

Biologie

Lehrplan

Gymnasiale Oberstufe

Grundkurs

Redaktionell veränderte Fassung (Juli 2024)

2024



Vorwort

Die Inhalte der Lehrpläne für das Fach Biologie der Gymnasialen Oberstufe und die formulierten Teilkompetenzen basieren auf den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife, die von der KMK am 18.06.2020 veröffentlicht wurden. Sie knüpfen an die Bildungsstandards und Lehrpläne der Sekundarstufe I an; dabei werden einige Inhalte im Sinne eines Spiralcurriculums erneut aufgegriffen, um nun erweitert und vertieft behandelt zu werden. Dabei rückt die molekulare Systemebene in vielen Bereichen verstärkt in den Fokus.

Bildungsstandards im Fach Biologie

Die Lehrpläne für das Fach Biologie der GOS sind kompetenzorientiert; im Zentrum steht nicht Fachwissen, sondern Fähigkeiten und Fertigkeiten, welche im Zusammenhang mit Fachwissen nötig sind, um bestimmte Anforderungssituationen erfolgreich zu bewältigen. Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife definieren die Kompetenzen (= Standards), die Lernende bis zum Ende der Qualifikationsphase - auf grundlegendem oder erhöhten Anforderungsniveau - erwerben sollen. Die einzelnen Kompetenzbereiche werden im folgenden Kompetenzmodell näher beschrieben.

Kompetenzmodell

Das Modell der naturwissenschaftlichen Kompetenz gemäß der KMK-Bildungsstandards unterscheidet vier Kompetenzbereiche, die einander durchdringen und gemeinsam die Fachkompetenz abbilden:

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

Biologische Sachverhalte und Eigenschaften lebender Systeme werden mithilfe von Basiskonzepten strukturiert und erschlossen. Zu biologischen Phänomenen werden theoriegeleitet Hypothesen formuliert.

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

Der Prozess der Erkenntnisgewinnung in den Naturwissenschaften geht dabei vom beobachteten Phänomen aus, welches Fragestellungen aufwirft, deren Beantwortung dem hypothetisch-deduktiven Verfahren (siehe unten) folgt. Dem kriteriengeleiteten Experimentieren und Modellieren kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

„Die **Kommunikationskompetenz** der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen.“

Dies umfasst die zielgerichtete und selbstständige Recherche zu biologischen Sachverhalten in analogen und digitalen Medien, wobei die Quellen nicht nur angegeben, sondern kritisch geprüft und sorgfältig belegt werden sollen. Relevante Informationen sollen kriteriengeleitet ausgewählt, strukturiert dokumentiert und unter Nutzung der Fachsprache sach- und adressatengerecht präsentiert werden.

Zur Aufbereitung von Informationen gehört die Nutzung geeigneter Darstellungsformen (z. B. Diagramme, Tabellen, Schemata, Reaktionsgleichungen, Stammbäume) sowie die Überführung von Sachverhalten von einer in eine andere Darstellungsform (z. B. Erstellen eines Flussdiagramms aus einem Fließtext, Zeichnen von Kurvendiagrammen anhand gegebener Daten).

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

Erkenntnisse und Anwendungen der Biologie haben direkte Einflüsse auf Individuum, Gesellschaft und Umwelt. Ethisch relevante Aspekte der naturwissenschaftlichen Forschung müssen daher erkannt und die damit verknüpften Werte und Normen analysiert und gewichtet werden; dabei werden deskriptiv-beschreibende von normativ-wertenden Aussagen unterschieden.

Biotechnologische Verfahren bringen Chancen, aber auch Risiken mit sich, deren Folgen erkannt, bewertet und bei Entscheidungen berücksichtigt werden müssen. Somit ist die Bewertungskompetenz grundlegend für eine verantwortungsvolle gesellschaftliche Teilhabe. Fächerübergreifende Bezüge insbesondere zum Ethikunterricht können und sollten dabei gewinnbringend genutzt werden!

Besonderheit des „Erklärens“ im Biologieunterricht

Die Bildungsstandards messen dem Operator „erklären“ eine sehr differenzierte Bedeutung zu. Biologische Erklärungen können sich in der Art der Erkenntnis unterscheiden; funktionale Erklärungen (z. B. Struktur-Funktions-Zusammenhänge bei Anpassungen) sind von ursächlichen und damit kausalen Erklärungen (z. B. Abhängigkeiten der Fotosyntheseleistung von bestimmten Faktoren) abzugrenzen. Darüber hinaus können Erklärungen aus verschiedenen zeitlichen Perspektiven vorgenommen werden. Proximate Erklärungen (z. B.: „Das Fell des Eisbären hat keine Pigmente und sieht deshalb weiß aus“) und ultimate Erklärungen (z. B.: „Im Laufe der Stammesgeschichte hatten Bären mit weißem Fell einen Selektionsvorteil gegenüber Bären mit dunklem Fell und konnten sich erfolgreicher vermehren“) sind sprachlich von anderen, beispielsweise finalen Erklärungen („Der Eisbär hat weißes Fell, damit er im Schnee gut getarnt ist“), abzugrenzen. Letztere sind in der Biologie zu vermeiden und können sich nur auf menschliches Handeln beziehen.

Denk- und Arbeitsweisen - hypothetisch-deduktives Vorgehen

Typisch für naturwissenschaftliche Denkweisen ist das hypothetisch-deduktive Vorgehen bei der Untersuchung naturwissenschaftlicher Phänomene nach den folgenden Schritten:

1. Beobachten und Beschreiben eines Phänomens
2. Formulieren entsprechender Fragestellungen
3. Ableiten von Hypothesen
4. Erhebung empirischer Daten mit analogen und digitalen Werkzeugen
5. Auswerten und Interpretieren der erhobenen Daten
6. Stützen (Verifizieren) bzw. Widerlegen (Falsifizieren) der Hypothesen auf Basis der Ergebnisse

Zur Untersuchung von naturwissenschaftlichen Phänomenen im Sinne hypothetisch-deduktiven Vorgehens werden fachspezifische Arbeitsweisen, wie das Experimentieren oder Modellieren, genutzt. Die Erkenntnisgewinnung ist also häufig an die praktische Durchführung von Experimenten zur Datengewinnung gebunden, entsprechend haben Experimente auch für den Unterricht einen hohen Stellenwert und sind wesentlicher Bestandteil dieses Lehrplans. Das selbstständige, zielgerichtete Experimentieren oder Modellieren fördert die Erkenntnisgewinnungskompetenz in besonderem Maße. Durch den zielgerichteten Einsatz digitaler Werkzeuge bei der Gewinnung und Aufbereitung von Daten wird zudem die Medienkompetenz geschult. Für das

Experimentieren werden fachspezifische Arbeitstechniken vorausgesetzt, die bereits in der Sekundarstufe I erworben wurden, z. B. Herstellen von Präparaten, Mikroskopieren, fachgerechter Umgang mit Laborgeräten. Diese müssen angewendet und gefestigt werden.

Inhaltsbereiche

Kompetenzen können nur an bestimmten Inhalten erworben und trainiert werden. Die in den Lehrplänen der GOS aufgeführten Inhalte orientieren sich an den Vorgaben der KMK-Bildungsstandards; somit ist gewährleistet, dass die Schülerinnen und Schüler über die nötigen fachbezogenen Kompetenzen verfügen, um bundesweit einheitliche Abituraufgaben bewältigen zu können. Die Lehrpläne konkretisieren, an welchen Inhalten die von der KMK formulierten Standards erworben werden sollen. Die fachbezogenen Kompetenzen der Einführungsphase werden dabei als Grundlage vorausgesetzt. Ein Rückbezug ist nur dann explizit ausgewiesen, wenn Inhalte aus der Einführungsphase abiturrelevant sind (z. B. Analyse von Familienstammbäumen zu genetisch bedingten Erkrankungen). Einige Inhalte aus der Einführungsphase werden in der Hauptphase auf erhöhtem Niveau weitergeführt (z. B. Bau und Replikation der DNA).

Basiskonzepte in der Biologie

Der Vielfalt biologischer Phänomene liegen Gemeinsamkeiten zugrunde, die sich in Form von Basiskonzepten strukturieren lassen. Diese ermöglichen die Fokussierung auf zentrale Aspekte der Biologie, die Vernetzung fachlicher Inhalte und deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte werden übergreifend auf alle Kompetenzbereiche bezogen und fördern somit den nachhaltigen Aufbau von strukturiertem Wissen sowie die selbstständige Erschließung neuer Inhalte.

Lebewesen sind offene Systeme, die in stofflichen, energetischen und informatorischen Wechselwirkungen mit ihrer Umwelt stehen, zu Selbstregulation fähig sind und sich individuell und evolutiv entwickeln. Daraus werden folgende Basiskonzepte für den Biologieunterricht abgeleitet, die jeweils auf verschiedenen Systemebenen (z. B. Zelle - Gewebe - Organ - Organismus) betrachtet werden können.

Verknüpfung von Kompetenzbereichen, Inhalten und Basiskonzepten

Kompetenzorientierter Unterricht hat nicht Wissensvermittlung, sondern den Erwerb bestimmter Kompetenzen im Fokus. Diese werden an einem passenden inhaltlichen Aspekt bzw. einem konkreten Anwendungsbeispiel eingeübt, wobei stets ein Bezug zu einem Basiskonzept (oder mehreren) hergestellt werden soll. Dies erfolgt auf der Basis fachspezifischer Denk- und Arbeitsweisen.

| Basiskonzept | Beschreibung | Wesentliche Prinzipien |
|---|--|---|
| Struktur und Funktion | Zwischen einer Struktur und deren Funktion gibt es oft einen Zusammenhang. Dieser ist auf verschiedenen Systemebenen, von den Molekülen bis zur Biosphäre, relevant und gilt für Lebewesen und Lebensvorgänge. | Kompartimentierung, Schlüssel-Schloss-Prinzip, Oberflächenvergrößerung, Gegenspielerprinzip, Gegentromprinzip |
| Stoff- und Energieumwandlung | Biologische Systeme sind offene, sich selbst organisierende Systeme, die im ständigen Austausch mit der Umwelt stehen. Alle Lebensprozesse benötigen Energie und laufen unter Energieumwandlungen ab. Lebewesen nehmen Stoffe auf, wandeln sie um und scheiden Stoffe wieder aus. | Fließgleichgewicht, Stoffkreislauf, Energieentwertung, energetische Kopplung |
| Information und Kommunikation | Lebewesen nehmen Informationen auf, leiten sie weiter, verarbeiten und speichern sie und reagieren auf sie. Kommunikation findet auf verschiedenen Systemebenen statt: In einem vielzelligen Organismus sind alle Organe, Gewebe, Zellen und deren Bestandteile beständig an der Kommunikation beteiligt. Auch zwischen Organismen findet Kommunikation auf vielfältige Weise statt. | Signaltransduktion, Codierung und Decodierung von Information |
| Steuerung und Regelung | Biologische Systeme halten viele Zustandsgrößen in Grenzen, auch wenn innere oder äußere Faktoren sich kurzfristig stark ändern. Dabei werden innere Zustände aufrechterhalten oder funktionsbezogen verändert. | positive und negative Rückkopplung, Homöostase |
| Individuelle und evolutive Entwicklung | Lebende Systeme verändern sich über verschiedene Zeiträume im Zusammenhang mit Umwelteinflüssen. Die individuelle Entwicklung von Lebewesen und die Weitergabe ihrer genetischen Information durch Fortpflanzung sind die Grundlage für evolutive Entwicklung. Sexuelle Fortpflanzung führt zur Rekombination von genetischem Material und erhöht die genetische Variation. Zusammen mit Selektion ist genetische Variation eine wichtige Ursache für Artwandel. | Zelldifferenzierung, Reproduktion, Selektion |

Zum Umgang mit dem Lehrplan

Der vorliegende Lehrplan bildet das beschriebene Kompetenzmodell ab, indem er die zu entwickelnden Kompetenzen in einer Spalte darstellt. Alle hier formulierten Teilkompetenzen sind verbindlich; sie verknüpfen Bildungsstandards mit geeigneten Inhalten. Die in der linken Spalte aufgeführten Basisbegriffe sind den jeweiligen Teilkompetenzen zugeordnet und geben den Grad der Vertiefung sowie die Breite der Behandlung an. Daher sind sie als verpflichtend zu verstehen.

Die in der rechten Spalte hinzugefügten Vorschläge und Hinweise sind nicht verbindlich, helfen jedoch bei der didaktisch-methodischen Vorgehensweise. Sie liefern vertiefende Erläuterungen zu Kompetenzen und weisen auf konkrete Bezüge zu Basiskonzepten hin.

Die Operatoren geben eine Hilfestellung für die unterrichtliche Planung. Operatoren formulieren eindeutige Arbeitsanweisungen und damit beschreibbares Verhalten der Lernenden und sind als verbindlich anzusehen. Sie sind im Anhang aufgelistet und umschrieben und beruhen auf der einheitlichen Operatorenliste der KMK für die naturwissenschaftlichen Fächer, die auch der Formulierung der Aufgaben der Abituraufgabenpools zugrunde liegt. Ergänzt werden sie durch Operatoren, die bereits aus der saarländischen Operatorenliste bekannt sind. Dabei wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass weitere Operatoren verwendet werden können, wenn ihre Bedeutung eindeutig ist (z. B. „durchführen“ in Bezug auf ein Experiment). Operatoren sind nicht einer bestimmten Kompetenz oder einem Anforderungsniveau zuzuordnen. Der Operator „beschreiben“ ist genau so wenig ausschließlich dem AFB I zugeordnet wie der Operator „diskutieren“ oder „bewerten“ immer dem AFB III zugeordnet werden muss.

Die Reihenfolge der Themenfelder der Hauptphase ermöglicht eine aufeinander aufbauende, vernetzte Betrachtung biologischer Phänomene:

Grundlage für die Entstehung von Leben sind die Gene, welche den „Bauplan“ für die Bildung von Polypeptiden beinhalten. Dieser kann auf natürliche oder künstliche Weise verändert werden. Aus Polypeptiden wiederum werden Enzyme gebildet, welche an der Ausbildung von Merkmalen beteiligt sind. Enzyme sind unabdingbar für den Ablauf von Stoffwechselprozessen im lebenden Organismus; diese wiederum erfordern einen ständigen Austausch mit der Umgebung. Der Stoffwechsel von Organismen ist angepasst an ihre jeweilige ökologische Nische. Diese Anpassung folgt bestimmten Mechanismen der Evolution, die als durchgehendes Erklärungsprinzip und Basiskonzept stets mitgedacht werden muss. Im Laufe der Evolution hat sich ein hochkomplexes Nervensystem entwickelt, das kognitive Hochleistungen ermöglicht. Diese wiederum ermöglichen dem Menschen eine reflektierende Betrachtung der Welt und eine Bewertung von Handlungen und deren Folgen.

Auch wenn die Progression des Lehrplans einem roten Faden folgt, kann die vorgeschlagene Reihenfolge innerhalb der Themenfelder individuell angepasst werden. Ein Verschieben von Themenfeldern in andere Kurshalbjahre soll jedoch vermieden werden.

Querschnittsthemen im Lehrplan Biologie

Medienkompetenz - digitale Bildung

Die Digitalisierung bewirkt einen gesellschaftlichen Wandel und verändert viele Lebens- und Arbeitsbereiche, Die „Bildung in der digitalen Welt“ ist daher ein integraler Bestandteil dieses Lehrplans. Durch gezielte und reflektierte Nutzung digitaler Werkzeuge und Medien können Lehr- und Lernprozesse neu strukturiert und bereichert werden, sie ermöglicht die Stärkung des selbstständigen und individuellen Arbeitens, erfordert aber Medienkompetenz. Diese durchzieht alle Kompetenzbereiche und ist bei der Unterrichtsgestaltung immer mitzudenken; sie wird daher in den vorliegenden Lehrplänen nicht immer explizit ausgewiesen. Digitale Werkzeuge sollen insbesondere genutzt werden bei der Aufnahme und Dokumentation von Daten (z. B. Messungen, Erstellen von Diagrammen auf Basis von Messwerten), zum Modellieren (z. B. mittels geeigneter Simulationsprogramme), zur Recherche (hierbei ist auf eine kritische Beurteilung geeigneter Quellen und Prüfung des Urheberrechts zu achten) sowie zur Präsentation eigener Ergebnisse und Produkte.

Berufliche Orientierung

Das Fach Biologie kann Basis sein für eine Vielzahl von Studiengängen und Berufsausbildungen. Der Besuch außerschulischer Lernorte und Labore ist besonders geeignet, mögliche Berufsbilder und Tätigkeiten (z. B. die Arbeit in einem Labor) konkret kennenzulernen und sollte daher im Verlauf der Oberstufe jedem Kurs ermöglicht werden.

Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE)

Die Bildung für nachhaltige Entwicklung wird als Querschnittsaufgabe aller Fächer in den Themenfeldern inhaltlich berücksichtigt, ohne in jedem Fall ausdrücklich ausgewiesen zu werden. Konkrete BNE-Bezüge ergeben sich insbesondere im Themenfeld „Ökologie“, in dessen Rahmen anthropogene Einflüsse auf Ökosysteme beschrieben und bewertet sowie Maßnahmen des Ökosystemmanagements diskutiert werden. Auf weitere BNE-Bezüge wird in der rechten Spalte des Lehrplans jeweils hingewiesen.

Themenfelder Hauptphase der gymnasialen Oberstufe

| Themenfelder 1. Halbjahr der Hauptphase | | Biologie GK |
|--|--|--------------------|
| Genetik | | 80 Prozent |
| Stoffwechsel | | 20 Prozent |
| Themenfelder 2. Halbjahr der Hauptphase | | Biologie GK |
| Stoffwechsel | | 80 Prozent |
| Ökologie | | 20 Prozent |
| Themenfelder 3. Halbjahr der Hauptphase | | Biologie GK |
| Ökologie | | 50 Prozent |
| Evolution | | 50 Prozent |
| Themenfelder 4. Halbjahr der Hauptphase | | Biologie GK |
| Informationsverarbeitung in Lebewesen | | 100 Prozent |

Leitperspektive

Der universelle genetische Code ist die Grundlage für die Evolution der Lebewesen und steht daher auch am Beginn des Lehrplans der Hauptphase. Das Themenfeld „Genetik“ knüpft dabei an die Kenntnisse aus der Einführungsphase an und führt diese logisch fort. Die Erarbeitung der Schritte der Proteinbiosynthese und der möglichen Auswirkungen von Mutationen liefern Erkenntnisse zur Bildung von Enzymen, die wesentlich für das folgende Themenfeld „Stoffwechsel“ sind.

Das noch recht junge Gebiet der Epigenetik lehrt uns, dass die Expression von Genen auch durch Umwelt und Lebensweise beeinflusst werden kann. Die Kenntnisse und Technologien zur gezielten Veränderung von Erbmateriale entwickeln sich beständig weiter. Somit hat die Wissenschaft der Genetik eine zunehmende Relevanz für Individuum und Gesellschaft; die begründete Einschätzung der Chancen und Risiken gentherapeutischer Verfahren erfordern ein hohes Maß an Bewertungskompetenz bei jungen Menschen, welche durch eine multiperspektivische Betrachtung (persönliche, naturwissenschaftliche, wirtschaftliche, politische, ethische, philosophische Perspektive) gefördert werden soll.

Im Themenfeld „Genetik“ kommen die folgenden Basiskonzepte besonders zum Tragen:

- Struktur und Funktion: z. B. Bau der DNA, genetischer Code
- Steuerung und Regelung: z. B. Genexpression, Genregulation
- individuelle und evolutive Entwicklung: z. B. Weitergabe von Erbinformationen, Mutationen

Vorbemerkungen

Bei allen molekulargenetischen Prozessen spielen Enzyme eine wichtige Rolle; dennoch reicht es für das Verständnis der Abläufe zunächst aus, die konkreten Funktionen der beteiligten Enzyme (z. B. Helikase: Auftrennen des DNA-Doppelstrangs durch Lösen der Wasserstoffbrücken) anzugeben, ohne auf Bau und Funktionsweise von Enzymen allgemein einzugehen. Dies erfolgt erst im folgenden Themenfeld.

Auch wenn gentechnische Verfahrensweisen im Lehrplan des Grundkurses nicht verpflichtend vorgesehen sind, hat es einen hohen Motivationswert – auch im Hinblick auf eine Berufsorientierung – ein Schülerpraktikum durchzuführen. Hierfür stehen mehrere Labore als außerschulische Lernorte zur Verfügung.

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|---|---|
| G 1 Struktur des Erbmaterials (Wiederholung aus der Einführungsphase) | | |
| G 1.1 Die Funktion der DNA liegt in ihrer Struktur begründet. | | |
| a) Versuche von Griffith und Avery, DNA | Die Schülerinnen und Schüler a) begründen die Bedeutung der DNA als Erbsubstanz, b) führen einen Versuch durch zur Isolierung von DNA und erläutern die einzelnen Schritte, | a) Es bietet sich an, die Struktur der RNA (und ihrer Derivate) erst im Themenkomplex „Vom Gen zum Merkmal“ zu behandeln. b) Versuchsanleitung: siehe Handreichung; es bietet sich hier auch eine Fehlerdiskussion an. |
| c) Polynukleotidstrang, Doppelstrang, Einzelstrang, Chromosom, 3'- bzw. 5'-Ende, antiparallel, Doppelhelix, komplementäres Basenpaar, Wasserstoffbrücken(-bindungen), Zucker-Phosphat-Rückgrat, negative Ladung der DNA, DNA-Nukleotid, Chromatin, Heterochromatin, Histon | c) erläutern Bau und Funktion der DNA, | c) Basiskonzept Struktur und Funktion |
| d) Desoxyribonukleinsäure, Adenin, Thymin, Guanin, Cytosin, Desoxyribose, Purinbase, Pyrimidinbase, Phosphorsäurerest, Nukleotid, Nukleosid | d) erklären Strukturmerkmale der DNA am Modell, | |
| e) Modellkritik, Strukturmodell | e) diskutieren, inwiefern DNA-Modelle die Realität korrekt abbilden. | |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|--|--|
| G 1 Struktur des Erbmaterials (Wiederholung aus der Einführungsphase) | | |
| G 1.2 Die Struktur der DNA ermöglicht die Herstellung einer exakten Kopie. | | |
| <p>a) Versuch von Meselson und Stahl, Zentrifugation, Stickstoffisotop, Bakterien-DNA, Bandenmuster, semikonservativ</p> <p>b) Verdopplung / Replikation, Okazaki-Fragment, Helikase, Ligase, Primase, DNA-Polymerase, Primer, Leitstrang, Folgestrang, Mutterstrang, Tochterstrang, Replikationsgabel, Replikationsauge, kontinuierliche und diskontinuierliche Replikation, semikonservativ, Basensequenz, S-Phase, Interphase, Zellzyklus</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) schließen aus den Versuchsergebnissen von Meselson und Stahl auf die semikonservative Replikation der DNA und schließen andere Möglichkeiten begründet aus,</p> <p>b) beschreiben die semikonservative Replikation auf molekularer Ebene und erklären deren Bedeutung für die Zellteilung.</p> | <p>a) Herleitung über eine Diskussion der hypothetischen Möglichkeiten der DNA-Replikation (konservativ, dispers) eventuell Wiederholung Mitose An dieser Stelle kann die PCR als Anwendung besprochen werden.</p> <p>b) Die Replikation wurde bereits in der Einführungsphase behandelt und kann hier entsprechend dem vorhandenen Vorwissen auch knapper wiederholt werden. Sie ist aber abiturrelevant.</p> |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|---|---|
| G 2 Vom Gen zum Merkmal | | |
| G 2.1 Das Ablesen und Übersetzen genetischer Informationen ist ein chemischer Vorgang. | | |
| <p>a) Proteinbiosynthese, Transkription, Promotor, Terminator, RNA-Polymerase, codogener Strang, nicht-codogener Strang, Initiation, Start, Elongation, Termination, mRNA, 5'-Ende, 3'-Ende</p> <p>b) mRNA, Uracil, Ribonukleinsäure, Ribose, Einzelstrang</p> <p>c) Translation, Start-Codon, Stopp-Codon, mRNA, Basentriplett, Basensequenz, t - RNA, Kleeblattstruktur, Codon, Anticodon, Ribosom, Aminosäure, Bindungsstelle, A-Stelle, P-Stelle, E-Stelle, Aminosäurekette</p> <p>d) genetischer Code, Triplet-Code, Universalität des genetischen Codes, Redundanz, Eindeutigkeit, Kommafreiheit ohne Überlappung, Codesonne, Aminosäuresequenz</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) beschreiben die Transkription bei Prokaryoten,</p> <p>b) vergleichen den Bau von RNA und DNA,</p> <p>c) beschreiben die Translation,</p> <p>d) erläutern die Eigenschaften des genetischen Codes,</p> <p>e) schließen mit Hilfe der Codesonne von der Basensequenz einer DNA bzw. einer mRNA auf die Aminosäuresequenz und umgekehrt von der Aminosäuresequenz auf mögliche Basensequenzen.</p> | <p>a) Es bietet sich ein Überblick über die beiden wesentlichen Schritte der Proteinbiosynthese an.</p> <p>d) Bezug zur Bedeutung für die Evolution</p> |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|--|---|
| G 2 Vom Gen zum Merkmal | | |
| G 2.1 Das Ablesen und Übersetzen genetischer Informationen ist ein chemischer Vorgang. | | |
| f) Polypeptid, Protein, Primär-, Sekundär, Tertiär- und Quartärstruktur, Enzyme, Strukturproteine, Kanalproteine | Die Schülerinnen und Schüler f) beschreiben Bau und Funktion von Proteinen, | f) Beispiele für Funktionen: Enzyme, Hormone, Antikörper, Strukturproteine, Transportproteine |
| g) Aminogruppe, Carboxyl-Gruppe, Aminosäurerest, Peptidbindung, Peptidgruppe, Seitenkette, Dipeptid, Oligopeptid, Polypeptid | g) stellen die Bildung eines Dipeptids aus Aminosäuren mit Hilfe von Strukturformeln dar. | g) Dies kann am Beispiel Alanin und Glycin geschehen. |
| G 2.2 Gene können als Merkmale in Organismen ausgeprägt werden. | | |
| a) Genbegriff, Genprodukte, Genwirkkette, Gen – Enzym – Merkmal, dominant, rezessiv, Allel, Gen, homologe Chromosomen (Wiederholung aus der Einführungsphase) | Die Schülerinnen und Schüler a) erläutern die Zusammenhänge zwischen Genen, Allelen, Enzymen und Merkmalen. | a) Ein Gen ist weder dominant noch rezessiv. Nur Merkmale können dominant oder rezessiv sein. Eine Wiederholung der Begriffe „intermediär“ und „kodominant“ bietet sich an. |

Inhalte / Basisbegriffe**Verbindliche Kompetenzerwartungen****Vorschläge und Hinweise****G 3 Steuerung der Genaktivität**

G 3.1 Es kann reguliert werden, welche Abschnitte der DNA abgelesen und in Polypeptide übersetzt werden.

a) Genaktivität, Transkriptionsfaktoren, TATA-Box, Silencer, Enhancer, DNA-Methylierung, Methylgruppe, Epigenetik, Epigenom

Die Schülerinnen und Schüler

- a) beschreiben die differenzielle Genaktivität und Genregulation bei Eukaryoten,
- b) erklären die Bedeutung der Regulation der Genaktivität für die Ausprägung von Merkmalen.

- a) Strukturformeln sind nicht nötig, das Nutzen von Symbolen ist hier ausreichend.
- b) Basiskonzept Steuerung und Regelung

G 4 Mutationen – Gene verändern sich

G 4.1 Äußere Einflüsse können Gene verändern.

a) Mutationsrate, natürliche Mutationen

Die Schülerinnen und Schüler

- a) beschreiben Mutationen als zufällige ungerichtete Veränderungen von Genen, die weitervererbt werden können,
- b) erläutern den Einfluss von Mutagenen auf die Struktur von Genen.

b) chemische Mutagene, biologische Mutagene, physikalische Mutagene

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|--|---|
| G 4 Mutationen – Gene verändern sich | | |
| G 4.2 Mutationen können Gene verändern. | | |
| a) Genmutation, Punktmutation, stumme Mutation, Missensemutation, Nonsensemutation, Raster(schub)mutation, Insertion, Deletion, Substitution | Die Schülerinnen und Schüler a) beschreiben unterschiedliche Mutationstypen, b) analysieren Nukleinsäurestränge auf mögliche Mutationen und leiten Folgen auf Proteinebene ab. | a) Eventuell Wiederholung weiterer Mutationstypen aus der Einführungsphase (Chromosomen- und Genommutationen) |
| G 4.3 Die Folgen von Mutationen können sehr unterschiedlich ausfallen. | | |
| a) somatische Mutation, Keimbahnmutation, Entstehung von Allelen, neutrale Mutationen, Selektionsvorteil, Selektionsnachteil, Präadaptation, Antibiotikaresistenzen | Die Schülerinnen und Schüler a) beurteilen die Folgen von Mutationen für den Organismus, dessen Nachkommen und die Evolution von Arten. | a) Auf Selektionsvorteile und Selektionsnachteile kann an dieser Stelle überblickshaft und phänomenologisch eingegangen werden, da dies im Themenfeld „Evolution“ wiederholt und aus dieser Perspektive ausführlich behandelt wird. Für eine detaillierte Behandlung fehlt die Lernvoraussetzung. |

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

G 5 Gene und Gendefekte erkennen und in Gene eingreifen

G 5.1 Genetisch bedingte Krankheiten können diagnostiziert und gegebenenfalls therapiert werden.

| | | |
|--|--|---|
| <p>a) diagnostische Gentests, prädiktive Gentests, prognostische Gentests, Gendiagnostikgesetz, Beratung</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) erläutern die Analyse von Gentests und Familienstammbäumen beim Menschen und leiten eine genetische Beratung ab,</p> | <p>a) Wiederholung der Stammbäume aus der Einführungsphase; es bietet sich eine simulierte Beratung ggf. in Form eines Rollenspiels an.</p> |
| <p>b) somatische Gentherapie, Keimbahntherapie, therapeutisches Klonen</p> | <p>b) diskutieren Möglichkeiten und Grenzen der Therapie genetisch bedingter Erkrankungen und des therapeutischen Klonens,</p> <p>c) bewerten Möglichkeiten von Gentests und Gentherapien.</p> | <p>humangenetische Beratungsstelle an der Universität des Saarlandes</p> <p>b) evtl. Vergleich therapeutisches und reproduktives Klonen</p> |

Leitperspektive

Stoffwechselprozesse werden erst durch das Mitwirken von Enzymen ermöglicht. Nachdem die Bildung von Enzymen auf molekularer Ebene erklärt wurde, wird nun deutlich, wie sich Mutationen im „Bauplan“ von Enzymen auf deren Aktivität konkret auswirken können.

Das Coenzym ATP und dessen zentrale Rolle im Stoffwechselgeschehen leitet thematisch über zu dessen Bildung im Prozess der Zellatmung und weiter zur Fotosynthese, welche den für die aerobe Dissimilation nötigen Sauerstoff liefert.

Die Kenntnis physiologischer Prozesse auf zellulärer Ebene ermöglicht nun das Verständnis von Lebensvorgängen sowie Stoff- und Energieumsätzen auf Ebene der Organismen und darüber hinaus (Ökosysteme). Demgemäß bildet die Verknüpfung von Assimilation und Dissimilation im Kohlenstoffkreislauf die Überleitung zum Themenfeld „Ökologie“.

Im Themenfeld „Stoffwechsel“ kommen folgende Basiskonzepte besonders zum Tragen:

- Struktur und Funktion: z. B. Bau und Funktion von Enzymen, Mitochondrien, Chloroplasten,
- Stoff- und Energieumwandlung

Vorbemerkungen

Obwohl die oxygene Fotosynthese evolutionsbiologisch der Zellatmung vorausgeht, ist sie im Lehrplan hinter dieser verortet. Eine individuelle Veränderung der Reihenfolge innerhalb des Halbjahres ist jedoch denkbar. Die anaerobe Dissimilation kann fakultativ behandelt werden, wobei die Experimente zur Gärung einen hohen Motivationsfaktor haben.

Der recht hohe Anteil an Experimenten im Themenfeld „Stoffwechsel“ ermöglicht ein vertieftes naturwissenschaftliches Arbeiten und fördert die Kompetenz der Erkenntnisgewinnung sowohl durch Experimentieren als auch durch Modellieren. Dabei soll die hypothetisch-deduktive Vorgehensweise leitend sein.

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|---|--|
| S 1 Ohne Enzyme kein Leben | | |
| S 1.1 Enzyme erfüllen als Biokatalysatoren eine zentrale Rolle im Stoffwechsel. | | |
| a) je nach Experiment | Die Schülerinnen und Schüler a) führen ein Experiment durch zur Wirkung von Enzymen als Katalysatoren chemischer Reaktionen und werten dieses aus, | a) Empfohlen wird die hypothetisch-deduktive Vorgehensweise mit einem einfachen Experiment zum Einstieg, z. B.: Zersetzung von Wasserstoffperoxid durch Katalase (Enzym aus Kartoffel, Hefe oder Leber). |
| b) Katalysator, Aktivierungsenergie, Reaktionsenergie, exergonisch, endergonisch, Edukt, Produkt, Energieentwertung | b) erläutern die Wirkungsweise von Enzymen als Katalysatoren auch anhand eines Energiediagramms, | b) Vergleich einer katalysierten mit einer nicht katalysierten Reaktion Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung |
| c) Biokatalysator, Körpertemperatur | c) begründen die Notwendigkeit von Enzymen als Biokatalysatoren in lebenden Organismen, | c) Basiskonzept Steuerung und Regelung |
| d) Stoffwechsel, Assimilation, Dissimilation, autotroph, heterotroph, Fotosynthese, Zellatmung | d) stellen die wesentlichen Stoffwechselforgänge in lebenden Organismen in einer Übersicht dar, | |
| e) aufbauender Stoffwechsel / Anabolismus, abbauender Stoffwechsel / Katabolismus | e) erläutern den Zusammenhang zwischen aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel. | e) Zu Beginn der Unterrichtsreihe „Stoffwechsel“ empfiehlt sich die Einführung eines <i>Advance Organizers</i> , auf den zum besseren Überblick immer wieder zurückgegriffen werden kann |

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

S 1 Ohne Enzyme kein Leben

S 1.2 Die Funktion der Enzyme leitet sich aus ihrer Struktur ab.

| | | |
|---|--|---|
| <p>a) Apoenzym, Holoenzym, Cofaktor, Coenzym, prosthetische Gruppe, aktives Zentrum, Substrat, Enzym-Substrat-Komplex, Schlüssel-Schloss-Prinzip, Induced-fit-Modell</p> <p>b) Primärstruktur, Aminosäuresequenz, Sekundärstruktur, α-Helix, β-Faltblatt, Tertiärstruktur, Quartärstruktur</p> <p>c) Substratspezifität</p> <p>d) Wirkungsspezifität</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) beschreiben und beurteilen modellhafte Darstellungen von Enzymen und dem Schlüssel-Schloss-Prinzip,</p> <p>b) beschreiben die Strukturebenen von Enzymen in Zusammenhang mit deren Wirkungsweise,</p> <p>c) führen ein Experiment durch zur Substratspezifität von Enzymen und werten dieses aus,</p> <p>d) stellen die Substrat- und die Wirkungsspezifität von Enzymen modellhaft dar.</p> | <p>a) Basiskonzept Struktur und Funktion evtl. Entwerfen eigener Modelle</p> <p>b) kurze Wiederholung des Aufbaus von Proteinen aus dem Themenfeld Genetik / Proteinbiosynthese Basiskonzept Struktur und Funktion</p> <p>c) sehr einfacher Versuch mit Alltagsbezug: spezifischer Nachweis von Glucose mittels GOD-Teststäbchen; etwas komplexer: Spaltung von Harnstoff durch Urease (aus Sojabohnen); Thioharnstoff als nicht umsetzbares Substratanalogon</p> <p>d) möglicher Einsatz digitaler Medien durch Erstellen von Erklärvideos (z. B. Stop Motion)</p> |
|---|--|---|

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

S 1 Ohne Enzyme kein Leben

S 1.3 Die Enzymaktivität ist von äußeren Faktoren abhängig.

a) pH-Wert, pH-Optimum, Denaturierung, Enzymaktivität, Reaktionsgeschwindigkeit, Temperaturoptimum, RGT-Regel

b) Sättigungskurve, Optimumskurve, Enzymkonzentration, Substratkonzentration, pH-Wert, Temperatur

c) kompetitive Hemmung

Die Schülerinnen und Schüler

a) planen mindestens ein Experiment zum Einfluss auf die Enzymaktivität, führen es durch, werten es aus und ermitteln mögliche Fehlerquellen,

b) werten Diagramme aus zur Enzymaktivität in Abhängigkeit von verschiedenen Bedingungen,

c) erläutern die kompetitive Enzymhemmung.

a) Es empfiehlt sich eine arbeitsteilige Gruppenarbeit. Analog zum bereits durchgeführten Experiment aus S 1.1 (Zersetzung von Wasserstoffperoxid durch Katalase) eignen sich folgende Experimente:

Abhängigkeit von

Enzymkonzentration: gleiches Experiment mit unterschiedlicher Katalasemenge,

Substratkonzentration: gleiches Experiment mit unterschiedlicher Menge an H_2O_2 ,

pH-Wert: gleiches Experiment unter Zugabe von Salzsäure, Natronlauge oder destilliertem Wasser,

Temperaturabhängigkeit: gleiches Experiment bei Raumtemperatur, nach Erhitzen bzw. Abkühlen des Ansatzes in Eiswasser.

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|--|--|
| S 1 Ohne Enzyme kein Leben | | |
| S 1.4 Coenzyme erfüllen zentrale Funktionen bei Stoffwechselreaktionen. | | |
| <p>a) ADP / ATP, Phosphorylierung, Hydrolyse</p> <p>b) $\text{NAD}^+ / \text{NADH} + \text{H}^+$, $\text{NADP}^+ / \text{NADPH} + \text{H}^+$, Oxidation, Reduktion, Redoxreaktion, Elektronen</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) erläutern das Prinzip der Energieübertragung durch Phosphorylierung von ADP bzw. Hydrolyse von ATP,</p> <p>b) stellen die Kopplung von Oxidationen und Reduktionen durch $\text{NADP}^+ / \text{NADPH} + \text{H}^+$ bzw. $\text{NAD}^+ / \text{NADH} + \text{H}^+$ anhand eines Pfeildiagramms schematisch dar.</p> | <p>a) Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung</p> <p>b) Die Begriffe Oxidation und Reduktion sind aus dem Chemieunterricht der Mittelstufe als Aufnahme/Abgabe von Sauerstoff bekannt, daher muss der Redox-Begriff nun erweitert werden:</p> <p>Oxidation = Abgabe von Elektronen Reduktion = Aufnahme von Elektronen</p> |
| S 2 Dissimilation – Nährstoffe liefern Energie | | |
| S 2.1 Durch die Zellatmung wird Energie in Form von ATP bereitgestellt. | | |
| <p>a) Mitochondrien, Matrix, Doppelmembran / äußere und innere Mitochondrienmembran, Intermembranraum, mitochondriale DNA, Cristae</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) stellen den Feinbau des Mitochondriums anhand einer beschrifteten Schemazeichnung dar.</p> | <p>a) Basiskonzept Struktur und Funktion: Prinzip der Oberflächenvergrößerung</p> <p>Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung: Verweis auf Endosymbiontentheorie (Wdh. aus der Einführungsphase)</p> |

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

S 2 Dissimilation – Nährstoffe liefern Energie

S 2.1 Durch die Zellatmung wird Energie in Form von ATP bereitgestellt.

b) Zellatmung, Glykolyse, oxidative Decarboxylierung / Bildung der aktivierten Essigsäure, Citratzyklus / Zitronensäurezyklus / Tricarbonsäurezyklus (TCC), Atmungskette / Endoxidation

c) Glukose, Brenztraubensäure, Pyruvat, aktivierte Essigsäure, Acetyl-Coenzym A, Zitronensäure, Citrat, Oxalessigsäure, Oxalacetat

d) Elektronentransportkette, Redoxsysteme, Redoxpotential, Protonengradient, pH-Wert, pH-Gradient, ATP-Synthase, ATP, NAD^+ / $\text{NADH}+\text{H}^+$, Chemiosmose / chemiosmotische ATP-Bildung

e) ATP-Bilanz, Energieentwertung

Die Schülerinnen und Schüler

b) ordnen die Teilprozesse der Zellatmung den entsprechenden Reaktionsorten zu,

c) stellen die Teilprozesse schematisch dar,

d) erläutern die chemiosmotische ATP-Bildung an der inneren Mitochondrienmembran,

e) ermitteln die Stoff- und Energiebilanz der Teilprozesse und der gesamten Zellatmung,

f) geben die Summengleichung der Zellatmung mit Energieumsatz an.

b) Teilprozesse: Glykolyse, oxidative Decarboxylierung / Bildung der aktivierten Essigsäure, Citratzyklus / Zitronensäurezyklus und Atmungskette / Endoxidation

c) ohne Strukturformeln, Reduktion auf Angabe der unterschiedlichen C-Körper (vgl. Schema im Anhang)

e) Bilanz von Glykolyse, oxidativer Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette sowie Gesamtbilanz vgl. Tabelle im Anhang

ATP-Bildung gesamt: 38 ATP pro Molekül Glukose

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|--|---|
| S 3 Assimilation - autotrophe Lebewesen stellen ihre Nährstoffe selbst her | | |
| S 3.1 Die Fotosynthese liefert den Sauerstoff, der für die Zellatmung benötigt wird. | | |
| a) Assimilation | Die Schülerinnen und Schüler a) begründen die Bedeutung der Fotosynthese als Grundlage für die Zellatmung, | a) mögliche Einstiege: Deutung des historischen Experiments von Priestley und von van Helmont; Bedeutung der oxygenen Fotosynthese für die Entwicklung des Lebens |
| b) Glimmspanprobe | b) führen ein Experiment durch zum qualitativen Nachweis des bei der Fotosynthese entstehenden Sauerstoffs und werten dieses aus. | b) Experiment mit Elodea / Wasserpest: Auffangen des entstehenden Sauerstoffs im Reagenzglas, Nachweis durch Glimmspanprobe |
| S 3.2 Die Fotosynthese ist von verschiedenen Bedingungen abhängig. | | |
| a) Bläschenzählmethode | Die Schülerinnen und Schüler a) planen analog zu dem Experiment aus 3.1 ein weiteres Experiment zum Nachweis der Abhängigkeit der Fotosynthese von Licht und CO ₂ , führen es durch und werten es aus. | a) Variante des Experiments unter verschiedenen Bedingungen (CO ₂ -reiches/-armes Wasser, mit / ohne Licht); zusätzlich kann auch die Temperaturabhängigkeit untersucht werden (z. B. mittels einer Wärmelampe) |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|---|---|
| <p>S 3 Assimilation - autotrophe Lebewesen stellen ihre Nährstoffe selbst her</p> | | |
| <p>S 3.2 Die Fotosynthese ist von verschiedenen Bedingungen abhängig.</p> | | |
| <p>b) Fotosyntheserate, Lichtkompensationspunkt, Lichtsättigung, CO₂-Kompensationspunkt, CO₂-Sättigung, RGT-Regel</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>b) werten Diagramme aus zur Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren (Lichtintensität, CO₂-Konzentration, Temperatur).</p> | <p>b) Anwendung: CO₂-Düngung z. B. in Gewächshäusern</p> <p>Aus den Diagrammen ist abzuleiten, dass an der Fotosynthese Enzyme beteiligt sein müssen (Rückbezug zur Enzymatik: Sättigungskurven, Optimumkurven).</p> |
| <p>S 3.3 Durch die Fotosynthese werden von der Pflanze Nährstoffe assimiliert.</p> | | |
| <p>a), b) Chloroplasten, Chlorophyll, Glukose, Stärke, Lugol'sche Lösung</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) werten ein Experiment aus zum Stärkenachweis in panaschierten Blättern,</p> <p>b) leiten aus dem Experiment die Funktion der Chloroplasten als Orte der Fotosynthese ab, in denen die Assimilationsprodukte teilweise in Form von Stärke gespeichert werden,</p> <p>c) geben die Summengleichung der Fotosynthese an.</p> | <p>a) Das Experiment funktioniert sehr gut mit panaschierten Blättern von Efeu oder Buntnessel, die zuvor ausreichend belichtet wurden (ggfs. über Nacht); Stärkenachweis mit Lugol'scher Lösung.</p> <p>c) Die Fotosynthese kann nun als fotoautotrophe Assimilation in die Übersicht über die Stoffwechselfvorgänge eingeordnet werden.</p> |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|---|---|
| S 3 Assimilation - autotrophe Lebewesen stellen ihre Nährstoffe selbst her | | |
| S 3.4 Blätter und Chloroplasten sind in ihrer Struktur an ihre Funktion angepasst. | | |
| <p>a), b) Chloroplasten, Thylakoide, Granum, Stroma, Thylakoidmembran, Thylakoidlumen, Stärkekorn, Chloroplasten-DNA</p> <p>c) obere und untere Epidermis, Cuticula, Assimilationsgewebe, Palisadengewebe/-parenchym, Schwammgewebe/-parenchym, Interzellularen, Spaltöffnungen / Stomata, Schließzellen</p> <p>d) Sonnenblätter, Schattenblätter</p> <p>e) Pigmente, Chlorophylle, Carotinoide, Anthocyane</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) vergleichen licht- und elektronenmikroskopische Bilder von Chloroplasten,</p> <p>b) stellen den Feinbau eines Chloroplasten in einer beschrifteten Schemazeichnung dar und vergleichen mit Mitochondrien,</p> <p>c) beschreiben den Aufbau eines Laubblatts anhand mikroskopischer Abbildungen oder Präparate,</p> <p>d) vergleichen Blattquerschnitte verschiedener Pflanzen- und Blatttypen im Hinblick auf ihre funktionale Anpasstheit,</p> <p>e) erklären das Phänomen des Blattabwurfs bei Laubbäumen und der Blattfärbung im Herbst.</p> | <p>a) Sofern nicht bereits in der EP erfolgt, sollten hier geeignete Pflanzenzellen mikroskopiert werden, z. B. <i>Elodea canadensis</i> bzw. <i>E. densa</i></p> <p>b) Basiskonzept Struktur und Funktion: Prinzip der Oberflächenvergrößerung an der Thylakoidmembran; Verweis auf Endosymbiontentheorie</p> <p>c) Hier sollte nach Möglichkeit ein eigenes Präparat hergestellt werden. Sehr gut hierfür geeignet sind die etwas dickeren Blätter von Christrose (<i>Helleborus niger</i>) oder Efeu (<i>Hedera helix</i>). Basiskonzept Struktur und Funktion</p> <p>d) Nadelbäume, Xerophyten, Hygrophyten, Hydrophyten (→ Ökologie) Basiskonzept Struktur und Funktion</p> <p>e) keine produktive FS-Rate mehr aufgrund Lichtmangels; Abbau von Chlorophyll, Sichtbarwerden der anderen Pigmente bzw. Neusynthese von Anthocyanen</p> |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|---|--|
| S 3 Assimilation - autotrophe Lebewesen stellen ihre Nährstoffe selbst her | | |
| S 3.5 Blattpigmente können Licht verschiedener Wellenlängen absorbieren. | | |
| a) Chromatografie, Lösungsmittel, Fließmittel, stationäre Phase, mobile Phase, Bande, Pigmente / Blattfarbstoffe, Chlorophyll a und b, Carotinoide (Carotine, Xanthophylle), Antocyan | Die Schülerinnen und Schüler a) führen ein Experiment durch zur Extraktion und Chromatografie der Blattfarbstoffe und werten dieses aus, | a) z. B. Fließmittel aus Petrolether (Kp. 40-60°C), 2-Propanol und Wasser im Verhältnis 100 : 12 : 0,5 Interessant ist hierbei ein Vergleich grüner Blätter mit „Blutblättern“ nach vorheriger Hypothesenbildung über deren Pigmente. |
| b) Absorptionsspektrum, Wirkungsspektrum | b) beschreiben das Absorptionsspektrum von Chlorophyll a und vergleichen es mit dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese, | b) Aus dem Vergleich kann abgeleitet werden, dass noch weitere Pigmente fotosynthetisch wirksam sind. Der Engelmann'sche Bakterienversuch bietet sich als Anwendungsaufgabe an |
| c) Primärreaktion / Fotoreaktion, Fotosysteme I und II, Reaktionszentren (P680 und P700) | c) erklären die Bedeutung von Chlorophyll a für die Funktion der Fotosysteme, | c) Absorption von Licht durch Chlorophyll-Moleküle, Weiterleitung der Energie, Anregung von Elektronen und Abgabe an nachfolgende Redoxsysteme |
| d) Energieumwandlung, Energieentwertung | d) erläutern die bei der Fotosynthese stattfindende Energieumwandlung sowie teilweise Energieentwertung. | d) Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie (Bindungsenergie); dabei wird ein Teil der Energie als Wärme abgegeben (Energieentwertung) Versuch zur Fluoreszenz einer Rohchlorophyll-Lösung |

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

S 3 Assimilation - autotrophe Lebewesen stellen ihre Nährstoffe selbst her

S 3.6 Primär- und Sekundärreaktionen hängen eng miteinander zusammen.

a) Fotoreaktion, Synthesereaktion, Stroma, Thylakoidmembran

b) Fotolyse des Wassers, Elektronentransportkette, Thylakoidmembran, Redoxsysteme, Redoxpotenzial, Elektronenaffinität, Wasserstoffionengradient / Protonengradient, pH-Gradient, Reduktion von NADP⁺, ATP-Synthase, Chemiosmose / chemiosmotische Kopplung, Fotophosphorylierung

Die Schülerinnen und Schüler

a) ordnen den Teilreaktionen der Fotosynthese die Reaktionsorte im Chloroplasten zu,

b) beschreiben Ablauf und Ergebnis der Fotoreaktion und vergleichen die chemiosmotische ATP-Bildung von Zellatmung und Fotosynthese,

c) stellen die Zusammenhänge zwischen Fotoreaktion und Synthesereaktion der Fotosynthese schematisch dar.

b) Die genauen Bezeichnungen der Redoxsysteme sind nicht relevant.

c) Fotoreaktion (Bereitstellung von ATP und Reduktionsäquivalenten für die Synthesereaktion)

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|--|---|
| <p>S 3 Assimilation - autotrophe Lebewesen stellen ihre Nährstoffe selbst her</p> | | |
| <p>S 3.6 Primär- und Sekundärreaktionen hängen eng miteinander zusammen.</p> | | |
| <p>d) Sekundärreaktion / Synthesereaktion / Calvin-Zyklus, CO₂-Fixierung, Reduktionsphase, Regeneration des Akzeptormoleküls, Ribulose 1-5-bisphosphat, RuBisCo, Phosphoglycerinsäure, Phosphoglycerinaldehyd, ATP, NADPH+H⁺</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>d) stellen die wesentlichen Phasen des Calvin-Zyklus schematisch dar,</p> <p>e) geben die Stoff- und Energiebilanz der Fotosynthese an.</p> | <p>d) Beschränkung auf die drei wesentlichen Phasen: Fixierung, Reduktion, Regeneration: Carboxylierung von Ribulose-1,5-bisphosphat zu zwei PGS, Reduktion zu PGA unter Verbrauch von NADPH+H⁺ und ATP, Regeneration von Ribulose-1,5-bisphosphat sowie Synthese von Glukose, Problematisierung der noch häufig zu findenden Bezeichnungen "Dunkelreaktion" oder „lichtunabhängige Reaktion“.</p> |
| <p>S 4 Assimilation und Dissimilation sind wesentlich für den Energiefluss in Ökosystemen</p> | | |
| <p>S 4.1 Assimilation und Dissimilation sind im Kohlenstoffkreislauf miteinander gekoppelt.</p> | | |
| <p>a) Kohlenstoffkreislauf, Fotosynthese, Zellatmung, Kohlenstoffdioxid, Atmosphäre, organische Verbindungen, Biomasse, Meeresorganismen, Sedimente, Verbrennung, Vulkanismus, Fossilisierung, fossile Brennstoffe</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) stellen den Kohlenstoffkreislauf schematisch dar und erläutern den Zusammenhang von Fotosynthese und Zellatmung.</p> | <p>a) Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung</p> |

Inhalte / Basisbegriffe

Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

S F1 Nährstoffe werden durch Enzyme aufgespalten

a), b) Verdauungsorgane, Nährstoffe, Kohlenhydrate, Saccharide, Polysaccharide, Disaccharide, Monosaccharide, Stärke, Amylose, Maltose, Glukose, Proteine, Aminosäuren, Fette, Glycerol, Fettsäuren, essentielle Fettsäuren, Amylase, Pepsin, Trypsin, Lipase

Die Schülerinnen und Schüler

a) beschreiben die enzymkatalysierte Zerlegung der Nährstoffe im menschlichen Körper.

b) führen mindestens ein Experiment durch zum enzymatischen Abbau von Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten und werten dieses aus.

a) Dieser Inhalt bietet sich als Überleitung von der Enzymatik zur Dissimilation an.

Eine symbolische Darstellung der Nährstoffe, die deren Aufbau aus Einzelbausteinen widerspiegelt, ist ausreichend (ohne Strukturformeln / Reaktionsgleichungen).

mögliche Alltagsbezüge: Laktoseintoleranz, Hungerstoffwechsel

b) Arbeitsteilige Gruppenarbeit zum enzymatischen Abbau von:

Kohlenhydraten: Abbau einer Stärkelösung durch Speichel / Amylase; Nachweis der Stärke durch Lugol'sche Lösung,

Proteinen: Abbau von Gelatine (Gummibärchen) durch Bromelain (Enzym aus der Ananas),

Fetten: Abbau von Milchfett durch Lipase; Nachweis der Fettsäuren durch Entfärbung von Phenolphthalein.

| Inhalte / Basisbegriffe | Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|--|--|
| <i>S F2 Gärung ermöglicht einen Energiegewinn auch ohne Sauerstoff</i> | | |
| <p><i>a) aerob, anaerob, fakultative Anaerobier, alkoholische Gärung, Milchsäuregärung</i></p> <p><i>b) je nach Recherche</i></p> <p><i>c) Glykolyse, ATP</i></p> | <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <p><i>a) führen ein Experiment durch zur alkoholischen Gärung (Herstellung von Hefeteig oder Obstwein) und zur Milchsäuregärung (Herstellung von Sauerteig oder Joghurt), protokollieren es und werten es aus,</i></p> <p><i>b) recherchieren Anwendungsbeispiele für Gärungen in der Lebensmittel- und Biotechnologie,</i></p> <p><i>c) vergleichen die Gärung mit der Zellatmung (Teilprozesse, Energiebilanz).</i></p> | <p><i>a) Die Experimente können in arbeitsteiliger Gruppenarbeit bearbeitet und die Ergebnisse gegenseitig präsentiert werden.</i></p> <p><i>Herstellung von Joghurt: Messung des pH-Werts</i></p> <p><i>Die Herstellung von Obstwein gelingt leicht mit Bananen und Bäckerhefe und ermöglicht die Beobachtung der Gärrate durch Bläschenzählmethode im Gärrohr.</i></p> <p><i>c) fächerübergreifende Anwendung (Sport): Energiebereitstellung im Muskel bei sportlicher Betätigung; kritische Beurteilung: Einnahme von Kreatinphosphat zur Leistungssteigerung</i></p> |

Leitperspektive

Das Themenfeld „Ökologie“ ermöglicht vielfältige handlungsorientierte Zugänge unter Berücksichtigung von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen im Freiland und auf Exkursionen. Durch die unmittelbare Begegnung mit der Natur wird die Grundlage geschaffen für ein vertieftes Verständnis ökologischer Zusammenhänge und die Auswirkungen anthropogener Einflüsse.

Ausgehend von der Erläuterung ausgewählter Anpassungen und Wechselwirkungen von Arten und auf Basis ihres Wissens über Stoffkreisläufe erkennen Schülerinnen und Schüler Ökosysteme als vernetzte, komplexe und dynamische Systeme. Dabei wird ihnen die Bedeutung der Biodiversität und die besondere Verantwortung des Menschen für deren Erhaltung bewusst.

Der Begriff der Biodiversität ist dabei auf mehreren Systemebenen zu verstehen: Er bezeichnet nicht nur die Vielfalt an Ökosystemen und die Artenvielfalt innerhalb dieser Ökosysteme, sondern auch die genetische Vielfalt, die zu größerer Variabilität und Anpassung an unterschiedliche Lebensbedingungen und dadurch zu Veränderung führt. Somit ist die Ökologie eng verknüpft mit der Evolutionsbiologie, die sich im Lehrplan anschließt, und die durch menschliche Eingriffe beeinflusst wird. Aus diesem Grund ist es von besonderer Bedeutung, dass die Schülerinnen und Schüler eine fundierte Bewertungskompetenz erwerben, um anthropogene Einwirkungen multiperspektivisch beurteilen zu können und ihr eigenes Handeln zu reflektieren. Das Themenfeld Ökologie liefert damit einen wichtigen Beitrag zur Bildung für nachhaltige Entwicklung.

Im Themenfeld „Ökologie“ kommen folgende Basiskonzepte besonders zum Tragen:

- **Struktur und Funktion:** Lebewesen sind morphologisch und funktional an ihre Lebensräume angepasst; diese Anpassung basiert auf genetischer Variabilität.
- **Stoff- und Energieumwandlung:** Lebewesen sind offene Systeme, sie sind gebunden an Stoff- und Energieumwandlungen und stehen somit in ständigem Austausch mit ihrer Umwelt.
- **Individuelle und evolutive Entwicklung:** Lebendige Systeme verändern sich. Diese Veränderungen können durch den Menschen nachhaltig beeinflusst werden.

Vorbemerkungen

Die Exkursion in ein geeignetes, möglichst schulnahes Ökosystem ist ein zentraler Bestandteil dieses Themenfelds; die Wahl des Ökosystems ist dabei von den gegebenen Bedingungen abhängig. Die Planung der Exkursion und der benötigten Materialien sollte dabei so weit wie möglich den Schülerinnen und Schülern überlassen werden, die Lehrperson wirkt dabei beratend und unterstützend mit und achtet auf die Einhaltung von Sicherheitsbestimmungen (z. B. Naturschutzrichtlinien). Im Fokus stehen bei der Freilanduntersuchung die Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung („Planen und Durchführen von Untersuchungen, Erheben, Auswerten und Interpretieren von Daten“) sowie der Kommunikation („Aufbereiten, Austauschen und Diskutieren von Informationen“).

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|---|---|
| Ö 1 Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen | | |
| Ö 1.1 Ökosysteme lassen sich modellieren. | | |
| <p>a) Produzent, Konsument (1., 2. und 3. Ordnung), Endkonsument, Destruent, Mineralisierer, Energiefluss, Trophieebene</p> <p>b) omnivor, vegetarisch, vegan</p> <p>c) Nahrungskette, Nahrungsnetz, Nahrungspyramide</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) beschreiben die trophische Gliederung eines Ökosystems und erklären diese aus energetischer Sicht,</p> <p>b) beurteilen verschiedene Ernährungsformen des Menschen aus energetischer Sicht hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit,</p> <p>c) stellen Nahrungsketten, -netze und -pyramiden als Modelle dar und diskutieren Möglichkeiten und Grenzen dieser Modelle.</p> | <p>a) Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung</p> <p>b) Hier soll der Energieverlust zwischen den Trophieebenen thematisiert werden</p> <p>c) Einüben von Pfeildiagrammen</p> |
| Ö 1.2 Die Faktoren eines Ökosystems bedingen sich gegenseitig. | | |
| <p>a) Ökosystem, Biozönose, Biotop, abiotische und biotische Faktoren</p> <p>b), c) ökologische Potenz, Minimum, Maximum, Optimum, Pessimum, Pessimumgesetz, Toleranzkurven, stenök, euryök, Zeigerarten</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem,</p> <p>b) untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen,</p> <p>c) stellen diese Daten grafisch dar und werten sie aus.</p> | |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|--|---|
| Ö 1 Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen | | |
| Ö 1.3 Ökosysteme sind durch Wechselbeziehungen gekennzeichnet. | | |
| <p>a) Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehung, Warntracht, Tarntracht, Mimese, Mimikry</p> <p>b) Lotka-Volterra-Regeln, Population, Konkurrenzvermeidung, Konkurrenzausschluss, Koexistenz</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen,</p> <p>b) beschreiben Wechselwirkungen zwischen Populationen.</p> | <p>a) Ultimate Ursachen wie zum Beispiel „Selektionsvorteil durch Mimikry“ können hier bereits zusätzlich zu den proximativen Ursachen angesprochen werden, werden aber im Evolutionsteil noch vertieft erarbeitet.</p> <p>Begriffsdefinition: siehe Anhang</p> |
| Ö 1.4 In Ökosystemen bilden sich ökologische Nischen. | | |
| <p>a), b) ökologische Nische, Einnischung,</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge,</p> <p>b) beschreiben exemplarisch ökologische Nischen anhand von Daten.</p> | <p>a) Mögliche Fehlvorstellungen beachten: Die ökologische Nische ist kein Ort. Es gibt keine unbesetzten ökologischen Nischen.</p> |

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Ö 2 Ökosysteme verändern sich

Ö 2.1 Ökosysteme sind Einflüssen unterworfen.

a) ökologisches Gleichgewicht, Naturereignisse, erdgeschichtliche Katastrophen, Biodiversität

Basisbegriffe aus dem Themenfeld „Stoffwechsel“ werden vorausgesetzt.

Die Schülerinnen und Schüler

a) beschreiben Veränderungen von Ökosystemen natürlichen Ursprungs,

b) planen unter Anleitung eine Exkursion in ein Ökosystem,

c) analysieren ein Ökosystem hinsichtlich verschiedener ökologischer Faktoren auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge,

d) bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal qualitativ und begründen ihr Vorkommen im Zusammenhang mit den vorhandenen Standortfaktoren,

e) interpretieren und protokollieren die Ergebnisse der Exkursion und präsentieren sie,

f) recherchieren Einflüsse des Menschen auf Ökosysteme und beziehen ihre Erkenntnisse auf das untersuchte Ökosystem.

a) Naturereignisse wie Vulkanausbrüche können starke Auswirkungen auf Ökosysteme haben und beeinflussen die Biodiversität.

Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung

b) mögliche Ökosysteme: Wald, Wiese, stehendes Gewässer oder Fließgewässer

c) z. B. Ökosystem „Wald“: Nachweise verschiedener abiotischer Faktoren, z. B. Bodenbeschaffenheit, pH-Wert

d) z. B. Ökosystem „Fließgewässer“: qualitativ mit Bestimmungsliteratur, quantitativ: Bestimmung des Saprobienindex im Grundkurs zusätzlich möglich

f) Zum Beispiel Ökosystem „Wiese“: Beeinflussung durch Düngemittelintrag, Mahd, Beweidung etc.

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|---|---|
| <p>Ö 2 Ökosysteme verändern sich</p> <p>Ö 2.2 Der menschliche Einfluss auf Ökosysteme ist vielfältig.</p> <p>a) natürlicher und anthropogener Treibhauseffekt, Klimawandel, Klimakrise, Kohlenstoffkreislauf, organische Verbindungen, Biomasse, Sedimente, Verbrennung, fossile Brennstoffe</p> <p>d) Flächenverbrauch, Landwirtschaft</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) vergleichen Ursachen und Folgen des anthropogenen Treibhauseffektes mit denen des natürlichen Treibhauseffektes,</p> <p>b) bewerten menschliches Handeln aus den Bereichen „Ernährungsform“, „Mobilität“ und „Energieverbrauch“ im Hinblick auf die Auswirkungen auf den Treibhauseffekt,</p> <p>c) erläutern die Bedeutung der Biodiversität,</p> <p>d) beschreiben und bewerten Konflikte zwischen dem Erhalt der Biodiversität und menschlicher Nutzung.</p> | <p>c) Möglicher Kontext: Verlust der Biodiversität bei blütenbestäubenden Insekten führt zur Einschränkung der Fortpflanzung entsprechender Pflanzen und dies sowohl zu Auswirkungen auf den wirtschaftenden Menschen als auch auf das Ökosystem.</p> |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|---|--|
| <p>Ö 2 Ökosysteme verändern sich</p> <p>Ö 2.3 Durch Ökosystemmanagement können Ökosysteme erhalten und positiv verändert werden.</p> <p>a), b) c) Erhaltungsmaßnahmen, Renaturierung, Ökosystemmanagement, Ursache-Wirkungs-Zusammenhang, Nachhaltigkeit, deskriptive und normative Aussagen</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) stellen an einem Raumbeispiel Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen dar,</p> <p>b) beschreiben Maßnahmen des Ökosystemmanagements (deskriptive Aussagen) und bewerten diese (normative Aussagen),</p> <p>c) recherchieren für einen selbst gewählten Raum einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang, beurteilen diesen und bewerten mögliche Maßnahmen im Sinne der Nachhaltigkeit.</p> | <p>a) Zum Beispiel Ökosystem „Fließgewässer“: Suchbegriff „Illrenaturierung“</p> <p>b) Disziplin der Schnittstelle von naturräumlichen Gegebenheiten und menschlicher Nutzung Deskriptive Aussagen beschreiben den realen Ist-Zustand und sind wertneutral. Normative Aussagen beschreiben eine wertende Zielvorstellung. Die Begriffe „normativ“ und „deskriptiv“ sind gemäß der Bildungsstandards einzuführen (Beispiel im Anhang)</p> <p>c) Beispiel für einen Raum und Ursache-Wirkungszusammenhang (der aber nicht vorgegeben werden sollte): Aartalsperre zum Hochwasserschutz und Stromerzeugung mit Gefahr der Eutrophierung durch geringe Wassertiefe (schnellere Erwärmung). Nährstoffeintrag soll verhindert werden, weshalb umliegende Gemeinden an Kanalisation angeschlossen sind, die das Abwasser um den See herum ableiten.</p> |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|--|---|
| <p>Ö 2 Ökosysteme verändern sich</p> <p>Ö 2.4 Jeder Mensch hat individuelle Handlungsoptionen.</p> <p>a), b) c) Earth Overshoot Day, Nachhaltigkeit, Agenda 2030, Sustainable Development Goals</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) analysieren Werte und Normen bezüglich verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen,</p> <p>b) beurteilen an einem selbst gewählten Beispiel die verantwortungsvolle und nachhaltige Nutzung einer Ressource,</p> <p>c) reflektieren ihr Konsumverhalten aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive.</p> | <p>a) Kriterien können sein: Herkunft, Anbau / Abbau, Transport, ökologischer Rucksack, Wasserverbrauch, Umweltbelastung, Arbeitsbedingungen...</p> <p>b) z. B. Wasserverbrauch in Deutschland (z. B: im Tesla-Werk in Brandenburg)</p> |

Leitperspektive

Auch wenn die „Evolution“ als eigenständiges Themenfeld unterrichtet wird, so durchzieht sie dennoch als durchgängiges Erklärungsprinzip für biologische Phänomene alle Themenfelder des Lehrplans. Daher wird an zahlreichen Stellen auf das Basiskonzept „individuelle und evolutive Entwicklung“ hingewiesen. Die synthetische Evolutionstheorie führt die Erkenntnisse aus den vorangegangenen Themenfelder zusammen und ermöglicht nun die Erklärung der Entstehung von Anpassungen und die Bildung von Arten auf populationsgenetischer Ebene. Die Schülerinnen und Schüler erfassen die Evolutionstheorie als naturwissenschaftliche Theorie und grenzen sie gegen nicht-naturwissenschaftliche Vorstellungen ab.

Im Themenfeld „Evolution“ kommt insbesondere das folgende Basiskonzept zum Tragen:

- Individuelle und evolutive Entwicklung: Lebendige Systeme verändern sich mit der Zeit. Die individuelle Entwicklung von Lebewesen und die Weitergabe ihrer genetischen Information durch Fortpflanzung sind die Grundlage für evolutive Entwicklung.

Vorbemerkungen

Bei der Betrachtung evolutions- und verhaltensbiologischer Phänomene kommt der Unterscheidung von proximativen von ultimativen Erklärungen gemäß den Bildungsstandards besondere Bedeutung zu. Evolution geschieht nicht zielgerichtet. Daher sollte darauf geachtet werden, dass die Schülerinnen und Schüler unangemessene finale Begründungen erkennen und vermeiden.

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|---|--|---|
| E 1 Arten verändern sich | | |
| E 1.1 Vielfalt findet man auf allen Ebenen. | | |
| a) genetische Variabilität, Artenvielfalt, Vielfalt der Ökosysteme | Die Schülerinnen und Schüler a) beschreiben Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen, | a) Es geht darum zu erkennen, dass Biodiversität nicht nur Artenvielfalt meint, sondern sich auch in genetischer Variabilität und in der Vielfalt verschiedenster Ökosysteme widerspiegelt. |
| b) populationsgenetischer Artbegriff, morphologischer Artbegriff, biologischer Artbegriff | b) unterscheiden den populationsgenetischen vom morphologischen Artbegriff und beurteilen Probleme bei der Definition des Begriffs „Art“. | |
| E 1.2 Eine bessere Anpasstheit führt zu einer höheren Fitness. | | |
| a) reproduktive Fitness, Genpool, Population, Allele, Variation, | Die Schülerinnen und Schüler a) begründen die Veränderung der Allelhäufigkeit in einem Genpool mit einer unterschiedlichen reproduktiven Fitness, | a) Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung z. B. unterschiedlich gebänderte Hainschnirkelschnecke |
| b) Anpassung, Anpasstheit | b) erläutern Anpasstheiten von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness. | |

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

E 1 Arten verändern sich

E 1.3 Aus verschiedenen Bereichen der Biologie lassen sich Bausteine zu einer Evolutionstheorie zusammenführen.

| | | |
|---|---|--|
| <p>a) Darwin, Wallace, natürliche Selektion, Struggle for life, Survival of the fittest</p> <p>b) Evolutionsfaktoren</p> <p>c) Rekombination, Mutation</p> <p>d) Verwandtschaft, Variation, Isolation, Gendrift (Flaschenhalseffekt), allopatrische und sympatrische Artbildung, Fortpflanzungsbarriere, adaptive Radiation, Stammpopulation, Gründerpopulation, Präadaptation</p> <p>e) Synthetische Evolutionstheorie</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) beschreiben die Evolutionstheorie nach Darwin und Wallace,</p> <p>b) begründen die Notwendigkeit, die Evolutionstheorie von Darwin und Wallace mit Hilfe von Erkenntnissen aus anderen biologischen Fachbereichen zu erweitern,</p> <p>c) beurteilen die Bedeutung von Rekombination und Mutation aus dem Bereich der Genetik bzw. der Molekularbiologie für die Evolution,</p> <p>d) beurteilen die Bedeutung von Migration, Gendrift, Isolation und adaptiver Radiation aus dem Bereich der Populationsgenetik für die Evolution,</p> <p>e) erklären zusammenfassend evolutive Anpassungsprozesse nach der Synthetischen Evolutionstheorie.</p> | <p>a) Eine Abgrenzung zu Lamarck bietet sich an.</p> <p>b) Darwin und Wallace hatten noch keine Kenntnisse zu den in c) und d) erwähnten Faktoren Mutation, Rekombination, Gendrift, Isolation und der vorher erwähnten Selektion.</p> |
|---|---|--|

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|--|--|
| E 1 Arten verändern sich | | |
| E 1.4 Arten können sich abhängig voneinander entwickeln. | | |
| a) Koevolution | Die Schülerinnen und Schüler a) stellen Koevolution als wechselseitigen Anpassungsprozess zweier Arten an einem Beispiel dar, | a) Zum Beispiel Nachtfalter – Orchidee Rote-Königin-Hypothese |
| b) Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen | b) wenden ihre Erkenntnisse aus dem Themenfeld Ökologie Ö 1.3 auf die Bedeutung für evolutive Prozesse an. | b) Wiederholend auf Parasitismus, Symbiose und Räuber-Beute Beziehungen eingehen und auf evolutive Prozesse beziehen. Hier können die ultimativen Ursachen betont werden. |
| E 1.5 Das Verhalten von Tieren ist Ergebnis von Evolution. | | |
| a) proximate Ursachen, ultimate Ursachen | Die Schülerinnen und Schüler a) erläutern an Beispielen, dass Verhalten proximate und ultimate Ursachen hat, | a) siehe Erläuterungen im Vorwort auf S. 2 sowie im Anhang |
| b) adaptiver Wert, reproduktive Fitness | b) beschreiben an einem Beispiel den adaptiven Wert von Verhalten und die Bedeutung für die reproduktive Fitness, | b) z. B. die Verteidigung der Brutkolonie von Lachmöwen gegen Fressfeinde, Lernprozesse beim Fressen der giftigen Aga-Kröte |
| c) Kosten-Nutzen-Analyse | c) beurteilen das Verhalten eines Organismus nach einer Kosten-Nutzen-Analyse. | siehe b) c) Die Bildungsstandards geben den Begriff der Kosten-Nutzen-Analyse klar vor. In der Wissenschaft wird dieser jedoch präzise verstanden und erfordert ein aufwendiges Verfahren, das von den Schülerinnen und Schülern so nicht zu leisten ist. |

| Inhalte / Basisbegriffe | Verbindliche Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|---|--|
| E 2 Stammesgeschichte und Verwandtschaft | | |
| E 2.1 Gleiche Merkmale können unabhängig voneinander entstehen. | | |
| a) Molekularbiologische Homologien (Proteine, DNA-Sequenzen, DNA-Hybridisierung, Schmelzpunkt) | Die Schülerinnen und Schüler a) beschreiben molekularbiologische Homologien. | a) Molekularbiologische Homologie zum Beispiel am Insulin oder Cytochrom C. |
| E 2.2 Mit Hilfe verschiedener Merkmale können Stammbäume erstellt werden. | | |
| a) ursprüngliches Merkmal, abgeleitetes Merkmal, Taxa, Art, Stammbaum, Stammesgeschichte | Die Schülerinnen und Schüler a) identifizieren ursprüngliche und abgeleitete Merkmale und nutzen diese zur Prüfung von Stammbaumhypothesen (homologe morphologische Merkmale, homologe DNA-Sequenzen), | a) abgeleitet: Merkmal, welches sich gegenüber dem Merkmalszustand des letzten gemeinsamen Vorfahren verändert hat. Beispiel Milchdrüsen der Säugetiere im Vergleich zu den anderen Wirbeltieren |
| b) stammesgeschichtliche Stammbäume (in Abgrenzung zu Familienstammbäumen), Kladogramm | b) analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen. | |
| E 2.3 Die Stammesgeschichte wird kontrovers diskutiert. | | |
| a) Kreationismus, Intelligent Design, biblische Schöpfungsgeschichte | Die Schülerinnen und Schüler a) begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung. | |

Leitperspektive

Das Themenfeld „Informationsverarbeitung“ beinhaltet umfassende Bezüge zu allen Basiskonzepten und ermöglicht eine abschließende Vernetzung der im Laufe der Hauptphase erworbenen Kompetenzen.

Nachdem das menschliche Verhalten aus ökologischer und evolutionsbiologischer Perspektive betrachtet wurde, werden nun die zellulären Prozesse untersucht, welche dieses Verhalten steuern. Da die Weiterleitung von Informationen auf elektrischem bzw. chemischem Weg erfolgt und nicht nur Energie, sondern ein komplexes Zusammenwirken von Zellen und Organsystemen erfordert, spielen hierbei die Basiskonzepte „Stoff- und Energieumwandlung“ (z. B. ATP-Bedarf von Neuronen, Synthese von Neurotransmittern), „Information und Kommunikation“ (z. B. Informationsübermittlung an Synapsen) sowie „Steuerung und Regelung“ (z. B. Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials) eine große Rolle.

Auch das Basiskonzept „Struktur und Funktion“ wird auf verschiedenen Systemebenen betrachtet, z. B. Neurotransmitter (Molekül), Neuron (Zelle), Nervensystem (Organ), physische und psychische Auswirkungen von Suchtstoffen; das Zusammenwirken dieser Systemebenen ermöglicht letztlich komplexe Handlungen sowie Lernprozesse. Hierbei wird die „individuelle und evolutive Entwicklung“ als Basiskonzept sowie grundlegendes Erklärungsprinzip stets mitgedacht; so wächst z. B. die Lernfähigkeit, aber auch die Anfälligkeit für Störungen, mit zunehmender Komplexität der Nervensysteme.

Vorbemerkungen

Die Problematisierung der Einflussmöglichkeiten auf das Nervensystem beispielsweise durch neuroaktive Stoffe sowie die abschließende Betrachtung des vegetativen Nervensystems und seiner Bedeutung für die Aufrechterhaltung eines inneren Gleichgewichts ermöglichen Bezüge zur persönlichen Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler und können einen nachhaltigen Beitrag zur Resilienz im Hinblick auf Stress und Suchtverhalten leisten - nicht nur im Hinblick auf das bevorstehende Abitur.

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf 1 – Lebewesen sind reizbar

Inf 1.1 Auf einen Reiz erfolgt eine willkürliche oder unwillkürliche Reaktion.

| | | |
|---|--|---|
| <p>a) Reiz-Reaktions-Kette, Reiz, Reizempfang, Sinneszelle / Sensor (Rezeptor), Sinnesorgan, elektrischer Impuls, sensorischer / afferenter Nerv, zentrales Nervensystem, Gehirn, sensorische Areale im Cortex, Rückenmark, motorischer / efferenter Nerv, Zielorgan / Effektor, Reaktion</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) beschreiben exemplarisch Reiz-Reaktionsketten und stellen sie anhand eines Pfeildiagramms dar,</p> | <p>a) Möglicher Einstieg: Ball werfen - reflexartiges vs. gezieltes Fangen.</p> <p>Der Begriff „Reiz“ soll hier auch definiert werden: Physikalische Größe, die das Ruhepotenzial verändert und dadurch eine Erregung der Zellmembran auslöst.</p> <p>vgl. Basiskonzept Information und Kommunikation</p> |
| <p>b) Reflex, Reflexbogen, willkürlich, unwillkürlich</p> | <p>b) unterscheiden Reiz-Reaktionskette und Reflexbogen und vergleichen eine willkürliche Reaktion mit einem Reflex,</p> | <p>b) Reflex: Erregungsleitung direkt über das Rückenmark; unwillkürliche, nicht vom Gehirn gesteuerte Reizantwort</p> |
| <p>c) Sinneszelle, Sinnesorgan, adäquater Reiz, inadäquater Reiz</p> | <p>c) ordnen Sinneszellen verschiedener Sinnesorgane ihren jeweiligen adäquaten Reizen zu,</p> | |
| <p>d) Reizbarkeit</p> | <p>d) beschreiben Beispiele für Reizbarkeit bei anderen Lebewesen (Bakterien, einzellige Eukaryoten, Pflanzen).</p> | <p>d) Beispiele:</p> <p>Cyanobakterien, Euglena: Bewegung zur Lichtquelle</p> <p>Sonnenblume: Fototropismus</p> <p>Venusfliegenfalle: Zuklappen der Blattspreite bei Berührungsrreiz</p> |

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf 1 – Lebewesen sind reizbar

Inf 1.2 Unser Nervensystem besteht aus Milliarden von Nervenzellen, die auf Aufnahme und Weiterleitung von Erregungen spezialisiert sind.

a) Zentralnervensystem (ZNS), Gehirn, Informationsverarbeitung, Rückenmark, graue und weiße Substanz, afferente und efferente Neuronen, peripheres Nervensystem, Effektor

b) Nervenzelle / Neuron: Dendrit, Zellkörper / Soma, Zellkern, Axonhügel, Axon (Neurit), Schwann'sche Zelle, Myelinscheide (Markscheide), Ranvier'scher Schürring, synaptische Endigung / Endknöpfchen

Die Schülerinnen und Schüler

a) nennen die Bestandteile des menschlichen Nervensystems und geben die jeweiligen Funktionen an,

b) erläutern Bau und Funktion einer Nervenzelle anhand einer beschrifteten Skizze.

a) An dieser Stelle ist nur ein Überblick gefordert. Der Bau des Gehirns kann, muss aber nicht detailliert besprochen werden.

Basiskonzept Struktur und Funktion

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf 1 – Lebewesen sind reizbar

Inf 1.3 Grundlage für Reizbarkeit ist das Membranpotenzial.

| | | |
|--|---|--|
| <p>a) Axon, Spannung, Spannungsmessgerät, Messelektrode, Bezugselektrode, Membranpotenzial</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler a) erläutern eine Versuchsanordnung zur Messung des Membranpotenzials,</p> | |
| <p>b) Na⁺-Ionen, K⁺-Ionen, Cl⁻-Ionen, A⁻-Ionen, intrazellulär, extrazellulär, Konzentrationsgradient</p> | <p>b) beschreiben die unterschiedliche Ionenverteilung innerhalb und außerhalb der Zelle,</p> | <p>b) Durch das Öffnen und Schließen von Ionenkanälen ändert sich die Permeabilität der Zellmembran und infolgedessen auch das Membranpotenzial. Basiskonzept Steuerung und Regelung</p> |
| <p>c) Ionenkanäle, selektive Membranpermeabilität, osmotischer Ionenstrom, elektrischer Gradient</p> | <p>c) erklären den Zusammenhang von selektiver Membranpermeabilität und Membranpotenzial,</p> | |
| <p>d) Gleichgewichtspotenzial</p> | <p>d) deuten einen Modellversuch zum K⁺-Gleichgewichtspotenzial und vergleichen das Modell mit der Realität,</p> | |
| <p>e) Ruhepotenzial, Na⁺-Leckstrom, passiver / aktiver Transport, Na⁺-K⁺-Pumpe / Natrium-Kalium-ATPase, ATP</p> | <p>e) erläutern zusammenfassend das Zustandekommen des Ruhepotenzials,</p> | |
| <p>f) Erregung, Depolarisation, Hyperpolarisation</p> | <p>f) beschreiben die Auswirkung einer Reizung auf das Ruhepotenzial.</p> | |

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf 2 Nicht Reize, sondern Erregungen werden von Nervenzellen weitergeleitet

Inf 2.1 Erregungen werden durch Aktionspotenziale über das Axon geleitet.

a), b) Aktionspotenzial: spannungsgesteuerte Ionenkanäle, Na⁺-Einstrom, Depolarisation, Schwellenpotenzial, positive Rückkopplung, Spitzenwert, Amplitude, Spannungsumkehr, Alles-oder-Nichts-Prinzip, K⁺-Ausstrom, Repolarisation, Hyperpolarisation, Na⁺-K⁺-Pumpe, Refraktärzeit

Die Schülerinnen und Schüler

a) begründen, warum Aktionspotenziale nicht am Soma, sondern nur am Axon auftreten können,

b) erläutern die Entstehung und den Verlauf des Aktionspotenzials auch anhand einer beschrifteten Skizze.

a) Nur am Axon liegen die für das AP notwendigen spannungsabhängigen Ionenkanäle in ausreichender Anzahl vor.

Inf 2.2 Die Erregungsleitung kann unterschiedlich schnell sein.

a), b) kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung, markhaltiges / myelinisiertes Axon, markloses / nicht myelinisiertes Axon

Die Schülerinnen und Schüler

a) ermitteln die unterschiedliche Leitungsgeschwindigkeit markhaltiger und markloser Axone anhand eines Modellversuchs und beurteilen dessen Eignung,

b) vergleichen die kontinuierliche mit der saltatorischen Erregungsleitung und beurteilen deren Vor- und Nachteile.

a) Durchführung des Modellversuchs mit Dominosteinen mit entsprechender Modellkritik im Anschluss

b) Verglichen werden sollen Ablauf, Leitungsgeschwindigkeit, Energiebedarf und Materialverbrauch. Es empfiehlt sich das Auswerten von Informationen (Grafiken, Texte) zu Leitungsgeschwindigkeiten bei verschiedenen Organismen.

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf 3 Erregungen werden an Synapsen in chemischer Form auf andere Zellen übertragen

Inf 3.1 An Synapsen werden Erregungen von Nervenzelle zu Nervenzelle übertragen.

a) Synapse, präsynaptische Zelle, synaptisches Endknöpfchen, spannungsgesteuerter Ca^{2+} -Ionenkanal, Vesikel, Neurotransmitter, Acetylcholin, präsynaptische Membran, synaptischer Spalt, postsynaptische Membran

b) Aktionspotenzial, Ca^{2+} -Einstrom, Exocytose des Neurotransmitters, spezifischer Rezeptor, Schlüssel-Schloss-Prinzip, transmittergesteuerte Ionenkanäle, selektive Membranpermeabilität, Na^{+} -Einstrom, Depolarisation, Acetylcholinesterase, Spaltung und Resynthese von Acetylcholin

c) Einstrom von Na^{+} , Depolarisation, postsynaptisches Potenzial

Die Schülerinnen und Schüler

a) beschreiben den Bau einer Synapse anhand einer beschrifteten Skizze,

b) erläutern die Vorgänge bei der chemischen Erregungsübertragung an einer erregenden Synapse,

c) erklären die Entstehung von postsynaptischen Potenzialen (PSP).

b) erregende Synapse mit Neurotransmitter Acetylcholin

c) Auswerten entsprechender Grafiken

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf 3 Erregungen werden an Synapsen in chemischer Form auf andere Zellen übertragen

Inf 3.2 Neuromuskuläre Synapsen sind auf die Erregungs-übertragung von Nervenzellen auf Muskelzellen spezialisiert.

| | | |
|--|---|---|
| <p>a) neuromuskuläre Synapse, motorische Endplatte, Muskelfaser, Myofibrille, spannungsgesteuerte Na⁺-Kanäle</p> <p>b) Na⁺-Einstrom, Endplattenpotenzial (EPP), Muskelaktionspotenzial, sarkoplasmatisches Retikulum (SR), Ca²⁺-Einstrom aus SR ins Cytoplasma, Aktin, Myosin, Muskelkontraktion, elektromechanische Kopplung</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) beschreiben den Bau einer neuromuskulären Synapse (motorische Endplatte),</p> <p>b) erklären die Entstehung eines Endplattenpotenzials und dessen Folgen (Muskelaktionspotenzial, Muskelkontraktion).</p> | <p>b) Basiskonzept Struktur und Funktion (Muskelzellen sind darauf spezialisiert, bei Erregung zu kontrahieren)</p> <p>Anwendung: Auswirkungen von Elektrolytmangel z. B. bei Ausdauersport</p> |
|--|---|---|

Inf 3.3 Die Informationsübertragung an Synapsen kann durch neuroaktive Substanzen beeinflusst werden.

| | | |
|--|--|--|
| <p>a), b) z. B.: kompetitive Hemmung, Besetzen / Blockieren / Aktivieren von Ionenkanälen, Hemmen der Transmitterausschüttung, Acetylcholinesterasehemmer, Transmitterwiederaufnahmehemmer</p> | <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <p>a) erklären die Wirkung exemplarischer Synapsengifte auch auf zellulärer Ebene und werten entsprechende Informationen (Texte, Diagramme) aus,</p> <p>b) recherchieren und präsentieren ein weiteres Gift.</p> | <p>a) Mindestens zwei Synapsengifte sollen besprochen werden; weitere bieten sich als Lern- oder Klausuraufgaben an. Das Auswerten und Erstellen von Diagrammen soll hierbei besonders geübt werden.</p> |
|--|--|--|

Inhalte / Basisbegriffe

Verbindliche Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf 3 Erregungen werden an Synapsen in chemischer Form auf andere Zellen übertragen

Inf 3.3 Die Informationsübertragung an Synapsen kann durch neuroaktive Substanzen beeinflusst werden.

c) Belohnungssystem, Dopamin

Die Schülerinnen und Schüler

c) erläutern die Funktionsweise des dopaminergen Belohnungssystems auch im Hinblick auf die Entstehung von Süchten.

c) Die Deutung historischer Experimente zum Belohnungssystem (z. B. mit Ratten in der Skinner-Box) kann verdeutlichen, dass dieses eine wesentliche evolutionsbiologische Funktion hat.

Inhalte / Basisbegriffe

Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf F1 Unser Gehirn ist empfänglich für Belohnungen; dies kann zur Sucht führen.

a) Nikotin, Alkohol, Tetrahydrocannabinol (THC),

b) Sucht, Suchtprävention, Abhängigkeit, deskriptive Aussagen, normative Aussagen, Werte, Normen

Die Schülerinnen und Schüler

a) erklären die Wirkung von Nikotin, Alkohol und Tetrahydrocannabinol (THC) als Suchtstoffe,

b) diskutieren den Konsum von Suchtstoffen multiperspektivisch und bewerten Maßnahmen zur Suchtprävention und -therapie.

a) Folgen von THC-Konsum für Konzentration und Gedächtnis!

b) Mögliche Debatte: Legalisierung bestimmter Suchtstoffe;

Deskriptive Aussagen beschreiben Sachverhalte wertfrei; normative Aussagen beruhen auf moralischen (gesellschaftlich geprägten) bzw. ethischen Werten und Normen.

| Inhalte / Basisbegriffe | Kompetenzerwartungen | Vorschläge und Hinweise |
|--|---|---|
| <i>Inf F 2 Das vegetative Nervensystem beeinflusst unser inneres Gleichgewicht</i> | | |
| <p><i>a) somatisches Nervensystem, willkürlich, unwillkürlich, vegetatives Nervensystem</i></p> <p><i>b) Sympathikus, Parasympathikus, antagonistisch, Homöostase</i></p> <p><i>c), d) Stress, Stresshormone, Adrenalin, Noradrenalin, Resilienz</i></p> | <p><i>Die Schülerinnen und Schüler</i></p> <p><i>a) unterscheiden das somatische und das vegetative Nervensystem nach ihren Funktionen,</i></p> <p><i>b) erläutern die antagonistische Wirkung von Sympathikus und Parasympathikus,</i></p> <p><i>c) erläutern die Entstehung und die psychosomatischen Auswirkungen von Stress,</i></p> <p><i>d) diskutieren und bewerten Maßnahmen zur Stressbewältigung und Förderung der Resilienz.</i></p> | <p><i>b) Basiskonzept Steuerung und Regelung, Gegenspielerprinzip</i></p> <p><i>d) Anwendung auf Prüfungssituationen (Abitur)</i></p> |

Inhalte / Basisbegriffe

Kompetenzerwartungen

Vorschläge und Hinweise

Inf F 3 Erkrankungen des Nervensystems können schwerwiegende Folgen haben

a) Alzheimer-Demenz, Beta-Amyloid, Tau-Protein, Multiple Sklerose, Myelinscheide, Erregungsleitung, Parkinson, Akinesie, Rigor, Tremor, Dopamin-Mangel

b) (je nach gewähltem Verfahren)

Die Schülerinnen und Schüler

a) beschreiben die Ursachen und Krankheitsbilder von Alzheimer-Demenz, Multipler Sklerose und Parkinson und begründen entsprechende Behandlungsmöglichkeiten,

b) beschreiben ein neurophysiologisches Verfahren zur Diagnose von Erkrankungen des Nervensystems.

b) Mögliche Verfahren:

Elektroenzephalografie (EEG),

Computertomografie (CT),

Magnet-Resonanz-Tomografie (MRT)

Außerschulischer Lernort: Die „Gehirnwerkstatt“, Dr. Krick (Uniklinik Homburg, MRT)

Anhang

Anhang zum Lehrplan Biologie für die Gymnasiale Oberstufe Saar - Abitur ab 2025 – Grundkurs

Verschränkung der Kompetenzen aus Bildungsstandards und Lehrplan

Die vorliegende Übersicht stellt dar, wie die in den Bildungsstandards formulierten Teilkompetenzen anhand des Lehrplans der GOS realisiert werden können. Es wird deutlich, dass alle Standards im Lehrplan abgebildet sind. Die hier angeführten Lehrplaninhalte sind dabei exemplarisch; die genannten Teilkompetenzen werden auch an anderen Stellen des Lehrplans aufgegriffen und eingeübt. Viele Standards sind übergreifend und im Unterricht stets mitzudenken, so z. B. die Unterscheidung zwischen Alltags- und Fachsprache, die Nutzung von Basiskonzepten, das kritische Überprüfen von Quellen und die Reflexion von Erkenntnisprozessen beispielweise beim Experimentieren und Modellieren.

| Kompetenzbereiche und Teilkompetenzen/Standards (BiStas) Die Lernenden ... | | Realisierung z. B. in folgenden Kompetenzen, exemplarisch (Lehrplan GK) Die Schülerinnen und Schüler ... | |
|---|---|---|---|
| Sachkompetenz: Beschreiben, Erklären, Erläutern und theoriegeleitetes Interpretieren von biologischen Phänomenen unter Nutzung der synthetischen Evolutionstheorie als grundlegender Erklärungstheorie. Strukturieren von Zusammenhängen auf verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Biosphäre). Erläuterung möglicher Anwendungen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse zur Bewältigung aktueller Schlüsselprobleme als Grundlage für spätere Bewertung. | | | |
| S 1 | beschreiben biologische Sachverhalte sowie Anwendungen der Biologie sachgerecht | S 2.1 a) | <i>stellen den Feinbau des Mitochondriums anhand einer beschrifteten Schemazeichnung dar</i> |
| S 2 | strukturieren und erschließen biologische Phänomene sowie Anwendungen der Biologie auch mithilfe von Basiskonzepten | S 3.4 d) | <i>vergleichen Blattquerschnitte verschiedener Pflanzen- und Blattyphen im Hinblick auf ihre funktionale Anpasstheit (→ Basiskonzept „Struktur und Funktion“)</i> |
| S 3 | erläutern biologische Sachverhalte, auch indem sie Basiskonzepte nutzen und fachübergreifende Aspekte einbinden | S 4.1 a) | <i>stellen den Kohlenstoffkreislauf schematisch dar und erläutern den Zusammenhang von Fotosynthese und Zellatmung (→ Basiskonzept „Stoff- und Energieumwandlung“; fächerübergreifend: Chemie, Geografie, Geschichte)</i> |
| S 4 | formulieren zu biologischen Phänomenen sowie Anwendungen der Biologie theoriegeleitet Hypothesen und Aussagen | S 3.4 e) | <i>erklären das Phänomen des Blattabwurfs bei Laubbäumen und der Blattfärbung im Herbst</i> |
| S 5 | strukturieren und erschließen die Eigenschaften lebender Systeme auch mithilfe von Basiskonzepten und erläutern die Eigenschaften unter qualitativen und quantitativen Aspekten | E 1.2 a) | <i>begründen die Veränderung der Allelhäufigkeit in einem Genpool mit einer unterschiedlichen reproduktiven Fitness (→ Basiskonzept „individuelle und evolutive Entwicklung“)</i> |
| S 6 | stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen (Molekular- bis Biosphären-ebene) dar | E 1.1 a) | <i>beschreiben Biodiversität auf verschiedenen Systemebenen</i> |
| S 7 | erläutern Prozesse in und zwischen lebenden Systemen sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt | Ö 1.2 a) Ö 1.3 a) | <i>erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem; analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen</i> |
| S 8 | erläutern die Entstehung und Bedeutung von Biodiversität sowie Gründe für deren Schutz und nachhaltige Nutzung | Ö 2.2 c) | <i>erläutern die Bedeutung der Biodiversität</i> |

| Erkenntnisgewinnungskompetenz: | | | |
|--|---|---|---|
| Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren. Biologische Systeme sind lebende Systeme, daher werden neben wissenschaftspropädeutischen auch ethische Fragen aufgeworfen, so dass sich eine Verzahnung mit dem Kompetenzbereich „Bewertung“ ergibt. | | | |
| E 1 | beschreiben Phänomene und Beobachtungen als Ausgangspunkte von Untersuchungen | S 1.1 a) S 1.2 S 1.3 | <i>Einstiegsexperiment und weitere Experimente zur Enzymatik → hypothetisch-deduktive Vorgehensweise</i> |
| E 2 | identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu biologischen Sachverhalten | | |
| E 3 | stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf | | |
| E 4 | planen und führen hypothesengeleitete Beobachtungen, Vergleiche, Experimente und Modellierungen durch und protokollieren sie | S 3.1 b) | <i>führen ein Experiment durch zum qualitativen Nachweis des bei der Fotosynthese entstehenden Sauerstoffs und werten dieses aus</i> |
| E 5 | berücksichtigen bei der Planung von Beobachtungen, Vergleichen, Experimenten sowie Modellierungen das jeweilige Variablengefüge | S 3.2 a) | <i>planen analog zu dem Experiment aus 3.1 weitere Experimente zum Nachweis der Abhängigkeit der Fotosynthese von Licht und CO₂, führen sie durch und werten sie aus</i> |
| E 6 | berücksichtigen die Variablenkontrolle beim Experimentieren | | |
| E 7 | nehmen qualitative und quantitative Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus | Ö 2.1 e) | <i>analysieren ein Ökosystem mit physikalischen, chemischen und biologischen Methoden auch unter Nutzung digitaler Werkzeuge</i> |
| E 8 | wenden Labor- und freilandbiologische Geräte und Techniken sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an | S Ö | <i>Experimente zur Enzymatik und Fotosynthese Aufnahme von Daten im Rahmen der Exkursion in ein Ökosystem</i> |
| E 9 | finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen | S 3.2 | <i>Auswertung von Experimenten und Diagrammen zur Abhängigkeit der Fotosynthese von verschiedenen abiotischen Faktoren</i> |
| E 10 | beurteilen die Gültigkeit von Daten und ermitteln mögliche Fehlerquellen | S 1.3 a) | <i>planen ein Experiment zum Einfluss auf die Enzymaktivität, führen es durch, werten es aus und ermitteln mögliche Fehlerquellen</i> |
| E 11 | widerlegen oder stützen die Hypothese (Hypothesenrückbezug) | | |
| E 12 | diskutieren Möglichkeiten und Grenzen von Modellen | G 1.1 e) | <i>diskutieren, inwiefern DNA-Modelle die Realität korrekt abbilden</i> |
| E 13 | reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung | Ö 2.1 e) | <i>interpretieren und protokollieren die Ergebnisse der Exkursion und präsentieren sie</i> |
| E 14 | stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her | Ö 2.3 a) | <i>stellen an einem Raumbispiel Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen dar</i> |
| E 15 | reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit) | | <i>Diese Standards sind grundsätzlich mitzudenken und nicht an einzelnen Inhalten festzumachen.</i> |
| E 16 | reflektieren die Kriterien wissenschaftlicher Wissensproduktion (Evidenzbasierung, Theorieorientierung) | | |
| E 17 | reflektieren Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung | | |

| | | | |
|--|---|------------------------|---|
| Kommunikationskompetenz: Kenntnis von Fachsprache, fachtypischen Darstellungen und Argumentationsstrukturen und in der Fähigkeit, diese zu nutzen, um fachbezogene Informationen zu erschließen, adressaten- und situationsgerecht darzustellen und auszutauschen. Erschließen: zielgerichtete und selbständige Recherche zu biologischen Sachverhalten in analogen und digitalen Medien. Aufbereitung: kriteriengeleitete Auswahl fach- und problembezogener Sachverhalte; Strukturierung, Interpretation und Dokumentation auch mit Hilfe digitaler Werkzeuge in fachtypischen Darstellungsformen; Ableitung von Schlussfolgerungen sowie Angabe von Quellen. Dabei ist zwischen funktionalen und kausalen wie auch proximalen und ultimativen Erklärungen zu unterscheiden, ohne dabei unangemessene finale Begründungen zu nutzen. Der Austausch individuell verarbeiteter Informationen erfolgt jeweils unter Verwendung der Fachsprache sowie sach- und adressatengerecht. Der eigene Standpunkt sowie Lösungsvorschläge werden klar und begründet mitgeteilt. | | | |
| K 1 | recherchieren zu biologischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus | Ö 2.1 f) | <i>recherchieren Einflüsse des Menschen auf Ökosysteme und beziehen ihre Erkenntnisse auf das untersuchte Ökosystem</i> |
| K 2 | wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten und anwendungsbezogenen Fragestellungen aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen, auch komplexen Darstellungsformen | Ö 1.2 b) | <i>untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen</i> |
| K 3 | prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen oder Darstellungsformen im Hinblick auf deren Aussagen | Ö 2.3 c) | <i>recherchieren für einen selbst gewählten Raum einen Ursache-Wirkungs-Zusammenhang, beurteilen diesen und bewerten mögliche Maßnahmen im Sinne der Nachhaltigkeit</i> |
| K 4 | analysieren Herkunft, Qualität und Vertrauenswürdigkeit von verwendeten Quellen und Medien sowie darin enthaltene Darstellungsformen im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors. | | |
| K 5 | strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab | | |
| K 6 | unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache | | <i>grundsätzlicher/übergeordneter Standard</i> |
| K 7 | erklären Sachverhalte aus ultimativer und proximaler Sicht, ohne dabei unangemessene finale Begründungen zu nutzen | E 1.5 a) | <i>erläutern an Beispielen, dass Verhalten proximale und ultimale Ursachen hat</i> |
| K 8 | unterscheiden zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen | E 1.4 a) | <i>stellen Koevolution als wechselseitigen Anpassungsprozess zweier Arten an einem Beispiel dar</i> |
| K 9 | nutzen geeignete Darstellungsformen für biologische Sachverhalte und überführen diese ineinander | Ö 1.2 b) und c) | <i>untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen, stellen diese Daten grafisch dar und werten sie aus</i> |
| K 10 | verarbeiten sach-, adressaten- und situationsgerecht Informationen zu biologischen Sachverhalten | S 1.2. d) | <i>stellen die Substrat- und die Wirkungsspezifität von Enzymen modellhaft dar (z. B. durch Erstellen von Erklärvideos)</i> |
| K 11 | präsentieren biologische Sachverhalte sowie Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien | Ö 2.1 e) | <i>interpretieren und protokollieren die Ergebnisse der Exkursion und präsentieren sie</i> |
| K 12 | prüfen die Urheberschaft, belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate | Inf 3.3 b) | <i>recherchieren und präsentieren ein weiteres Gift</i> |

| | | | |
|-------------|--|-------------------|---|
| K 13 | tauschen sich mit anderen konstruktiv über biologische Sachverhalte aus, vertreten, reflektieren und korrigieren gegebenenfalls den eigenen Standpunkt | G 5.1 b) | <i>diskutieren Möglichkeiten und Grenzen der Therapie genetisch bedingter Erkrankungen und des therapeutischen Klonens</i> |
| K 14 | argumentieren wissenschaftlich zu biologischen Sachverhalten kriterien- und evidenzbasiert sowie situationsgerecht. | Inf F 1 b) | <i>diskutieren den Konsum von Suchtstoffen multiperspektivisch und bewerten Maßnahmen zur Suchtprävention und -therapie</i> |

| | | | |
|--|--|-----------------|--|
| Bewertungskompetenz: | | | |
| Kenntnis von fachlichen und überfachlichen Perspektiven und Bewertungsverfahren; 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. In bewertungsrelevanten Situationen sollen relevante Sachinformationen und Argumente und deren Herkunft sowie die damit verbundenen Werte identifiziert werden. Handlungsoptionen werden ausgewertet, Entscheidungen in Bezug auf biologische Aspekte aufgrund von gesellschaftlich akzeptierten und persönlich relevanten Werten und Normen getroffen, begründet sowie reflektiert. | | | |
| B 1 | analysieren Sachverhalte im Hinblick auf ihre Bewertungsrelevanz | G 5.1 a) | <i>erläutern die Analyse von Gentests und Familienstammbäumen beim Menschen und leiten eine genetische Beratung ab</i> |
| B 2 | betrachten Sachverhalte aus unterschiedlichen Perspektiven | Ö 2.3 b) | <i>beschreiben Maßnahmen des Ökosystemmanagements (deskriptive Aussagen) und bewerten diese (normative Aussagen)</i> |
| B 3 | unterscheiden deskriptive und normative Aussagen | | |
| B 4 | identifizieren Werte, die normativen Aussagen zugrunde liegen | | |
| B 5 | beurteilen Quellen hinsichtlich ihrer Herkunft und in Bezug auf spezifische Interessenlagen | Ö 2.1 f) | <i>recherchieren Einflüsse des Menschen auf Ökosysteme und beziehen ihre Erkenntnisse auf das untersuchte Ökosystem</i> |
| B 6 | beurteilen Möglichkeiten und Grenzen biologischer Sichtweisen | G 5.1 b) | <i>erläutern Möglichkeiten und Grenzen der Therapie genetisch bedingter Erkrankungen und des therapeutischen Klonens</i> |
| B 7 | stellen Bewertungskriterien auf, auch unter Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte | Ö 2.4 a) | <i>analysieren Werte und Normen bezüglich verantwortungsvollen und nachhaltigen Umgangs mit Ressourcen,</i> |
| B 8 | entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie ab | Ö 2.4 b) | <i>beurteilen an einem selbst gewählten Beispiel die verantwortungsvolle und nachhaltige Nutzung einer Ressource,</i> |
| B 9 | bilden sich kriteriengeleitet Meinungen und treffen Entscheidungen auf der Grundlage von Sachinformationen und Werten | | |
| B 10 | reflektieren kurz- und langfristige, lokale und globale Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen | Ö 2.4 c) | <i>reflektieren ihr Konsumverhalten aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive.</i> |
| B 11 | reflektieren den Prozess der Bewertung aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive | Ö 2.2 d) | <i>beschreiben und bewerten Konflikte zwischen dem Erhalt der Biodiversität und menschlicher Nutzung</i> |
| B 12 | beurteilen und bewerten Auswirkungen von Anwendungen der Biologie im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung aus ökologischer, ökonomischer, politischer und sozialer Perspektive | | |

Funktionale vs. kausale Erklärungen

Funktionale Erklärungen beziehen sich auf die Funktion, welche eine bestimmte Struktur oder ein Verhalten erklären; häufig sind dies z. B. Struktur-Funktions-Zusammenhänge bei Anpasstheiten.

Kausale Erklärungen beziehen sich auf die Ursache, die einem bestimmten Verhalten bzw. einer Lebensäußerung zu Grunde liegt; dies können endogene und exogene Ursachen sein.

Beispiel 1:

Kausal: Der Buchfink singt, weil das Überschreiten einer bestimmten Tageslänge im Frühjahr zusammen mit dem Anblick eines weiblichen Artgenossen zur Produktion des Sexualhormons Testosteron in den Gonaden führt, das dann mit dem Blutstrom in das ZNS transportiert wird, wo es bestimmte Kerngebiete aktiviert, von wo aus dann ein spezifisches, zeitlich organisiertes Impulsmuster an die zum Singen notwendigen Muskeln geleitet wird.

Funktional: Durch den Gesang des Buchfinks werden Weibchen angelockt und Rivalen ferngehalten.

Beispiel 2:

Kausal: Spaltöffnungen werden geöffnet, weil Nebenzellen aktiv Kalium-Ionen in die Schließzellen pumpen. Durch die höhere Konzentration an Ionen innerhalb der Schließzellen strömt vermehrt Wasser in die Schließzellen. Diese spannen sich durch den aufgebauten Turgordruck, das Stoma öffnet sich.

Funktional: Das Öffnen der Spaltöffnungen ermöglicht den Gasaustausch für die Photosynthese.

Proximate und ultimate Erklärungen

Proximate Erklärungen beziehen sich auf den unmittelbaren Grund für ein Verhalten bzw. Phänomen.

Beispiel: „Das Fell des Eisbären hat keine Pigmente und sieht deshalb weiß aus.“

Ultimate Erklärungen beziehen sich darauf, wie ein Verhalten bzw. Phänomen im Laufe der Evolution entstanden ist.

Beispiel: „Im Laufe der Stammesgeschichte hatten Bären mit weißem Fell einen Selektionsvorteil gegenüber Bären mit dunklem Fell und konnten sich erfolgreicher vermehren“.

Zu vermeiden sind finale (zielgerichtete) Erklärungen (z. B. „Der Eisbar hat weißes Fell, damit er im Schnee gut getarnt ist“, „Der Buchfink singt, um ein Weibchen anzulocken“, denn sie können sich nur auf bewusst reflektiertes Handeln beziehen.

Normative und deskriptive Argumente (z. B. im Rahmen eines praktischen Syllogismus)

Deskriptive (= beschreibende) **Aussagen** sind faktenbasiert, objektiv wahr und nicht wertend.

Normative Aussagen hingegen basieren auf moralischen Werten und Normen, die sich aus diesen Werten ergeben.

Der **Praktische Syllogismus** ist ein Argumentationsschema, welches sich aus drei Schritten zusammensetzt (syn = zusammen, logos = Wort): Eine deskriptive Prämisse (Aussage) und eine normative Prämisse ergeben zusammen eine logische Schlussfolgerung. Je nachdem, welche Werte für die normative Prämisse herangezogen werden, können praktische

Syllogismen für unterschiedliche Standpunkte formuliert werden. Ein praktischer Syllogismus stellt dabei ein Argument dar!

Beispiel:

Gentechnik – ein mögliches befürwortendes Argument:

Deskriptive Prämisse: „Durch gentechnische Verfahren können der Ertrag und die Widerstandsfähigkeit von Lebensmittelpflanzen gegenüber Schädlingen gesteigert werden.“

Normative Prämisse: „Es muss alles dafür getan werden, um die Ernährung der Menschen zu sichern.“

Konklusion: „Grüne Gentechnik zur Sicherung der menschlichen Lebensgrundlagen ist zu befürworten.“

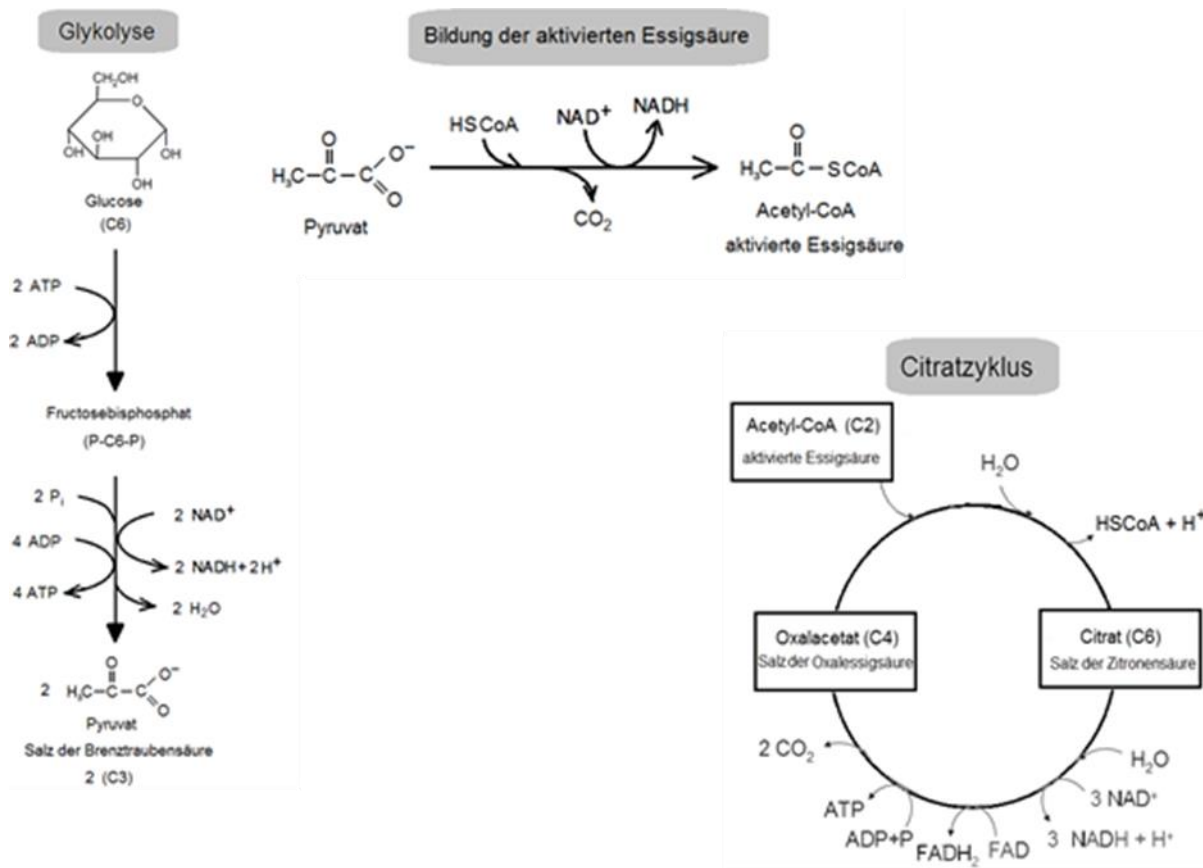
Gentechnik - ein mögliches ablehnendes Argument:

Deskriptive Prämisse: „Durch gentechnische Verfahren wird das Erbgut von Lebewesen gezielt verändert.“

Normative Prämisse: „Das Erbgut des Menschen sollte unangetastet bleiben.“ (mögliche zugrundeliegende Werte: Menschenwürde, Schöpfungsgedanke)

Konklusion: Gentherapeutische Verfahren am Menschen sind abzulehnen.

Glykolyse und Citratzyklus



Energiebilanz der Zellatmung

| | Glykolyse | Oxidative Decarboxylierung | Citratzyklus | Atmungskette | Σ |
|-------------------|-----------|-------------------------------|--------------|--------------|----------|
| ATP | 2 | | 2 | 34 | 38 |
| NADH | 2 | 2 | 6 | -10 | 0 |
| FADH ₂ | | | 2 | -2 | 0 |

Operatoren für das Fach Biologie

Die Operatoren beziehen sich auf die Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung.

| | |
|---------------------------|---|
| ableiten, schließen auf | auf der Grundlage von Erkenntnissen oder Daten sachgerechte Schlüsse ziehen |
| abschätzen | durch begründete Überlegungen Größenwerte angeben |
| analysieren | wichtige Bestandteile, Eigenschaften oder Zusammenhänge auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten |
| aufstellen, formulieren | chemische Formeln, Gleichungen, Reaktionsgleichungen (Wort- oder Formelgleichungen) oder Reaktionsmechanismen entwickeln |
| Hypothesen aufstellen | eine Vermutung über einen unbekanntem Sachverhalt formulieren, die fachlich fundiert begründet wird |
| Angeben, benennen, nennen | Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe oder Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben |
| anwenden | einen bekannten Zusammenhang oder eine bekannte Methode auf etwas Neues beziehen |
| auswerten | Beobachtungen, Daten, Einzelergebnisse oder Informationen in einen Zusammenhang stellen und daraus Schlussfolgerungen ziehen |
| begründen | Gründe oder Argumente für eine Vorgehensweise oder einen Sachverhalt nachvollziehbar darstellen |
| berechnen | Die Berechnung ist ausgehend von einem Ansatz darzustellen. |
| beschreiben | Beobachtungen, Strukturen, Sachverhalte, Methoden, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren |
| beurteilen | Das zu fällende Sachurteil ist mithilfe fachlicher Kriterien zu begründen. |
| bewerten | Das zu fällende Werturteil ist unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Werte und Normen zu begründen. |
| darstellen | Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren, auch mithilfe von Zeichnungen und Tabellen |
| diskutieren | Argumente zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen |

| | |
|---------------------------|---|
| dokumentieren | alle notwendigen Erklärungen, Herleitungen und Skizzen darstellen |
| (Experimente) durchführen | an einer Experimentieranordnung zielgerichtete Handlungen, Messungen und Änderungen vornehmen und diese protokollieren |
| erklären | einen Sachverhalt nachvollziehbar und verständlich machen, indem man ihn auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführt |
| erläutern | einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen |
| ermitteln | ein Ergebnis oder einen Zusammenhang rechnerisch, grafisch oder experimentell bestimmen |
| herleiten | mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten einen Zusammenhang zwischen chemischen bzw. physikalischen Größen herstellen |
| interpretieren, deuten | naturwissenschaftliche Ergebnisse, Beschreibungen und Annahmen vor dem Hintergrund einer Fragestellung oder Hypothese in einen nachvollziehbaren Zusammenhang bringen |
| ordnen | Begriffe oder Gegenstände auf der Grundlage bestimmter Merkmale systematisch einteilen |
| planen | zu einem vorgegebenen Problem (auch experimentelle) Lösungswege entwickeln und dokumentieren |
| präsentieren | biologische Zusammenhänge mediengestützt vortragen |
| protokollieren | Fragestellung, Aufbau, Ablauf und Beobachtung von Experimenten detailgenau zeichnerisch einwandfrei bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben und auswerten |
| recherchieren | gezieltes Ermitteln von Informationen mit Hilfe von Quellen |
| skizzieren | Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Ergebnisse übersichtlich grafisch darstellen und beschriften |
| untersuchen | Sachverhalte oder Phänomene mithilfe fachspezifischer Arbeitsweisen erschließen |
| vergleichen | Gemeinsamkeiten und Unterschiede kriteriengeleitet herausarbeiten |
| zeichnen | Objekte grafisch exakt darstellen |