von Daten aus Mehrfaktorenexperimenten, kritische Betrachtung der Übertragbarkeit der in Laborversuchen gewonnenen Daten auf die Situation im Freiland (E13)</li> <li>– Beschreibung des Wirkungsgesetzes der Umweltfaktoren</li> <li>– Reflexion der Methodik und Schlussfolgerung, dass die Auswirkungen veränderter Umweltbedingungen aufgrund des komplexen Zusammenwirkens vieler Faktoren nur schwer vorhersagbar sind (E13)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz,</li> <li>– Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz</li> <li>– Ökologische Nische</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–K8).</li> <li>– erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen Standorten auf die Verbreitung von Arten?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse von Langzeitdaten zur Abundanz verschiedener Arten in Mischkultur im Freiland und Vergleich der Standortfaktoren mit in Laborversuchen erhobenen Standortpräferenzen (E9, E17)</li> <li>– Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz, z. B. von Baumarten oder Gräsern in Mono- und Mischkultur (S7)</li> <li>– Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (E9, K6–8)</li> <li>– Erläuterung des Konzepts der „ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller biotischen und abiotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
–	–		Beziehungen → UV 2 Ökologie) – Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und der ultimatsten Erklärung der Einnischung (K7, E17)
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungs-zusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen,</li> <li>– Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8).</li> <li>– analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</li> </ul>	<p><b>Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Fettwiese oder Magerrasen? – Zeigerpflanzen geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Exkursion im Schulumfeld, Bestimmung und quantitative Erfassung von Arten und Einführung in das Prinzip des Biomonitorings, z.B. anhand einer Flechtenkartierung oder der Ermittlung von Zeigerpflanzen [1] (E4, E7–9)</li> <li>– Sensibilisierung für den Zusammenhang von Korrelation und Kausalität (K8) und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses (E15)</li> <li>– Ableitung von Handlungsoptionen für das untersuchte Ökosystem (E15)</li> <li>– Internetrecherche zur ökologischen Problematik von intensiver Grünlandbewirtschaftung (Fettwiesen), Begründung von Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen von heimischen, artenreichen Magerwiesen (K11–14) [2,3]</li> </ul>

<b>UV LK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften</b> <b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b> Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen Einfluss des Menschen auf Ökosysteme Nachhaltigkeit Biodiversität <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>– Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)</li> <li>– Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur- und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung in Ökosystemen</li> </ul> Individuelle und evolutive Entwicklung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum</li> <li>– Fortpflanzungsstrategien: r- und K-Strategien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– interpretieren grafische Darstellungen der Populationsdynamik unter idealisierten und realen Bedingungen auch unter Berücksichtigung von Fortpflanzungsstrategien (S5, E9, E10, E12, K9).</li> </ul>	<b>Welche grundlegenden Annahmen gibt es in der Ökologie über die Dynamik von Populationen?</b> (ca. 6 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Sukzession – wie verändern sich die Populationsdichte und -zusammensetzung an Altindustriestandorten?</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse der Bedingungen für exponentielles und logistisches Wachstum, Interpretation von grafischen Darstellungen unter idealisierten und realen Bedingungen (E9, E10)</li> <li>– Erläuterung von dichtebegrenzenden Faktoren</li> <li>– Recherche der charakteristischen Merkmale von r- und K- Strategen und Analyse von grafischen Darstellungen der charakteristischen Populationsdynamik (K9), Bezug zur veränderten Biozönose in Sukzessionsstadien (z. B. überwiegend r-Strategen auf einer Industriebrache)</li> <li>– Kritische Reflexion der im Unterricht verwendeten vereinfachten Annahmen zur Populationsökologie (E12)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Interspezifische Beziehungen: Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6-K8).</li> </ul>	<p><b><i>In welcher Hinsicht stellen Organismen selbst einen Umweltfaktor dar?</i></b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Gut vernetzt – Wechselwirkungen in Biozöosen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung der charakteristischen Merkmale von Konkurrenz (→ UV1 Ökologie), Räuber-Beute-Beziehung, Parasitismus, Mutualismus und Symbiose an aussagekräftigen Beispielen. Ggf. Präsentationen zu den Wechselwirkungen unter Berücksichtigung der Fachsprache und der Unterscheidung von funktionalen und kausalen Erklärungen (K6, K8)</li> <li>– Analyse der Angepasstheiten ausgewählter interagierender Arten auf morphologischer und physiologischer Ebene, z. B. bei Symbiose (K7)</li> <li>– Analyse von Daten zu Wechselwirkungen und Bildung von Hypothesen zur vorliegenden Beziehungsform [1], Reflexion der Datenerfassung (z. B. Diskrepanz zwischen Labor- und Freilandbedingungen, Methodik) (E9)</li> <li>– Interpretation grafischer Darstellungen von Räuber-Beute-Systemen und kritische Reflexion der Daten auch im Hinblick auf Bottom Up- oder Top Down-Kontrolle (E9)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ökosystemmanagement: nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> <li>– Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10).</li> <li>– analysieren Schwierigkeiten der Risikobewertung für hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt unter Berücksichtigung verschiedener Interessenslagen (E15, K10, K14, B1, B2, B5).</li> </ul>	<p><b><i>Wie können Aspekte der Nachhaltigkeit im Ökosystemmanagement verankert werden?</i></b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Pestizideinsatz in der Landwirtschaft</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse eines Fallbeispiels zur chemischen Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz (K12)</li> <li>– Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umweltnutzung und Biodiversitätsschutz beim Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14, B2, B5, B10) [2]</li> <li>– Bewertung von Handlungsoptionen im Sinne eines nachhaltigen Ökosystemmanagements und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14) [3]</li> <li>– Angeleitete Recherche (z. B. auf den Seiten des Umweltbundesamtes [4]) zu den Auswirkungen hormonartig wirkender Pestizide auf Tiere und die Fruchtbarkeit des Menschen sowie der Anreicherung in Nahrungsketten (K10)</li> <li>– Nennung der Schwierigkeiten, die bei der Risikobewertung hormonartig wirkender Substanzen in der Umwelt auftreten und Diskussion der damit verbundenen Problematik eines Verbotsverfahrens (BfR Endokrine Disruptoren) (E15)</li> <li>– Analyse der Interessenslagen der involvierten Parteien (B1, B2) [5]</li> </ul>

<b>UV LK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen</b> <b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b> Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen Einfluss des Menschen auf Ökosysteme Nachhaltigkeit Biodiversität <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)</li> <li>– Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)</li> <li>– Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> <li>– Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur- und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung in Ökosystemen</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffkreisläufe in Ökosystemen</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</li> </ul>	<p><i><b>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</b></i></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ SI) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4)</li> <li>– ggf. Analyse eines Fallbeispiels zur Entkopplung von Nahrungsketten durch die Erderwärmung [1]</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie)</li> <li>– Interpretation der Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14)</li> <li>– Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene</li> <li>– Diskussion der Möglichkeiten u. Grenzen der modellhaften Darstellgen. (E12)</li> <li>– ggf. Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbefunden (E14) [1]</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</li> </ul>	<p><b><i>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</i></b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ SI) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4)</li> <li>– ggf. Analyse eines Fallbeispiels zur Entkopplung von Nahrungsketten durch die Erderwärmung [1]</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie)</li> <li>– Interpretation der Unterschiede der Speicherspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14)</li> <li>– Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene</li> <li>– Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der modellhaften Darstellungen (E12)</li> <li>– Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbedunden (E14) [2]</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</li> </ul>	<p><b><i>Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?</i></b></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Darstellung der Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) [2,3]</li> <li>– Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14)</li> <li>– Recherche zu Kippunkten (Tipping Points) des Klimawandels und Erläuterung eines Kippelements, z. B. Permafrostboden (K2) [6]</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> <li>– ökologischer Fußabdruck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12).</li> <li>– beurteilen anhand des ökologischen Fußabdrucks den Verbrauch endlicher Ressourcen aus verschiedenen Perspektiven (K13, K14, B8, B10, B12).</li> </ul>	<p><b>Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?</b> (ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Identifikation nicht wissenschaftlicher Aussagen im Vergleich zu wissenschaftlich fundierten Aussagen bezüglich des anthropogenen Einflusses auf den Treibhauseffekt (E16) [7]</li> <li>– Angeleitete Recherche zu den geografischen, zeitlichen und sozialen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts sowie zu den beschlossenen Maßnahmen [8]</li> <li>– Entwicklung von Kriterien für die Bewertung der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Dimensionen für globale Entwicklung (Umwelt, Soziales, Wirtschaft) sowie Abschätzung der Wirksamkeit der Maßnahmen (B4, B7, K14, B12)</li> <li>– Ermittlung eines ökologischen Fußabdrucks, Reflexion der verschiedenen zur Ermittlung herangezogenen Dimensionen, Sammlung von Handlungsoptionen im persönlichen Bereich (B8, K13)</li> <li>– Erkennen der Grenzen der wissenschaftlichen Wissensproduktion und der Akzeptanz vorläufiger und hypothetischer Aussagen, die auf einer umfassenden Datenanalyse beruhen (E16)</li> <li>– ggf. kritische Auseinandersetzung mit dem in der Wissenschaft diskutierten Begriffs des „Anthropozän“</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Stickstoffkreislauf</li> <li>– Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, nachhaltige Nutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</li> <li>– analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</li> </ul>	<p><b>Wie können umfassende Kenntnisse über ökologische Zusammenhänge helfen, Lösungen für ein komplexes Umweltproblem zu entwickeln?</b> (ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Umweltproblem Stickstoffüberschuss: Ursachen und Auswege</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erarbeitung des natürlichen Stickstoffkreislaufs, Identifikation der Speicherspeicher und Austauschwege. Fokussierung auf die Anteile von molekularem Stickstoff und biologisch verfügbaren Verbindungen.</li> <li>– Fokussierung auf die anthropogene Beeinflussung des Stickstoffkreislaufs und Strukturierung von Informationen zur komplexen Umweltproblematik durch Stickstoffverbindungen (K2, K5) [9,10]</li> <li>– Recherche zu einem ausgewählten, ggf. lokalen Umweltproblem, welches auf einem zu hohen Stickstoffeintrag beruht und zu den unternommenen Renaturierungsmaßnahmen (K11–14).</li> </ul>

<b>UV LK-G1: DNA - Speicherung und Expression genetischer Information</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 28 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> Besuch eines molekulargenetischen Labors und Durchführung von PCR und Gelelektrophorese	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Molekulargenetische Grundlagen des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>– Informationen aufarbeiten (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> <b>Struktur- und Funktion:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Kompartimentierung bei der Proteinbiosynthese</li> </ul> <b>Stoff- und Energieumwandlung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energiebedarf am Bsp. von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese</li> </ul> <b>Information und Kommunikation</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Codierung und Decodierung von Informationen bei der Proteinbiosynthese</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation	– leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10).	<b>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?</b> <i>(ca. 4 Ustd.)</i>	<b>Kontext:</b> <b>Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung</b> <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ Sek I, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4]</li> <li>– Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STAHN-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2]</li> <li>– Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos</li> <li>– Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynukleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</li> </ul>	<p><b>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau von Proteinen (→ EF) und Erarbeitung des Problems der Codierung bzw. Decodierung von Informationen auf DNA-Ebene, RNA-Ebene und Proteinebene (Bezug zum Basiskonzept Information und Kommunikation und auch Struktur und Funktion)</li> <li>– Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen</li> <li>– Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache</li> <li>– Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien</li> <li>– Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema [ggf. 3]</li> <li>– Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</li> <li>– Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– deuten Ergebnisse von Experimenten zum Ablauf der Proteinbiosynthese (u. a. zur Entschlüsselung des genetischen Codes) (S4, E9, E12, K2, K9).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>– Analyse der Experimente von MATTHAEI und NIRENBERG zur Entschlüsselung des genetischen Codes nach dem naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung [3] und ggf. weiterer Experimente</li> <li>– Reflexion der Fragestellungen und Methoden der ausgewählten Experimente zum Ablauf der Proteinbiosynthese (z. B. hinsichtlich der technischen Möglichkeiten)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</li> </ul>	<p><b>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Transkription und Translation bei Eukaryoten</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten</li> <li>– Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation</li> <li>– Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten</li> <li>– Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben (Basiskonzept Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).</li> </ul>	<p><b>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ Sek I, → EF)</li> <li>– Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus)</li> <li>– Ableitung der verschiedenen Typen von Genmutationen unter Berücksichtigung der molekularen Ebenen (DNA, RNA, Protein) sowie der phänotypischen Auswirkungen auf Ebene der Zelle bzw. des Organismus (Einbezug der Basiskonzepte Struktur und Funktion und Information und Kommunikation)</li> <li>– Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblen Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen</li> <li>– Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– PCR</li> <li>– Gelelektrophorese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern PCR und Gelelektrophorese unter anderem als Verfahren zur Feststellung von Genmutationen (S4, S6, E8–10, K11).</li> </ul>	<p><b>Mit welchen molekularbiologischen Verfahren können zum Beispiel Genmutationen festgestellt werden?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Analyse von Genmutationen (z. B. SARS-CoV-2-Mutanten, Diagnose von Gendefekten oder Resistenzen) [5]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erläuterung der PCR-Methode unter Berücksichtigung der Funktionen der Komponenten eines PCR-Ansatzes und des Ablaufs der PCR [6]</li> <li>Diskussion der möglichen Fehlerquellen und der Notwendigkeit von Negativkontrollen bei Anwendungen der PCRErläuterung des Grundprinzips der DNA-Gelelektrophorese und Anwendung der Verfahren zur Identifikation von Genmutationen durch Wahl der Primer oder ggf. RFLP-Analyse (dann Erklärung der Funktion von Restriktionsenzymen als Werkzeug der Molekularbiologie); Benennung der DNA-Sequenzierung als Technik zur Analyse von Sequenzunterschieden [7]</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).</li> </ul>	<p><b>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?</b></p> <p>(ca. 7 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums (Basiskonzept Steuerung und Regelung)</li> <li>– Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der Modellierungen [ggf. 6]</li> <li>– Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung</li> </ul>

<b>UV LK-G2: DNA – Regulation der Genexpression und Krebs</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> ggf. Besuch durch Pharmazeutin oder Pharmazeuten zur Einführung in personalisierte Medizin	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Molekulargenetische Grundlagen des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>– Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Stoff- und Energieumwandlung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Energiebedarf am Bsp. von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese</li> </ul> Information und Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> <li>– Codierung und Decodierung von Informationen bei der Proteinbiosynthese</li> </ul> Steuerung und Regelung <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung, Histonmodifikation, RNA-Interferenzen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).</li> <li>– erläutern die Genregulation bei Eukaryoten durch RNA-Interferenz und Histon-Modifikation anhand von Modellen (S5, S6, E4, E5, K1, K10).</li> </ul>	<b>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?</b> (ca. 10 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung</b> <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums (Basiskonzept Steuerung und Regelung)</li> <li>– Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der Modellierungen [ggf. 6]</li> <li>– Erläuterung des natürlichen Mechanismus der RNA-Interferenz bei Pflanzen und Tieren anhand einer erarbeiteten Modellierung ausgehend von verschiedenen Darstellungen und Präsentation der Ergebnisse [2]</li> <li>– Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– begründen Eigenschaften von Krebszellen mit Veränderungen in Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen (Tumor-Suppressor-Genen) (S3, S5, S6, E12).</li> </ul>	<p><b>Wie können zelluläre Faktoren zum ungehemmten Wachstum der Krebszellen führen?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Krebsentstehung als Deregulation zellulärer Kontrolle des Zellzyklus</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zur Bedeutung des Zellzyklus und Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)</li> <li>– Erläuterung der Eigenschaften von Krebszellen und medizinischer Konsequenzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen (Basiskonzept Steuerung und Regelung)</li> <li>– Modellierung der Wirkweise der von Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen codierten Faktoren (wie etwa RAS und p53) in Bezug auf die Kontrolle des Zellzyklus</li> <li>– Formulierung von Hypothesen zu deren Fehlfunktion aufgrund von Mutationen unter Bezug auf Mechanismen der Genregulation (Basiskonzept Steuerung und Regelung) unter Einbezug der verschiedenen Systemebenen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– begründen den Einsatz der personalisierten Medizin in der Krebstherapie (S4, S6, E14, K13).</li> </ul>	<p><b>Welche Chancen bietet eine personalisierte Krebstherapie?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Krebstherapie: Ermöglicht eine Personalisierung die Vermeidung von Nebenwirkungen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Aktivierung von Vorwissen zur Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)</li> <li>– Erläuterung der Nebenwirkungen von Zytostatika ausgehend von generellen Eigenschaften der Tumorzellen</li> <li>– Formulierung von Hypothesen zu Therapieansätzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen und der Verminderung von Nebenwirkungen bei systemischer Behandlung</li> <li>– Begründung einer Genotypisierung zum Beispiel vor der Chemotherapie mit 5-Fluorouracil [4] und ggf. weiterer Ansätze zu individualisierten Behandlungsmethoden [5, 6] (auch Einbezug von mRNA-Techniken ist möglich) auch unter Berücksichtigung der entstehenden Kosten durch medizinische Forschung und Produktion der Wirkstoffe</li> </ul>

<b>UV LK-G3: Humangenetik, Gentechnik und Gentherapie</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Molekulargenetische Grundlagen des Lebens Fachliche Verfahren: Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA Gentherapeutische Verfahren <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> <li>– Erkenntnisprozesse und Folgen reflektieren (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Information und Kommunikation <ul style="list-style-type: none"> <li>– Codierung und Decodierung von Informationen bei der Proteinbiosynthese</li> </ul> Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie	– analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8).	<b>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?</b>  (ca. 4 Ustd.)	Kontext: <b>Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen</b> zentrale Unterrichtssituationen: – Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF) – Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse – Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen – ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1]
– Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren	– erklären die Herstellung rekombinanter DNA und nehmen zur Nutzung gentechnisch veränderter Organismen Stellung (S1, S8, K4, K13, B2, B3, B9, B12).	<b>Wie wird rekombinante DNA hergestellt und vermehrt?</b> <b>Welche ethischen Konflikte treten bei der Nutzung gentechnisch veränderter Organismen auf?</b>  (ca. 8 Ustd.)	Kontext: <b>Insulinproduktion durch das Bakterium <i>Escherichia coli</i></b> zentrale Unterrichtssituationen: – Erläuterung der Eigenschaften und Funktionen von gentechnischen Werkzeugen wie Restriktionsenzymen, DNA-Ligase und den Grundelementen eines bakteriellen Vektors sowie der Herstellung rekombinanter DNA und ihrer Vermehrung in Bakterien, ggf. Blau-Weiß-Selektion – Ableitung der erhöhten Komplexität der gentechnischen Manipulation eukaryotischer Systeme – Diskussion der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen unter Berücksichtigung des Erhalts der Biodiversität, ökonomischer Aspekte, politischer und sozialer Perspektiven, ggf. Einbindung von [2] – Reflexion des Entscheidungsprozesses mit Unterscheidung zwischen deskriptiven und normativen Aussagen sowie Berücksichtigung der Intention der verwendeten Quellen

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<p>– Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</p>	<p>– bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen (S1, K14, B3, B7–9, B11).</p>	<p><b>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen</li> <li>– Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen</li> <li>– Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive</li> <li>– ggf. Erläuterung der Möglichkeiten und Risiken gentherapeutischer Verfahren wie die Anwendung von CRISPR-Cas [3, 4] beim Menschen und Diskussion der relevanten Bewertungskriterien aus verschiedenen Perspektiven</li> </ul>

<b>UV LK-E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> – ggf. Zoobesuch	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Entstehung und Entwicklung des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> – Biologische Sachverhalte betrachten (S) – Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) – Informationen aufarbeiten (K)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Individuelle und evolutive Entwicklung: – Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift	– begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).	<b>Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?</b> (ca. 6 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> – Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen – Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion – Analyse der Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelvielfalt von Populationen – Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und der Vermeidung finaler Begründungen
– Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness	– erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).	<b>Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Angepasstheiten?</b> (ca. 2 Ustd.)  <b>Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?</b> (ca. 2 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>z.B.: Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> – Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwenkolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1] – Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximativer und ultimativer Ursachen und Vermeidung finaler Begründungen [1] – Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären?</b> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Rothirsch-Geweih und Pfauenrad</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus</li> <li>– Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>– Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern das Fortpflanzungsverhalten von Primaten datenbasiert auch unter dem Aspekt der Fitnessmaximierung (S3, S5, E3, E9, K7).</li> </ul>	<p><b>Wie lassen sich die Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten erklären?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Variabilität der Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ableitung der Zusammenhänge zwischen Reproduktionserfolg, ökologischer Situation und Paarungsstrategie für Männchen bzw. Weibchen und Entwicklung von Hypothesen zu den Strategien z. B. bei Krallenaffen [2]</li> <li>– Erläuterung der endogenen und exogenen Ursachen von Fortpflanzungsverhalten unter der Berücksichtigung proximativer und ultimativer Erklärungen und der Vermeidung finaler Begründungen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Synthetische Evolutionstheorie: Koevolution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?</b> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>– Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen</li> <li>– Zusammenfassung der Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache</li> </ul>

<b>UV LK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Entstehung und Entwicklung des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>– Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)</li> <li>– Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren</li> <li>– Informationen aufarbeiten (K)</li> </ul>		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels</li> </ul>	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation	– erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7)	<b>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?</b> (ca. 4 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache</li> <li>– Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen</li> <li>– Ableitung des morphologischen, biologischen und populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung</li> <li>– Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen</li> <li>– Reflexion der ultimat und proximat Ursachen für Artwandel und Artbildung und</li> </ul>
– molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale	– deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).	<b>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?</b> (ca. 3 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese</li> <li>– Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen</li> <li>– Ableitung phylogenetischer Verwandtschaften auf Basis des Sparsamkeitsprinzips und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<p>– molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</p>	<p>– analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).</p>	<p><b>Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>z.B.: Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche [1]</li> <li>– Deutung der molekularen Ähnlichkeiten des Kollagens und Analyse des phylogenetischen Stammbaums unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen</li> <li>– Erläuterung der Verwendung morphologischer und molekularer Daten zur Erstellung von Stammbäumen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul> <p><i>Kontext:</i> <b>Vielfalt einer Genfamilie (z. B. Hämoglobin-Gene)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Darstellung der molekularen Ähnlichkeiten auf DNA- und Proteinebene</li> <li>– Erklärung der Entstehung einer Genfamilie ausgehend von Genduplikationen und unabhängiger Entwicklung der einzelnen Genvarianten</li> <li>– Diskussion der Evolution von Genfamilien anhand von Gen-Stammbäumen und Abgrenzung zur Analyse von phylogenetischen Verwandtschaften zwischen Lebewesen</li> </ul>
<p>– molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</p>	<p>– deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</p>	<p><b>Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?</b> (ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Deutung der Übereinstimmungen im Hinblick auf die phylogenetische Verwandtschaft von Arten auf der einen Seite und den unabhängig voneinander entstandenen Mutationen auf der anderen Seite</li> <li>– Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	<i>Sequenzierung: Leitfragen</i>	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5).</li> </ul>	<p><b>Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?</b></p> <p><i>(ca. 2 Ustd.)</i></p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erläuterung der Merkmale naturwissenschaftlicher Theorien unter Berücksichtigung der Evidenzbasierung sowie Begründung der Einordnung des Intelligent Design als Pseudowissenschaft</li> <li>– Reflexion der verschiedenen Betrachtungsweisen evolutiver Prozesse durch Religion, Philosophie und Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Intentionen der jeweiligen Quellen</li> </ul>

<b>UV LK-E3: Humanevolution und kulturelle Evolution</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> – Besuch des Neanderthal-Museums	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Entstehung und Entwicklung des Lebens <b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> – Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) – Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) – Informationen aufarbeiten (K)		<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Individuelle und evolutive Entwicklung: – Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels	
Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
– Evolution des Menschen und kulturelle Evolution: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen, Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung	– diskutieren wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution auch unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit (S4, E9, E12, E15, K7, K8).	<b>Wie kann die Evolution des Menschen anhand von morphologischen und molekularen Hinweisen nachvollzogen werden?</b>  (ca. 7 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Stammbusch des Menschen – ein dynamisches Modell</b>  <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> – Formulierung von Hypothesen zu morphologischen Anpassungen des modernen Menschen an den aufrechten Gang im Vergleich zum Schimpanse unter Berücksichtigung proximaler und ultimativer Erklärungen und Vermeidung finaler Begründungen – Erläuterung von Trends in der Hominidenevolution auf Basis von Schädelvergleichen und Reflexion der Vorläufigkeit der Erkenntnisse aufgrund der lückenhaften Fossilgeschichte – Diskussion der „Out-of-Africa“-Theorie unter Einbezug der Fossilgeschichte und genetischer Daten zu Neandertaler und Denisova-Mensch und Erläuterung der genetischen Vielfalt des modernen Menschen
	– die Bedeutung der kulturellen Evolution für soziale Lebewesen analysieren (E9, E14, K7, K8, B2, B9).	<b>Welche Bedeutung hat die kulturelle Evolution für den Menschen und andere soziale Lebewesen?</b>  (ca. 3 Ustd.)	<b>Kontext:</b> <b>Kultur und Tradition – typisch Mensch?</b>  <b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> – Erläuterung der Begriffe Kultur und Tradition im Kontext der Humanevolution mit Einbezug des Werkzeuggebrauchs und der Sprachentwicklung unter Unterscheidung funktionaler und kausaler Erklärungen – Reflexion ultimativer und proximaler Erklärungen zur kulturellen Evolution des Menschen unter Vermeidung finaler Begründungen – Analyse von Kommunikation und Tradition bei sozial lebenden Tieren (Werkzeuggebrauch bei Schimpansen, Jagdtechniken bei Orcas oder Delfinen) und multiperspektivische Diskussion ihrer Bedeutung

## 7 Themenfelder der Qualifikationsphase für LK und GK in Übersicht

Grundkurs	Leistungskurs
<p><b>Neurophysiologie</b></p> <p>Grundlagen der Informationsverarbeitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen</li> <li>– Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Erregungsleitung</li> <li>– Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, Stoffeinwirkung an Synapsen, neuromuskuläre Synapse</li> </ul> <p>Fachliche Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Potenzialmessungen</li> </ul>	<p><b>Neurophysiologie</b></p> <p>Grundlagen der Informationsverarbeitung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Bau und Funktionen von Nervenzellen</li> <li>– Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Erregungsleitung, primäre und sekundäre Sinneszelle, Rezeptorpotenzial</li> <li>– Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, Stoffeinwirkung an Synapsen, neuromuskuläre Synapse</li> <li>– Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung</li> </ul> <p>Neuronale Plastizität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation</li> <li>– Zelluläre Prozesse des Lernens</li> <li>– Störungen des neuronalen Systems</li> </ul> <p>Fachliche Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Potenzialmessungen</li> <li>– Neurophysiologische Verfahren</li> </ul>

Grundkurs	Leistungskurs
<p><b>Stoffwechselphysiologie</b></p> <p>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel, Stoffwechselregulation auf Enzymebene</li> <li>– Stofftransport zwischen Kompartimenten</li> <li>– Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>– Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP-ADP-System</li> </ul> <p>Aufbauender Stoffwechsel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Funktionale Anpassungen: Blattaufbau, Feinbau Chloroplast, Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum</li> <li>– Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> <li>– Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>– Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> </ul> <p>Abbauender Stoffwechsel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Feinbau Mitochondrium</li> <li>– Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> </ul> <p>Fachliche Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Chromatografie</li> </ul>	<p><b>Stoffwechselphysiologie</b></p> <p>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel, Stoffwechselregulation auf Enzymebene</li> <li>– Stofftransport zwischen Kompartimenten</li> <li>– Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>– Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP-ADP-System</li> </ul> <p>Aufbauender Stoffwechsel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Funktionale Anpassungen: Blattaufbau, Feinbau Chloroplast, Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Lichtsammelkomplex</li> <li>– Energetisches Modell der Lichtreaktion</li> <li>– Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> <li>– Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>– Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> <li>– C<sub>4</sub>-Pflanzen</li> </ul> <p>Abbauender Stoffwechsel</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Feinbau Mitochondrium</li> <li>– Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> <li>– Energetisches Modell der Atmungskette</li> <li>– Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung</li> </ul> <p>Fachliche Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Chromatografie</li> <li>– Tracer-Methode</li> </ul>

Grundkurs	Leistungskurs
<p><b>Ökologie</b></p> <p>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren</li> <li>– Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven, ökologische Potenz</li> <li>– Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf, Nahrungsnetz</li> <li>– Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen</li> <li>– Ökologische Nische</li> </ul> <p>Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> <li>– Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> </ul> <p>Fachliche Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>	<p><b>Ökologie</b></p> <p>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren</li> <li>– Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven, ökologische Potenz</li> <li>– Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf, Stickstoffkreislauf, Nahrungsnetz</li> <li>– Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen</li> <li>– Ökologische Nische</li> <li>– idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum</li> </ul> <p>Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> <li>– Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> <li>– Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt</li> <li>– Ökologischer Fußabdruck</li> </ul> <p>Fachliche Verfahren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>

Grundkurs	Leistungskurs
<p><b>Genetik und Evolution</b></p> <p><b>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> <li>– Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung</li> <li>– Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen</li> <li>– Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> </ul> <p><b>Entstehung und Entwicklung des Lebens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift, adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness, Koevolution, Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> <li>– Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation, molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</li> </ul>	<p><b>Genetik und Evolution</b></p> <p><b>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> <li>– Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung, Histonmodifikation, RNA-Interferenz</li> <li>– Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen</li> <li>– Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> <li>– Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin</li> </ul> <p><b>Entstehung und Entwicklung des Lebens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift, adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness, Koevolution, Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> <li>– Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation, molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</li> <li>– Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten</li> <li>– Evolution des Menschen und kulturelle Evolution: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen, Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung</li> </ul> <p><b>Fachliche Verfahren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– PCR</li> <li>– Gelelektrophorese</li> <li>– Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren</li> </ul>