

Hausinternes Curriculum

Biologie

Johannes-Althusius-Gymnasium

Bad Berleburg

Stand 2023



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Präambel..... | 3 |
| 2. Leistungsbewertung | 4 |
| 3. Klausurzeiten..... | 7 |
| 4. Curriculum Leistungskurs | 8 |
| UV LK-N1: Erregungsentstehung und Erregungsleitung an einem Neuron | 8 |
| UV LK-N2: Informationsweitergabe über Zellgrenzen | 11 |
| UV LK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen | 15 |
| UV LK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen..... | 17 |
| UV LK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie | 20 |
| UV LK-S4: Fotosynthese – natürliche und anthropogene Prozessoptimierung | 24 |
| UV LK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen | 26 |
| UV LK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften | 30 |
| UV LK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen..... | 32 |
| UV LK-E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie | 36 |
| UV LK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft..... | 39 |
| UV LK-E3: Humanevolution und kulturelle Evolution | 42 |
| UV LK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information | 44 |
| UV LK-G2: DNA – Regulation der Genexpression und Krebs..... | 48 |
| UV LK-G3: Humangenetik, Gentechnik und Gentherapie | 51 |
| 5. Curriculum Grundkurs..... | 54 |
| UV GK-N1: Informationsübertragung durch Nervenzellen | 54 |
| UV GK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen | 58 |
| UV GK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen..... | 59 |
| UV GK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie | 62 |
| UV GK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen..... | 64 |
| UV GK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften | 67 |
| UV GK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen.... | 68 |
| UV GK E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie | 71 |
| UV GK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft..... | 73 |
| UV GK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information | 76 |
| UV GK-G2: Humangenetik und Gentherapie..... | 80 |

1. Präambel

Beim Johannes-Althusius-Gymnasium handelt sich um ein staatliches Gymnasium im ländlichen Raum. Zum Schuljahresstart 2023/24 wird die Schule von 492 Lernenden besucht, die von 42 Lehrkräften unterrichtet werden. Die Schule ist zwei- bis dreizügig. Aktuell unterrichten sieben Lehrkräfte das Unterrichtsfach Biologie. Für das schulinterne Curriculum stellen die Prinzipien unseres Namenspatrons Johannes Althusius in Form der reziproken Solidarität, des wehrhaften Gerechtigkeits sinns sowie der unumstößlichen Würde einen normativen Rahmen dar.

Die rechtlichen Grundlagen des schuleigenen Lehrplans des Faches Biologie sind:

- Schulgesetz des Landes Nordrhein-Westfalen
- APO GOst I
- Kernlehrplan Biologie S I des Landes Nordrhein-Westfalen.

Der schuleigene Lehrplan konkretisiert die Vorgaben des Kernlehrplans. Diese werden mit geeigneten Kompetenzerwartungen verknüpft. Die Umsetzung der inhaltlichen Schwerpunkte obliegt sowohl in methodischer als auch in inhaltlicher Sicht der Verantwortung der unterrichtenden Lehrkraft. Die heterogene Zusammensetzung und Größe der Lerngruppen verlangt Flexibilität in der Auswahl von Methode und konkretem Inhalt. Lebensweltnahe Themen und schüleraktivierende Arbeitsformen stehen dabei im Mittelpunkt.

Die Fachschaft Biologie hat beschlossen die Lehrwerke der Schulbuchreihe „Biosphäre“ des Schulbuchverlages Cornelsen für den Unterricht zu nutzen.

Im Sinne des Medienkompetenzrahmens NRW leistet das Fach Biologie in verschiedenen Unterrichtsvorhaben einen Beitrag, Lernende zu einem „sicheren, kreativen und verantwortungsvollen Umgang mit Medien zu befähigen“. Zum anderen werden Synergien zur fächerübergreifenden schulischen Bildungsaufgabe Verbraucherbildung kenntlich gemacht.

2. Leistungsbewertung

Die Gesamtleistung im Fach Biologie setzt sich in der Sekundarstufe II zu jeweils gleichen Teilen aus den Bereichen „Klausuren“ und „sonstige Mitarbeit“ zusammen.

Sonstige Mitarbeit

In der Sek II orientieren sich die Anforderungen an den in den Richtlinien genannten Anforderungsbereichen I bis III, die in den Operatoren für das Zentralabitur für das Fach Biologie umgesetzt sind.

Operatoren in der Reihenfolge der Anforderungsbereiche:

Dabei dient als Orientierungsrahmen eine **Gewichtung** von 20 – 30 % Anforderungsbereich I, 40 – 60 % AFB II und 10 – 30 % AFB III.

Die **Operatorenliste** ist den Schülerinnen und Schülern in der Q-Phase auszuhändigen und ist auch Inhalt dieses Lehrplans, die Operatoren müssen eingeübt werden.

Die sonstige Mitarbeit orientiert sich an dem gleichen Bewertungsmaßstab wie in der Sek I., bewertet werden alle Aktivitäten innerhalb des Unterrichtes sowie Leistungen, die außerhalb des Unterrichtes zu erbringen sind (zum Beispiel Projekte, Hausaufgaben).

Klausuren

Die Klausuren werden in Anlehnung an das Zentralabitur konzipiert und bewertet. Dabei ist der unterschiedliche Zeitrahmen zu beachten (siehe Tabelle).

Die Aufgabenbewertung sollte sich nach der Gewichtung der Anforderungsbereiche richten und dem vorgegebenen Lösungsschema/bei mindestens einer Klausur in der Qualifikationsphase dem Erwartungshorizont wie im Zentralabitur entsprechen. Die Benotungs- und Bewertungsgrundlage muss den Schülerinnen und Schülern zugänglich gemacht werden (Transparenz). Stärken und Schwächen der jeweiligen Arbeit müssen aus dem Erwartungshorizont ersichtlich sein oder müssen aus einem Kommentar zur Arbeit hervorgehen.

Notentabelle schriftliche Leistungsbewertung:

| Note | Punkte | Prozent |
|------|--------|-----------|
| 1+ | 15 | 96 - 100 |
| 1 | 14 | 91 – 95,6 |
| 1- | 13 | 87 – 90,5 |
| 2+ | 12 | 83 – 86,5 |
| 2 | 11 | 78 – 82,5 |
| 2- | 10 | 74 – 77,5 |
| 3+ | 9 | 70 – 73,5 |
| 3 | 8 | 66 – 69,5 |
| 3- | 7 | 61 – 65,5 |
| 4+ | 6 | 55 – 60,5 |
| 4 | 5 | 50 – 54,5 |

| | | |
|----|---|-----------|
| 4- | 4 | 45 – 49,5 |
| 5+ | 3 | 38 – 44,5 |
| 5 | 2 | 30 – 37,5 |
| 5- | 1 | 22 – 29,5 |
| 6 | 0 | 0 – 21,5 |

Gewichtung der Anforderungsbereiche (Operatoren siehe oben):

| Anforderungsbereich | prozentuale Gewichtung |
|---------------------|------------------------|
| I | 20 – 30 |
| II | 40 – 60 |
| III | 10 - 30 |

Übersicht über die Operatoren (gültig ab dem Abitur 2025)

Im Folgenden werden Operatoren erläutert, die in Abituraufgaben für das Fach Biologie häufig vorkommen. Die genannten Operatoren werden in den Abituraufgaben der jeweiligen Erläuterung entsprechend verwendet. Die Verwendung eines Operators, der im Folgenden nicht genannt wird, ist möglich, wenn aufgrund der standard-sprachlichen Bedeutung dieses Operators in Verbindung mit der Aufgabenstellung davon auszugehen ist, dass die jeweilige Aufgabe im Sinne der Aufgabenstellung bearbeitet werden kann (z. B. „durchführen“: Führen Sie das Experiment durch.).

| Operator | Grundsätzlich können sich alle Operatoren auf alle drei Anforderungsbereiche beziehen. |
|-------------------------|---|
| ableiten | 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 unbekanntes Sachverhalt formulieren, die fachlich fundiert begründet wird |
| angeben, nennen | Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe oder Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben |
| 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 |
| entwickeln | zu einem Sachverhalt oder einer Problemstellung eine Fragestellung, ein Modell oder ein Experiment entwerfen oder modifizieren |
| 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 |
| prüfen, überprüfen | Sachverhalte oder Aussagen an Fakten und Gesetzmäßigkeiten messen und eventuelle Widersprüche aufdecken |
| skizzieren | Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Ergebnisse übersichtlich grafisch darstellen |
| Stellung nehmen | zu einem Sachverhalt, der an sich nicht eindeutig ist, nach kritischer Prüfung und sorgfältiger Abwägung ein begründetes Urteil abgeben |
| untersuchen | Sachverhalte oder Phänomene mithilfe fachspezifischer Arbeitsweisen erschließen |
| vergleichen | Gemeinsamkeiten und Unterschiede kriteriengeleitet herausarbeiten |
| zeichnen | Objekte grafisch exakt darstellen |
| zusammenfassen | Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert sprachlich darstellen |

Vorgaben für die Konstruktion von Aufgaben für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Biologie

Es gelten die im Kernlehrplan und in den ‚Abiturvorgaben‘ festgelegten Prinzipien für die Konstruktion von Aufgaben für die schriftliche Abiturprüfung.

| <i>Insbesondere ist auf folgende Aspekte hinzuweisen: Aspekt</i> | Beschreibung |
|---|--|
| Prüfungsaufgabe (Abiturklausur) | Eine Prüfungsaufgabe umfasst drei Aufgaben mit jeweils mehreren Teilaufgaben. Dem Prüfling wird ein Aufgabensatz mit vier Aufgaben vorgelegt. Aus diesen vier Aufgaben wählen die Prüflinge drei Aufgaben als Prüfungsaufgabe zur Bearbeitung aus. Die vier erstellten Aufgaben müssen so gestaltet sein, dass sich die Prüfungsaufgabe in jeder Aufgabenkombination auf mindestens zwei der im KLP genannten Inhaltsfelder bezieht. |
| Aufgabenart | Für die Prüfung im Fach Biologie sind laut Kernlehrplan (Kap. 4) folgende Aufgabenarten zulässig: - Aufgabenart I: Materialgebundene Aufgabe - Aufgabenart II: Fachpraktische Aufgabe |

| | |
|----------------------|---|
| | <p>Mischformen der genannten Aufgabenarten sind möglich. Eine ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgabenstellung, d. h. eine Aufgabe ohne Material- oder Experimentbezug, ist nicht zulässig.</p> <p>Wenn die Aufgaben der schriftlichen Abiturprüfung fachpraktische Anteile enthalten, kann sich die Arbeitszeit um bis zu 60 Minuten erhöhen. Der zusätzliche Zeitaufwand wird verbindlich in der Aufgabe ausgewiesen.</p> |
| Beurteilung | <p>Die Aufgabe muss eine Beurteilung ermöglichen, die das gesamte Notenspektrum umfasst. Die unterschiedlichen Anforderungsebenen von Grund- und Leistungskursen (grundlegendes und erhöhtes Anforderungsniveau) müssen deutlich erkennbar sein, vor allem im Hinblick auf die Komplexität des Gegenstands, die Abstraktion der Inhalte, den Anspruch an die Beherrschung der Fachsprache und Methoden sowie die Selbstständigkeit bei der Lösung der Aufgaben.</p> |
| Umfang einer Aufgabe | <p>Die Arbeitszeit in der schriftlichen Abiturprüfung beträgt einschließlich der Auswahlzeit im Leistungskurs 300 Minuten und im Grundkurs 255 Minuten. Eine einzelne Aufgabe ist im Leistungskurs für eine Arbeitszeit von 90 Minuten und im Grundkurs für eine Arbeitszeit von 75 Minuten zu konzipieren.</p> |
| Inhaltsfelder | <p>Die Prüfungsaufgabe (Abiturklausur) bezieht sich insgesamt auf mindestens zwei der im KLP beschriebenen Inhaltsfelder.</p> <p>Eine Aufgabe weist in der Regel Bezüge zu einem Inhaltsfeld auf. Auch Inhaltsfeldübergreifende Aufgaben sind möglich.</p> |
| Kontext | <p>Die Aufgabe ist in einen Kontext eingebettet, der sinnvoll und für die Aufgabe von Bedeutung ist.</p> |

3. Klausurzeiten

Für das Fach Biologie wurden folgende Klausurzeiten (in Minuten) am JAG festgelegt:

| | Q1.1 | Q1.2 | Q2.1 | Q2.2 |
|----------------------|------|------|------|---------------------------------------|
| Leistungskurs | 135 | 180 | 225 | 300 (incl. 30 Minuten Auswahlzeit) |
| Grundkurs | 90 | 135 | 180 | 255 (incl. 30 Minuten Auswahlzeit) |

4. Curriculum Leistungskurs

| | |
|--|--|
| UV LK-N1: Erregungsentstehung und Erregungsleitung an einem Neuron Inhaltsfeld 2: Neurobiologie Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachchaftsinterne Absprachen |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlagen der Informationsverarbeitung, Fachliche Verfahren: Potenzialmessungen, neurophysiologische Verfahren Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> • Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> • Energiebedarf des neuronalen Systems Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> • Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotenzialen Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> • Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12). | Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen? (ca. 12 Ustd.) | Kontext: Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF) zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon • Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion [1] • Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vergleich einer schematischen Abbildung mit Realaufnahmen von Nervenzellen |
| | <ul style="list-style-type: none"> • entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3). | | Kontext: Nervenzellen unter Spannung: Die Ionentheorie des Ruhepotenzials zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> • Wiederholung der Transportmechanismen an Membranen (→ EF) • Klärung der Bedeutung der Ladungsverteilung an der Axonmembran unter Berücksichtigung des chemischen und elektrischen Potenzials, z. B. am Beispiel Gemeiner Kalmar (<i>Loligo vulgaris</i>) |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|--|---|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> Entwicklung von Hypothesen zur Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials und Erläuterung der Bedeutung von Natrium-Kalium-Ionenpumpen Auswertung eines Experiments zur Beeinflussung des Ruhepotenzials (z. B. USSING-Kammer: [2]) |
| <ul style="list-style-type: none"> Bau und Funktionen von Nervenzellen: Aktionspotenzial neurophysiologische Verfahren, Potentialmessungen | <ul style="list-style-type: none"> erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14). | | <p><i>Kontext:</i> Neuronen in Aktion: schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal [3] Erläuterung der Veränderungen der Ionenverteilung an der Membran beim Wechsel vom Ruhe- zum Aktionspotenzial, Phasen des Aktionspotenzials, korrekte Verwendung der Fachsprache Beschreibung einer Versuchsanordnung zur Untersuchung von Potenzialänderungen an Neuronen begründete Zuordnung von molekularen Vorgängen an der Axonmembran zu den passenden Kurven-Diagrammen (Potentialmessung) [4, 5] Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten Ionenkanäle ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen [6] |
| <ul style="list-style-type: none"> Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung | <ul style="list-style-type: none"> vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3). | | <p><i>Kontext:</i> Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen Schmerz Wahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung [7] modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen Aδ-Fasern und langsameren C-Fasern [8] Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: Erhöhung des Axondurchmessers (Bsp. <i>Loligo vulgaris</i>) oder Myelinisierung fakultativ: Ableitung ultimativer Ursachen für schnelle und langsame Erregungsleitung bei Wirbeltieren |
| <ul style="list-style-type: none"> Störungen des neuronalen | <ul style="list-style-type: none"> analysieren die Folgen einer neuronalen Störung aus individueller und | <p>Wie kann eine Störung des neuronalen Systems die</p> | <p><i>Kontext:</i> Multiple Sklerose als Beispiel für eine neurodegenerative Erkrankung</p> |

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

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8273 | Arbeitsmaterial „Bau und Funktion von Neuronen“ |
| 2 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8268 | Arbeitsmaterial „Ruhepotenzial - Theoretische Modellexperimente (Ussing-Kammer)“ |
| 3 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6081 | Zusatzmaterial „Experiment Reaktionstext“ |
| 4 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366 | Arbeitsmaterial „Entstehung eines Aktionspotenzials“ |
| 5 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6082 | Zusatzmaterial „Aktionspotenzial“ |
| 6 | https://www.igb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/get-TaskFile?id=p10^SchmerzN^f20767 | IQB-Aufgabe „Schmerz“: grundlegendes Niveau (M1 und M3) |
| 7 | https://www.dasgehirn.info/krankheiten/schmerz/wie-schmerz-ins-gehirn-gelangt | Informationen zur Schmerzwahrnehmung |
| 8 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366 | Arbeitsmaterial zur Erregungsweiterleitung |
| 9 | https://www.dasgehirn.info/krankheiten/multiple-sklerose/multiple-sklerose | Informationsfilm zur Erarbeitung des Krankheitsbildes von MS |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|--|---|
| UV LK-N2: Informationsweitergabe über Zellgrenzen Inhaltsfeld 2: Neurobiologie Zeitbedarf: ca. 14 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachschaftsinterne Absprachen <ul style="list-style-type: none"> • evtl. Erstellung von Erklärfilmen zur Synapse |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlagen der Informationsverarbeitung, Neuronale Plastizität Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Informationen aufbereiten (K) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> • Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> • Energiebedarf des neuronalen Systems Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> • Codierung und Decodierung von Information an Synapsen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse • Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche | <ul style="list-style-type: none"> • erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6). • erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14). | Wie erfolgt die Erregungsleitung vom Neuron zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden? (ca. 8 Ustd.) | Kontext: Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox) <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer erregenden chemischen Synapse (z. B. cholinerge Synapse) [1] Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und behandelten Synapse <i>Kontext:</i> Warum hilft Kratzen gegen Juckreiz? <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • und zeitliche Summation • Stoffeinwirkung an Synapsen | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Bedeutung der Verrechnung von Potenzialen für die Erregungsleitung (S2, K11). • nehmen zum Einsatz von Verrechnung: exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9). | | <ul style="list-style-type: none"> • Vergleich von erregender und hemmender Synapse sowie Verrechnung von EPSP und IPSP (z. B. anhand des Modells einer Glühlampe, die abhängig vom Füllstand der leitenden Flüssigkeit leuchtet [2]) • Auswertung von Potenzialdarstellungen hinsichtlich der Verrechnung von Potenzialen [3,4] • Anwendung der Hemmung am Beispiel der Linderung des Juckreizes durch Kratzen [5] • ggf. Einsatz der Lernaufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“ zur Vertiefung der Stoffeinwirkung an Synapsen [6] <p><i>Kontext:</i> Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung der Wirkungsweise von Cannabis. Hinweis: Da die konkretisierte Kompetenzerwartung vorwiegend dem Kompetenzbereich Bewertung zugeordnet ist, soll auf eine detaillierte Darstellung der molekularen Wirkungsweise von Cannabis verzichtet werden. Im Fokus steht der Prozess der Bewertung mit anschließender Stellungnahme. • Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [7, 8, 9] |
| <ul style="list-style-type: none"> • Zelluläre Prozesse des Lernens | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die synaptische Plastizität auf der zellulären Ebene und leiten ihre Bedeutung für den Prozess des Lernens ab (S2, S6, E12, K1). | <p>Wie kann Lernen auf neuronaler Ebene erklärt werden? (ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Lernen verändert das Gehirn <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erarbeitung der synaptischen Plastizität auf zellulärer Ebene als aktivitätsabhängige Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung (S6, E12, K1) [10] • Erläuterung der Modellvorstellung vom Lernen durch Plastizität des neuronalen Netzwerks (Bahnung) und Ableitung von Strategien für den eigenen Lernprozess: Strukturierung und Kontextualisierung, Wiederholung, Nutzung verschiedener Eingangskanäle (multisensorisch, v.a. Visualisierung), Belohnung [11] • ggf. Planung und Durchführung von Lernexperimenten (Zusammenhang zwischen Wiederholung und Lernerfolg, Einfluss von Ablenkung auf erfolgreiches Lernen) • ggf. Analyse der eigenen Einstellung zum |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|--|
| | | | Lernen bzw. zum Lerngegenstand, hier auch kritische Reflexion von geschlechterspezifischen Stereotypen möglich |
| <ul style="list-style-type: none"> Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung | <ul style="list-style-type: none"> beschreiben die Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung am Beispiel der Stressreaktion (S2, S6). | <p>Wie wirken neuronales System und Hormonsystem bei der Stressreaktion zusammen?</p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p> | <p>Kontext:</p> <p>Körperliche Reaktionen auf Schulstress</p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reaktivierung von Wissen zu Hormonen (→ Sek I) Erarbeitung der wesentlichen Merkmale des hormonellen Systems beim Menschen Vergleich der Unterschiede zwischen dem neuronalen und dem hormonellen System und Ableitung der Verschränkung beider Systeme [12] ggf. Vertiefung durch Recherche der Bedeutung von Eustress oder der Bedeutung von Entspannungsphasen z. B. in Prüfungszeiten |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369 | Arbeitsmaterial zur Funktionsweise einer chemischen Synapse |
| 2 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6083 | Zusatzmaterial „Modell zur neuronalen Verrechnung“ |
| 3 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5452 | Arbeitsmaterial „Neuronale Informationsverarbeitung“ |
| 4 | https://asset.klett.de/assets/3df4d75/Neuronale-Verschaltung.pdf | Arbeitsblatt zur neuronalen Verschaltung und Verrechnung |
| 5 | https://www.spektrum.de/frage/warum-hilft-kratzen-gegen-jucken/1288571 | Informationen zur Wirkung von Schmerzreizen auf Juckreiz |
| 6 | https://www.iqb.hu-berlin.de/apps/src/taskpool/data/taskpools/get-TaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794 | IQB-Aufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“ |
| 7 | https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen,cannabis212.html | Informationen und kurzer Film zu Cannabis in der Schmerztherapie |
| 8 | https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie | FAQ des Kantonsspitals St. Gallen zur Schmerztherapie mit Cannabis |
| 9 | https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?__blob=publicationFile | Hintergrundinformationen zu Cannabis als Medizin aus der Begleiterhebung zum Gesetz von 2017 |
| 10 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5862 | Unterrichtsreihe „Plastizität und Lernen“ (SINUS), hieraus einzelne Materialien |

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|---|
| 11 | https://www.max-wissen.de/max-media/synaptische-plastizitaet-wie-synapsen-funken-max-planck-cinema/ | Link zu einem Informationsvideo und weiterführende Materialhinweise |
| 12 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6084 | Zusatzmaterial „Hormon- und Nervensystem“ |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|--|
| UV LK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie Zeitbedarf: ca. 6 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle. Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> • Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Energieumwandlung • Energieentwertung • Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel • ATP-ADP-System • Stofftransport zwischen den Kompartimenten • Chemiosmotische ATP-Bildung | <ul style="list-style-type: none"> • vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11). | <p>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um? (ca. 6 Ustd)</p> | <p>Kontext: Leben und Energie – Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen. Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (→EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle NADH+H⁺ und ATP • ggf. Erarbeitung des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (→ Physik Sek I) [1] • Erarbeitung der Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen [1] • Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP. Die Turbine entspricht der ATP-Synthase. Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen von Modellen (E12) [2] • Vernetzung und Ausblick: Benennung der Mitochondrien und Chloroplasten als Orte der membranbasierten Energieumwandlung in eukaryotischen Zellen. Aufstellen von Vermutungen zur Energiequelle für die Aufrechterhaltung des Protonengradienten in Chloroplasten (Lichtenergie) und Mitochondrien (chemische Energie aus der Oxidation von Nährstoffen) |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6085 | Arbeitsmaterial zu den Grundlagen der ATP-Bildung in Zellen unter Berücksichtigung des Vorwissens aus der Einführungsphase und der Modellierung einer Energieumwandlung im Pumpspeicherkraftwerk |
| 2 | https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Chemiosmotische_Kopplung | Anschauliche Erklärung des Grundprinzips der chemiosmotischen Kopplung |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|--|--|
| <p>UV LK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen</p> <p>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen erschließen (K) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle. <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen <p>Steuerung und Regelung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: <i>Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Feinbau Mitochondrium • Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäure-Zyklus und Atmungskette • Energetisches Modell der Atmungskette • Redoxreaktionen | <ul style="list-style-type: none"> • stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9), • vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11). | <p>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</p> <p>(ca. 8 Ustd)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt [1]</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung des Vorwissens zum Feinbau von Mitochondrien und Skizze eines Schaubildes mit den wesentlichen Schritten der Zellatmung und deren Verortung in Zellkompartimenten. Sukzessive Ergänzung des Schaubildes im Verlauf des Unterrichts (K9) • Beschreibung der Glykolyse als ersten Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierung auf die Entstehung von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse • Beschreibung des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den Mitochondrien durch oxidative Decarboxylierung und die Prozesse im Tricarbonsäurezyklus, dabei Fokussierung auf die Reaktionen, in denen Reduktionsäquivalente und ATP gebildet werden • Aufstellung einer Gesamtbilanz aus den ersten drei Schritten und Abgleich mit der Bruttogleichung der Zellatmung <p><i>Hinweis:</i> Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können.</p> <p><i>Kontext:</i></p> <p>Knallgasreaktion in den Mitochondrien?</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Demonstration der stark exergonischen Knallgasreaktion (ggf. Video) und Aufstellung der Reaktionsgleichung, Hypothesenbildung zum Ablauf der analogen Reaktion in den Mitochondrien • Vertiefung des Feinbaus von Mitochondrien bezüglich der Proteinausstattung der inneren Mitochondrienmembran • Veranschaulichung der Redoxreaktionen und des Gefälles der Redoxpotenziale in einem energetischen Modell der Atmungskette (E12) • Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und NADH+H⁺ als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten • Vervollständigung des Schaubilds und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9) • fakultative Vertiefung weiterer kataboler Reaktionswege, die für den Energiestoffwechsel relevant sind: Oxidation anderer Nährstoffe sowie Abbau eigener Körpersubstanz, Tricarbonsäurezyklus als Stoffwechseldrehscheibe |
| <ul style="list-style-type: none"> • Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung | <ul style="list-style-type: none"> • stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9), | <p>Welche Bedeutung haben Gärungsprozesse für die Energiegewinnung? (ca. 2 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> PASTEUR-Effekt: Höherer Glucoseverbrauch von Hefezellen unter anaeroben Bedingungen</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Problematisierung der Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Glykolyse: Regeneration des NAD⁺ bleibt aus (fehlender Endakzeptor für Elektronen in der Atmungskette) • Erläuterung der Stoffwechselreaktionen der alkoholischen Gärung und Milchsäuregärung und deren Bedeutung für die Regeneration von NAD⁺ • Verwendung geeigneter Darstellungsformen für den stofflichen und energetischen Vergleich der behandelten Stoffwechselwege (K9) • ggf. Vertiefung: Vergleich der Prozesse bei fakultativen und obligaten Anaerobiern |
| <ul style="list-style-type: none"> • Stoffwechselregulation auf Enzymebene | <ul style="list-style-type: none"> • erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12), • nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9) | <p>Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel? (ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren (→EF) • Anwendung des Konzepts der enzymatischen Regulation auf ausgewählte enzymatische Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels (z.B. Feedbackhemmung der Phosphofruktokinase) (E12) • Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2,3] • angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---------------------|---|---------------------------|--|
| | | | und Intention der Autoren (K4) [4] • Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5] |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6086 | In dieser alternativen Unterrichtssequenz werden die gleichen Inhaltlichen Schwerpunkte und konkretisierten Kompetenzerwartungen des KLP angesteuert, jedoch wird mit der Erarbeitung der Vorgänge in der Atmungskette in die Zellatmung eingestiegen. |
| 2 | http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/8/bc/vlu/biokatalyse_enzyme/cofaktoren.vlu/Page/vsc/de/ch/8/bc/biokatalyse/vitamine_coenzyme.vscml.html | Tabellarische Übersicht der Vitamine, die als Coenzyme im Energiestoffwechsel relevant sind |
| 3 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053 | Sachinformationen zum Aufbau von Enzymen, Begriffsbestimmungen (Apoenzym, Cofaktor etc.) |
| 4 | https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de/produkte/sport | Unabhängige und informative Seite der Verbraucherzentrale zu Nahrungsergänzungsmitteln, z.B. im Sport |
| 5 | https://www.verbraucherzentrale.de/ernaehrungskompetenzen-im-sport | Seminarbausteine der Verbraucherzentrale Sachsen. Modul 6 beinhaltet umfassende Informationen, eine PPT-Präsentation und Arbeitsblätter zum Thema Nahrungsergänzungsmittel im Sport. |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|--|
| <p>UV LK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie</p> <p>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel,</p> <p>Fachliche Verfahren: Chromatografie, Tracer-Methode</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biologische Sachverhalte betrachten (S) • Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) • Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E) • Informationen aufbereiten (K) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zelldifferenzierung bei C₃- und C₄-Pflanzen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren | <ul style="list-style-type: none"> • analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11), | <p>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ SI) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität • Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6) • Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9-11) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Anpassungen: Blattaufbau | <ul style="list-style-type: none"> • erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8), | <p>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – Die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind • Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|--|--|--|
| | | | <p>Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3] • Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpasstheiten von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate • ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpasstheiten (K7) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Anpasstheiten: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Lichtsammelkomplex, Feinbau Chloroplast • Chromatografie | <ul style="list-style-type: none"> • erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13), | <p>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente? (ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Der ENGELMANN-Versuch – Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4] • Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese • ggf. Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4) • Beschreibung des Aufbaus der Reaktionszentren in der Thylakoidmembran von Chloroplasten • Erläuterung der Funktionsweise von Lichtsammelkomplexen und ihrer Organisation zu Fotosystemen unter Verwendung von Modellen • Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Chemiosmotische ATP-Bildung • Energetisches Modell der Lichtreaktionen • Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen, • Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, | <ul style="list-style-type: none"> • vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11). • erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9), • werten durch die Anwendung von | <p>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie? (ca. 12 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines übersichtlichen Schaubildes für die Fotosynthese auf Grundlage des Vorwissens (Edukte, Produkte, Reaktionsbedingungen) (K9) • Beschreibung des EMERSON-Effekts anhand eines Diagramms zur Fotosyntheseleistung bei unterschiedlichen Wellenlängen, Identifizierung von Fragestellungen zur Funktionsweise der Fotosysteme (E2) • Entwicklung einer vereinfachten Darstellung der Lichtreaktion in einem energetischen Modell, welche den Energietransfer in den beiden Fotosystemen, die Fotolyse des Wassers, den |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---------------------------|---|
| <p>Regeneration</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tracer-Methode • Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel | <p>Tracermethoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).</p> | | <p>Elektronentransport über Redoxsysteme mit Redoxpotenzialgefälle und die Bildung von NADPH+ H⁺ berücksichtigt (K11) [5]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vergleich des membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in der Atmungskette und der Primärreaktion (E12) (→UV 2) • Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse • Erläuterung des Tracer- Experiments von CALVIN und BENSON zur Aufklärung der Synthesereaktion und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse (E10, E15) • Ergänzung des Schaubildes zur Fotosynthese durch den stofflichen und energetischen Zusammenhang der Teilreaktionen (S2, E9) • Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle (S7, E9) |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002 | Nachweis von Sauerstoff mit Indigocarmin und Natriumdithionit, Versuchsprotokoll und Lösungen |
| 2 | https://www.bio-logisch-nrw.de/aufgabenarchiv | Aufgabe 5 aus dem Jahr 2015 („Alles im grünen Bereich“) beschreibt das einfache und aussagekräftige experimentelle Design mit Efeuplättchen. |
| 3 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002 | Mikroskopie von Spaltöffnungen: Anleitung und Lösung |
| 4 | https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Engelmannscher_Bakterienversuch | Anschauliche Erklärung und Verlinkung zu einer kurzen Animation |
| 5 | https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/chromatografie-von-chlorophyll-109310 | Arbeitsmaterial mit Videolink, Differenzierungsmaterial und Lösungen zur Chromatografie von Blattfarbstoffen |
| 6 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002 | Modell zur Lichtreaktion: Bauanleitung |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|--|
| <p>UV LK-S4: Fotosynthese – natürliche und anthropogene Prozessoptimierung</p> <p>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E) • Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zelldifferenzierung bei C₃- und C₄-Pflanzen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Anpassungen: Blattaufbau • C₄-Pflanzen • Stofftransport zwischen Kompartimenten | <ul style="list-style-type: none"> • vergleichen die Sekundärvorgänge bei C₃- und C₄- Pflanzen und erklären diese mit der Anpassung an unterschiedliche Standortfaktoren (S1, S5, S7, K7), | <p>Welche morphologischen und physiologischen Anpassungen ermöglichen eine effektive Fotosynthese an heißen und trockenen Standorten?</p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Verhungern oder Verdursten? – Anpassungen bei Mais und Hirse</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erläuterung der Standortfaktoren von C₄-Pflanzen, Hypothesenbildung zu Anpassungen, auch unter Berücksichtigung der höheren FS-Leistung • Identifizierung der anatomischen Unterschiede im schematischen Blattquerschnitt von C₃- und C₄-Pflanzen und Beschreibung der physiologischen Unterschiede • Erläuterung der höheren Fotosyntheseleistung der C₄-Pflanzen an warmen, trockenen Standorten, dabei Fokussierung auf die unterschiedliche CO₂-Affinität der Enzyme PEP-Carboxylase und Rubisco • fakultativ: Vergleich verschiedener Fotosyntheseformen inclusive CAM |
| <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen | <ul style="list-style-type: none"> • beurteilen und bewerten multiperspektivisch Zielsetzungen einer biotechnologisch optimierten Fotosynthese im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung (E17, K2, K13, B2, B7, B12) | <p>Inwiefern können die Erkenntnisse aus der Fotosyntheseforschung zur Lösung der weltweiten CO₂-Problematik beitragen?</p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Künstliche Fotosynthese – eine Maßnahme gegen den Klimawandel?</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • angeleitete Recherche zu einem Entwicklungsprozess der künstlichen Fotosynthese mit den Zielen der Fixierung überschüssigen Kohlenstoffdioxids und der Produktion nachhaltiger Rohstoffe (K2) [1,2] • Reflexion der Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung (E17) • Diskussion des Sachverhalts „biotechnologisch |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---------------------|---|---------------------------|---|
| | | | <p>optimierte Fotosynthese“, Erkennen unterschiedlicher Interessen und ethischer Fragestellungen (B2)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufstellen von wertebasierten Bewertungskriterien innerfachlicher und gesellschaftlicher/ wirtschaftlicher Art (B7) • Bewertung der Zielsetzungen aus ökologischer, ökonomischer, politischer und sozialer Perspektive (B12) |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.mpg.de/14793996/kuenstliche-fotosynthese | Max-Planck-Gesellschaft, Stoffwechsel 2.0 |
| 2 | https://www.max-wissen.de/max-hefte/kuenstliche-fotosynthese/ | Biomax-Heft 37: Grünes Tuning – auf dem Weg zur künstlichen Fotosynthese |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|--|
| <p>UV LK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen</p> <p>Inhaltsfeld 4: Ökologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | <p>Fachschaftsinterne Absprachen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exkursion zu einer schulnahen Wiese |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliches Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und quantitative und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) • Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E) • Informationen aufbereiten (K) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung in Ökosystemebenen <p>Steuerung und Regelung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5-7, K8). | <p>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?</p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Modellökosysteme, z. B. Flaschengarten</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ S1) • Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem mit Hilfe einer Concept Map • Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8) • Präsentation zentraler Fragestellungen und Forschungsgebiete der Ökologie, die bei der Untersuchung des Zusammenwirkens von abiotischen und biotischen Faktoren im Verlauf der Unterrichtsvorhaben zur Ökologie eine Rolle spielen (Advance Organizer) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven | <ul style="list-style-type: none"> • untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1-3, E9, E13). | <p>Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?</p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum.</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Herstellung eines Zusammenhangs zwischen einer langfristigen standortspezifischen Verfügbarkeit/ Intensität eines Umweltfaktors und den entsprechenden Angepasstheiten bei |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|--|---|---|
| | | | <p>Tieren am Beispiel des Umweltfaktors Wasser (ggf. Reaktivierung des Vorwissens zu morphologischen und physiologischen Anpassungen bei Pflanzen → UV 3 Stoffwechselphysiologie)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Untersuchung der Temperaturpräferenz bei Wirbellosen • Interpretation von Toleranzkurven eurythermer und stenothermer Lebewesen (E9) • Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperaturtoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung. Berücksichtigung der unterschiedlichen Temperaturtoleranz für Überleben, Wachstum und Fortpflanzung • Erweiterung des Konzepts der physiologischen Toleranz durch die Analyse von Daten aus Mehrfaktorenexperimenten, kritische Betrachtung der Übertragbarkeit der in Laborversuchen gewonnenen Daten auf die Situation im Freiland (E13) • Beschreibung des Wirkungsgesetzes der Umweltfaktoren • Reflexion der Methodik und Schlussfolgerung, dass die Auswirkungen veränderter Umweltbedingungen aufgrund des komplexen Zusammenwirkens vieler Faktoren nur schwer vorhersagbar sind (E13) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, • Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz • Ökologische Nische | <ul style="list-style-type: none"> • analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–K8). • erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8). | <p>Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen Standorten auf die Verbreitung von Arten?</p> <p>(ca. 7 Ustd.)</p> | <p>Kontext: Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur</p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse von Langzeitdaten zur Abundanz verschiedener Arten in Mischkultur im Freiland und Vergleich der Standortfaktoren mit in Laborversuchen erhobenen Standortpräferenzen (E9, E17) • Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz (S7) • Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (K6–8) • Erläuterung des Konzepts der „ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller abiotischen und biotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV 2 Ökologie) • Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und ultimate Erklärung der Einnischung (K7,8) |

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

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.researchgate.net/publication/235710596 Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa | Erläuterungen zu Zeigerwerten von Moosen und Flechten. Zeigerwerte zu Gefäßpflanzen sind hingegen in verschiedenen Quellen leicht zu recherchieren. (ggf. URL in Browserzeile kopieren) |
| 2 | https://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/lehrer/Lehrmaterial/landwirtschaft/10_bsa_lw_gruenland_ua.pdf | Unterrichtsmaterial und Recherchetipps zu intensiv und extensiv genutztem Grünland (z.B. tabellarischer Vergleich auf S. 10) |
| 3 | http://eh-da-flaechen.de/index.php/eh-da-flaechen/was-sind-eh-da-flaechen | Informationen zu Ausgleichsflächen und Eh-da-Flächen-Projekten, die sich auch im direkten Umfeld der Schülerinnen und Schüler realisieren lassen. |

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

| | |
|---|---|
| <p>UV LK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften</p> <p>Inhaltsfeld 4: Ökologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K) • Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung in Ökosystemebenen <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anpassbarkeit an abiotische und biotische Faktoren |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum • Fortpflanzungsstrategien: r- und K-Strategien | <ul style="list-style-type: none"> • interpretieren grafische Darstellungen der Populationsdynamik unter idealisierten und realen Bedingungen auch unter Berücksichtigung von Fortpflanzungsstrategien (S5, E9, E10, E12, K9). | <p>Welche grundlegenden Annahmen gibt es in der Ökologie über die Dynamik von Populationen?</p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Sukzession – wie verändern sich die Populationsdichte und -zusammensetzung? [1]</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse der Bedingungen für exponentielles und logistisches Wachstum, Interpretation von grafischen Darstellungen unter idealisierten und realen Bedingungen (E9, E10) • Erläuterung von dichtebegrenzenden Faktoren • Recherche der charakteristischen Merkmale von r- und K- Strategen und Analyse von grafischen Darstellungen der charakteristischen Populationsdynamik (K9), Bezug zur veränderten Biozönose in Sukzessionsstadien (z. B. überwiegend r-Strategen auf einer Industriebrache) • Kritische Reflexion der im Unterricht verwendeten vereinfachten Annahmen zur Populationsökologie (E12) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Interspezifische Beziehungen: Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen | <ul style="list-style-type: none"> • analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6-K8). | <p>In welcher Hinsicht stellen Organismen selbst einen Umweltfaktor dar?</p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Gut vernetzt – Wechselwirkungen in Biozönosen</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung der charakteristischen Merkmale von Konkurrenz (→ UV 1 Ökologie), Räuber-Beute-Beziehung, Parasitismus, Mutualismus und Symbiose an aussagekräftigen Beispielen. Ggf. Präsentationen zu Wechselwirkungen unter Berücksichtigung der Fachsprache und der Unterscheidung von funktionalen und kausalen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|---|--|--|
| | | | <p>Erklärungen (K6, K8)</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyse der Angepasstheiten ausgewählter interagierender Arten auf morphologischer und physiologischer Ebene, z. B. bei Symbiose oder Parasitismus (K7) Analyse von Daten zu Wechselwirkungen und Bildung von Hypothesen zur vorliegenden Beziehungsform [2], Reflexion der Datenerfassung (z. B. Diskrepanz zwischen Labor- und Freilandbedingungen, Methodik) (E9) Interpretation grafischer Darstellungen von Räuber-Beute-Systemen und kritische Reflexion der Daten auch im Hinblick auf Bottom Up- oder Top Down-Kontrolle (E9) |
| <ul style="list-style-type: none"> Ökosystemmanagement: nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt | <ul style="list-style-type: none"> erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10). analysieren Schwierigkeiten der Risikobewertung für hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt unter Berücksichtigung verschiedener Interessenslagen (E15, K10, K14, B1, B2, B5). | <p>Wie können Aspekte der Nachhaltigkeit im Ökosystemmanagement verankert werden? (ca. 6 Ustd.)</p> | <p>Kontext: Pestizideinsatz in der Landwirtschaft <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Analyse eines Fallbeispiels zur Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz unter Berücksichtigung der kurzfristigen und langfristigen Populationsentwicklung des Schädlings Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umweltnutzung und Biodiversitätsschutz, z. B. anhand der intensiven Landwirtschaft und dem Einsatz von Pestiziden für den Pflanzenschutz Bewertung von Handlungsoptionen im Sinne eines nachhaltigen Ökosystemmanagements und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14) [3] Angeleitete Recherche (z. B. auf den Seiten des Umweltbundesamtes [4]) zu den Auswirkungen hormonartig wirkender Pestizide auf Tiere und die Fruchtbarkeit des Menschen sowie der Anreicherung in Nahrungsketten (K10) Nennung der Schwierigkeiten, die bei der Risikobewertung hormonartig wirkender Substanzen in der Umwelt auftreten und Diskussion der damit verbundenen Problematik eines Verbotverfahrens (BfR Endokrine Disruptoren) (E15) Analyse der Interessenslagen der involvierten Parteien (B1, B2) [5] |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|---|
| 1 | https://www.researchgate.net/publication/323014486_Sukzessionsforschung_auf_Altindustriestandorten_-_Analyse_der_Monitoringergebnisse_im_Industriewaldprojekt | Umfassende Studienergebnisse mit aussagekräftigen Abbildungen und Datensätzen für den Unterricht. (ggf. URL in Browserzeile kopieren) |
| 2 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6091 | Abituraufgabe GK HT1 2021: Obst als Lebensraum Abituraufgabe GK HT3 2020: Interspezifische Beziehungen bei der Goldrute |
| 3 | https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2018_Diskussionspapier_Pflanzenschutzmittel.pdf | Diskussionspapier der Leopoldina mit umfangreichen Hintergrundinformationen |
| 4 | https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/chemische-stoffe/umwelthormone#beeinflussung-des-hormonsystems | Informationsseite des Umweltbundesamtes zu Umwelthormonen |
| 5 | https://www.bfr.bund.de/de/a-z_index/endokrine_disruptoren_und_hormonaehnliche_substanzen-32448.html | Informationsseite des Bundesamts für Risikobewertung |

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

| | |
|---|---|
| <p>UV LK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen</p> <p>Inhaltsfeld 4: Ökologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E) • Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) • Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung in Ökosystemebenen <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stoffkreisläufe in Ökosystemen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz | <ul style="list-style-type: none"> analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5). | <p>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p> | <p>Kontext: Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ SI) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4) ggf. Analyse eines Fallbeispiels zur Entkopplung von Nahrungsketten durch die Erderwärmung [1] Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselfysiologie) Interpretation der Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14) Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der modellhaften Darstellungen (E12) Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbefunden (E14) [2] |
| <ul style="list-style-type: none"> Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf | | <p>Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?</p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p> | <p>Kontext: Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Darstellung der Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) und Identifikation von Kohlenstoffspeichern (K5) [3,4] Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14) [5] Recherche zu Kippunkten (Tipping Points) des Klimawandels und Erläuterung eines Kippelements, z. B. Permafrostboden (K2) [6] |
| <ul style="list-style-type: none"> Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts Ökologischer | <ul style="list-style-type: none"> erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, | <p>Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert</p> | <p>Kontext: Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Identifikation nicht wissenschaftlicher Aussagen im Vergleich zu wissenschaftlich fundierten |

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

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.spektrum.de/pdf/sdw-04-04-s056-pdf/835705?file | Spektrum-Artikel mit anschaulichen Beispielen für die Entkopplung von Nahrungsbeziehungen |
| 2 | https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2017/TB2017_186_Trauschke.pdf | frei zugänglicher Artikel von Matthias Trauschke zum Energieverständnis im Biologieunterricht am Beispiel ineffizienter Lebensmittelketten |
| 3 | https://www.max-wissen.de/max-hefte/geomax-22-kohlenstoffkreislauf/ | Geomax Heft 22, Titel: „Das sechste Element- Wie Forschung nach Kohlenstoff fahndet“ |
| 4 | https://www.max-wissen.de/max-media/klima-der-kohlenstoffkreislauf-max-planck-cinema/ | Informationsfilm zum Kohlenstoffkreislauf des Max-Planck-Instituts |
| 5 | https://www.ipn.uni-kiel.de/de/das-ipn/abteilungen/didaktik-der-biologie/materialien-1/09_Begleittext_oL.pdf | Unterrichtsmodul zum Kohlenstoffkreislauf des IPN Kiel |
| 6 | https://www.leopoldina.org/presse-1/nachrichten/factsheet-klimawandel/ | Factsheet der Leopoldina aus dem Jahr 2021. Sehr anschauliche Darstellung der Folgen des Klimawandels und der Bedeutung der Kippelemente (Tipping Points) |
| 7 | https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/und_sie_erwaermt_sich_doch_131201.pdf | Broschüre „Und sie erwärmt sich doch“ des Umweltbundesamtes, sachliche und verständliche Widerlegung von Thesen der Klimawandelskeptiker |
| 8 | https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaanpassung/worum-geht-es | Informationen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz zu Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel |
| 9 | https://www.bmu.de/media/stickstoff-ein-komplexes-umweltproblem | Animation zum anthropogenen Einfluss auf den Stickstoffhaushalt der Erde des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz |
| 10 | https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/umweltbelastungen-der-landwirtschaft/stickstoff#einfuehrung | umfassende Information des Umweltbundesamtes zur Stickstoffproblematik mit vielen Verlinkungen zu Datensätzen und Broschüren |

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

| | |
|--|--|
| UV LK-E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachschaftsinterne Absprachen <ul style="list-style-type: none"> • ggf. Zoobesuch oder Senckenberg-Museum |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Entstehung und Entwicklung des Lebens Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Biologische Sachverhalte betrachten (S) • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Informationen aufbereiten (K) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> • Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift | <ul style="list-style-type: none"> • begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7). | Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären? (ca. 6 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden) <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen • Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion • Analyse der Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelvielfalt von Populationen • Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und der Vermeidung finaler Begründungen |
| <ul style="list-style-type: none"> • Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Anpasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8). | Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Anpasstheiten? (ca. 2 Ustd.) Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden? (ca. 3 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment) <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwen-Kolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1] • Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximativer und ultimativer Ursachen und Vermeidung finaler |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: <i>Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| | | | Begründungen [1] <ul style="list-style-type: none"> Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen |
| | | Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären? (ca. 3 Ustd.) | <i>Kontext:</i> z.B: Rothirsch-Geweih und Pfauenrad <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimater und proximaler Ursachen |
| <ul style="list-style-type: none"> Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten | <ul style="list-style-type: none"> erläutern das Fortpflanzungsverhalten von Primaten datenbasiert auch unter dem Aspekt der Fitnessmaximierung (S3, S5, E3, E9, K7). | Wie lassen sich die Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten erklären? (ca. 4 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Variabilität der Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> Ableitung der Zusammenhänge zwischen Reproduktionserfolg, ökologischer Situation und Paarungsstrategie für Männchen bzw. Weibchen und Entwicklung von Hypothesen zu den Strategien z. B. bei Krallenaffen [2] Erläuterung der endogenen und exogenen Ursachen von Fortpflanzungsverhalten unter der Berücksichtigung proximaler und ultimater Erklärungen und der Vermeidung finaler Begründungen |
| <ul style="list-style-type: none"> Synthetische Evolutionstheorie: Koevolution | <ul style="list-style-type: none"> erläutern die Anpasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8). | Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab? (ca. 2 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution) <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimater und proximaler Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen Zusammenfassung der Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6079 | <p>Dieses Zusatzmaterial beinhaltet Sachinformationen für die Lehrkraft sowie einen Entwurf für ein mögliches Vorgehen im Unterricht basierend auf den Verhaltensexperimenten bei Lachmöwen der Gruppe von N. TINBERGEN.</p> |
| 2 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6080 | <p>Diese Zusatzmaterialien zur Evolution von Paarungsstrategien und Sozialsystemen bei Primaten bieten Sachinformationen und Materialien für Lehrkräfte, die ökologische und physiologische Daten sowie Informationen zum Paarungs- und Aufzuchtverhalten von Krallenaffen beinhalten.</p> |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|---|
| UV LK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachschaftsinterne Absprachen |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Entstehung und Entwicklung des Lebens Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) • Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E) • Informationen aufbereiten (K) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> • Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktische-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation | <ul style="list-style-type: none"> • erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7). | Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen? (ca. 4 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache • Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen • Ableitung des populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung • Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen • Reflexion der ultimativen und proximalen Ursachen für Artwandel und Artbildung und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der genutzten Modelle |
| <ul style="list-style-type: none"> • molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale | <ul style="list-style-type: none"> • deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8). | Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin? (ca. 3 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch? <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese • Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen |

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

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

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6092 | In diesem Zusatzmaterial sind Sachinformationen für Lehrkräfte zur Evolution der vor etwa 10 000 Jahren ausgestorbenen Gattung <i>Macrauchenia</i> zusammengefasst, deren systematische Zugehörigkeit durch molekulare Analysen ermittelt werden konnte. |
| 2 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6077 | Dieses Zusatzmaterial erläutert durch Sachinformationen für Lehrkräfte, wie ausgehend von einer vorliegenden Klausuraufgabe die konvergente Entwicklung molekularer Anpasstheiten im Unterricht erarbeitet werden kann. |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|--|
| UV LK-E3: Humanevolution und kulturelle Evolution Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachschaftsinterne Absprachen <ul style="list-style-type: none"> • ggf. Besuch des Neanderthal-Museums oder des Senckenberg-Museums |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Entstehung und Entwicklung des Lebens Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen aufbereiten (K) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> • Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Evolution des Menschen und kulturelle Evolution: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen, Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung | <ul style="list-style-type: none"> • diskutieren wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution auch unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit (S4, E9, E12, E15, K7, K8). | Wie kann die Evolution des Menschen anhand von morphologischen und molekularen Hinweisen nachvollzogen werden? (ca. 7 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Stammbusch des Menschen – ein dynamisches Modell <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Hypothesen zu morphologischen Anpassungen des modernen Menschen an den aufrechten Gang im Vergleich zum Schimpanse unter Berücksichtigung proximaler und ultimativer Erklärungen und Vermeidung finaler Begründungen • Erläuterung von Trends in der Hominidenevolution auf Basis von Schädelvergleichen und Reflexion der Vorläufigkeit der Erkenntnisse aufgrund der lückenhaften Fossilgeschichte • Diskussion der „Out-of-Africa“-Theorie unter Einbezug der Fossilgeschichte und genetischer Daten zu Neandertaler und Denisova-Mensch und Erläuterung der genetischen Vielfalt des modernen Menschen |
| | <ul style="list-style-type: none"> • die Bedeutung der kulturellen Evolution für soziale Lebewesen analysieren (E9, E14, K7, K8, B2, B9). | Welche Bedeutung hat die kulturelle Evolution für den Menschen und andere soziale Lebewesen? (ca. 3 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Kultur und Tradition – typisch Mensch? <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Erläuterung der Begriffe Kultur und Tradition im Kontext der Humanevolution mit Einbezug des Werkzeuggebrauchs und der Sprachentwicklung unter Unterscheidung funktionaler und kausaler Erklärungen • Reflexion ultimativer und proximaler Erklärungen zur kulturellen Evolution des Menschen unter Vermeidung finaler Begründungen • Analyse von Kommunikation und Tradition bei sozial lebenden Tieren (Werkzeuggebrauch bei Schimpansen, Jagdtechniken bei Orcas oder Delfinen) und multiperspektivische |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | <i>Sequenzierung: Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---------------------|---|--------------------------------------|--|
| | | | Diskussion ihrer Bedeutung |

| | |
|---|--|
| UV LK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 28 Unterrichtsstunden à 45 Minuten Inhaltliche Schwerpunkte: Molekulargenetische Grundlagen des Lebens, Fachliche Verfahren: PCR, Gelelektrophorese Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen aufbereiten (K) | Fachschaftsinterne Absprachen <ul style="list-style-type: none"> • Besuch eines molekularbiologischen Labors und Durchführung von PCR und Gelelektrophorese |
| | Beiträge zu den Basiskonzepten: Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung bei der eukaryotischen Proteinbiosynthese Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> • Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> • Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation | <ul style="list-style-type: none"> • leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10). | Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet? (ca. 4 Ustd.) | Kontext: Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ S1, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4] • Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STAHLE-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2] • Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos • Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynucleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung) |
| | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6). | Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt? (ca. 8 Ustd.) | Kontext: Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau von Proteinen (→ EF) und Erarbeitung des Problems der Codierung bzw. Decodierung von Informationen auf DNA-Ebene, RNA-Ebene und Proteinebene (Bezug zum Basiskonzept Information und Kommunikation und auch Struktur und Funktion) |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: <i>Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---------------------|---|--|---|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • ggf. Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen • Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache • Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien • Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema • Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung) • Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA |
| | <ul style="list-style-type: none"> • deuten Ergebnisse von Experimenten zum Ablauf der Proteinbiosynthese (u. a. zur Entschlüsselung des genetischen Codes) (S4, E9, E12, K2, K9). | | <ul style="list-style-type: none"> • Analyse der Experimente von MATTHAEI und NIRENBERG zur Entschlüsselung des genetischen Codes nach dem naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung [3] und ggf. weiterer Experimente • Reflexion der Fragestellungen und Methoden der ausgewählten Experimente zum Ablauf der Proteinbiosynthese (z. B. hinsichtlich der technischen Möglichkeiten) |
| | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6). | <p>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten? (ca. 5 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Transkription und Translation bei Eukaryoten</p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten • Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation • Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten • Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben (Basiskonzept Struktur und Funktion, Stoff- |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen | <ul style="list-style-type: none"> erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8). | <p>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken? (ca. 5 Ustd.)</p> | <p>und Energieumwandlung)</p> <p><i>Kontext:</i> Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5] <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ SI, → EF) Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus) Ableitung der verschiedenen Typen von Genmutationen unter Berücksichtigung der molekularen Ebenen (DNA, RNA, Protein) sowie der phänotypischen Auswirkungen auf Ebene der Zelle bzw. des Organismus (Einbezug der Basiskonzepte Struktur und Funktion und Information und Kommunikation) Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblen Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien |
| <ul style="list-style-type: none"> PCR Gelelektrophorese | <ul style="list-style-type: none"> erläutern PCR und Gelelektrophorese unter anderem als Verfahren zur Feststellung von Genmutationen (S4, S6, E8–10, K11). | <p>Mit welchen molekularbiologischen Verfahren können zum Beispiel Genmutationen festgestellt werden? (ca. 6 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Analyse von Genmutationen (z. B. SARS-CoV-2-Mutanten, Diagnose von Gendefekten oder Resistenzen) [5] <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Erläuterung der PCR-Methode unter Berücksichtigung der Funktionen der Komponenten eines PCR-Ansatzes und des Ablaufs der PCR [6] Diskussion der möglichen Fehlerquellen und der Notwendigkeit von Negativkontrollen bei Anwendungen der PCR Erläuterung des Grundprinzips der DNA-Gelelektrophorese und Anwendung der Verfahren zur Identifikation von Genmutationen durch Wahl der Primer oder ggf. RFLP-Analyse (dann Erklärung der Funktion von Restriktionsenzymen als Werkzeug der Molekularbiologie); Benennung der DNA-Sequenzierung als Technik zur Analyse von Sequenzunterschieden [7] |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|---|
| 1 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialein-fach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt3.html | Das Unterrichtsmaterial „GENial einfach!“ wurde in Abstimmung mit Wissenschaftlern des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) sowie Didaktikern und Lehrkräften erstellt. Zu jedem Modul gibt es Arbeitsblätter mit Abbildungen und Aufgaben. Die Druckvorlagen der Arbeitsblätter sind komplett gestaltet. Jedes Modul schließt mit einer gestalteten Lernkontrolle – ebenfalls als PDF-Datei – ab. |
| 2 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialein-fach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt4.html | |
| 3 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialein-fach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt5.html | |
| 4 | https://www.igb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie | IQB-Seite mit Lernaufgaben: Aufgabe „DNA-Modelle“ bietet Material zur Erkenntnisgewinnungskompetenz in Bezug auf verschiedene Modelldarstellungen zur DNA |
| 5 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6078 | Am Beispiel der Ouabain-Resistenz beim Monarchfalter sind in diesem Zusatzmaterial Sachinformationen für Lehrkräfte, Aufgaben- und Lösungsvorschläge für Schülerinnen und Schüler für GK und LK zusammengestellt. Für den Einsatz im LK wird darauf aufbauend eine Anwendung der PCR zur Untersuchung von Mutationen und zur Analyse von artspezifischen Exon-Intron-Strukturen vorgestellt. |
| 6 | https://www.youtube.com/watch?v=cqSTjJVO-il | Video zur PCR des Max-Planck-Instituts für Molekulare Pflanzenphysiologie (Potsdam) |
| 7 | https://www.igb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie | IQB-Seite mit Lernaufgaben: Aufgabe „Gelelektrophorese“ bietet Material zur Anwendung der DNA-Gelelektrophorese auf konkrete Beispiele wie Vaterschaftsanalysen im Zusammenhang mit dem genetischen Fingerabdruck |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|--|--|
| UV LK-G2: DNA – Regulation der Genexpression und Krebs Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachschaftsinterne Absprachen <ul style="list-style-type: none"> • ggf. Besuch durch Pharmazeutin oder Pharmazeuten zur Einführung in personalisierte Medizin |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Molekulargenetische Grundlagen des Lebens Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> • Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> • Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> • Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung, Histonmodifikation, RNA-Interferenz | <ul style="list-style-type: none"> • erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11). • erläutern die Genregulation bei Eukaryoten durch RNA-Interferenz und Histon-Modifikation anhand von Modellen (S5, S6, E4, E5, K1, K10). | <p>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert? (ca. 10 Ustd.)</p> | <p>Kontext: Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität • Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums (Basiskonzept Steuerung und Regelung) • Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung und z. B. Histon-Acetylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der verschiedenen Modellierungen auch unter Berücksichtigung des Variablengefüges [1] • Erläuterung des natürlichen Mechanismus der RNA-Interferenz bei Pflanzen und Tieren anhand einer erarbeiteten Modellierung ausgehend von verschiedenen Darstellungen und Präsentation der Ergebnisse [2] • Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin | <ul style="list-style-type: none"> • begründen Eigenschaften von Krebszellen mit Veränderungen in Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen (Tumor-Suppressor-Genen) (S3, S5, S6, E12). | <p>Wie können zelluläre Faktoren zum ungehemmten Wachstum der Krebszellen führen? (ca. 6 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Krebsentstehung als Deregulation zellulärer Kontrolle des Zellzyklus [3] <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung von Vorwissen zur Bedeutung des Zellzyklus und Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF) • Erläuterung der Eigenschaften von Krebszellen und medizinischer Konsequenzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen (Basiskonzept Steuerung und Regelung) • Modellierung der Wirkweise der von Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen codierten Faktoren (wie etwa RAS und p53) in Bezug auf die Kontrolle des Zellzyklus • Formulierung von Hypothesen zu deren Fehlfunktion aufgrund von Mutationen unter Bezug auf Mechanismen der Genregulation (Basiskonzept Steuerung und Regelung) unter Einbezug der verschiedenen Systemebenen |
| | <ul style="list-style-type: none"> • begründen den Einsatz der personalisierten Medizin in der Krebstherapie (S4, S6, E14, K13). | <p>Welche Chancen bietet eine personalisierte Krebstherapie? (ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Krebstherapie: Ermöglicht eine Personalisierung die Vermeidung von Nebenwirkungen? <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung von Vorwissen zur Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF) • Erläuterung der Nebenwirkungen von Zytostatika ausgehend von generellen Eigenschaften der Tumorzellen • Formulierung von Hypothesen zu Therapieansätzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen und der Verminderung von Nebenwirkungen bei systemischer Behandlung • Begründung einer Genotypisierung zum Beispiel vor der Chemotherapie mit 5-Fluorouracil [4] und ggf. weiterer Ansätze zu individualisierten Behandlungsmethoden [5, 6] (auch Einbezug von mRNA-Techniken ist möglich) auch unter Berücksichtigung der entstehenden Kosten durch medizinische Forschung und Produktion der Wirkstoffe |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|---|
| 1 | https://www.youtube.com/watch?v=xshPL5hU0Kg&t=104s | Max-Planck-Video Epigenetik |
| 2 | https://www.youtube.com/watch?v=cL-lZnpY6Qg | Max-Planck-Video RNA-Interferenz |
| 3 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdaten-bank/material/view/5648 | Arbeitsblätter und Materialien der SINUS-Gruppe zur Erarbeitung der Deregulation des Zellzyklus bei Krebszellen |
| 4 | https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Pharmakovigilanz/DE/RV_STP/a-f/fluorouracil-neu.html https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30348537/ https://cdrjournal.com/article/view/2994 | Genotypisierung vor Behandlung mit 5-Fluorouracil bzw. Capecitabin zur Feststellung der passenden Dosierung des Wirkstoffs |
| 5 | https://www.aerzteblatt.de/archiv/105880/Personalisierte-Medizin-in-der-Onkologie-Fortschritt-oder-falsches-Versprechen | Übersichtsartikel zu personalisierter Medizin |
| 6 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/hdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt5.html | Das Unterrichtsmaterial „GENial einfach!“ wurde in Abstimmung mit Wissenschaftlern des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) sowie Didaktikern und Lehrkräften erstellt. Zu jedem Modul gibt es Arbeitsblätter mit Abbildungen und Aufgaben. Die Druckvorlagen der Arbeitsblätter sind komplett gestaltet. Jedes Modul schließt mit einer gestalteten Lernkontrolle – ebenfalls als PDF-Datei – ab. |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|--|
| UV LK-G3: Humangenetik, Gentechnik und Gentherapie | Fachschaftsinterne Absprachen |
| Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Molekulargenetische Grundlagen des Lebens, Fachliche Verfahren: Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren | Beiträge zu den Basiskonzepten: Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität |
| Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B) | |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie | <ul style="list-style-type: none"> analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8). | <p>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien? (ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF) Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1] |
| <ul style="list-style-type: none"> Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren | <ul style="list-style-type: none"> erklären die Herstellung rekombinanter DNA und nehmen zur Nutzung gentechnisch veränderter Organismen Stellung (S1, S8, K4, K13, B2, B3, B9, B12). | <p>Wie wird rekombinante DNA hergestellt und vermehrt? Welche ethischen Konflikte treten bei der Nutzung gentechnisch veränderter Organismen auf? (ca. 8 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Insulinproduktion durch das Bakterium <i>E. coli</i> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Erläuterung der Eigenschaften und Funktionen von gentechnischen Werkzeugen wie Restriktionsenzymen, DNA-Ligase und den Grundelementen eines bakteriellen Vektors sowie der Herstellung rekombinanter DNA und ihrer Vermehrung in Bakterien, ggf. Blau-Weiß-Selektion Ableitung der erhöhten Komplexität der gentechnischen Manipulation eukaryotischer Systeme Diskussion der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen unter Berücksichtigung des Erhalts der Biodiversität, ökonomischer Aspekte, politischer und sozialer Perspektiven, ggf. Einbindung von [2] Reflexion des Entscheidungsprozesses mit |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|--|---|
| | | | Unterscheidung zwischen deskriptiven und normativen Aussagen sowie Berücksichtigung der Intention der verwendeten Quellen |
| <ul style="list-style-type: none"> Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie | <ul style="list-style-type: none"> bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen und nehmen zum Einsatz gentherapeutischer Verfahren Stellung (S1, K14, B3, B7–9, B11). | <p>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf? (ca. 6 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose) <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive ggf. Erläuterung der Möglichkeiten und Risiken gentherapeutischer Verfahren wie die Anwendung von CRISPR-Cas [3, 4] beim Menschen und Diskussion der relevanten Bewertungskriterien aus verschiedenen Perspektiven |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|---|
| 1 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt2.html | Das Unterrichtsmaterial „GENial einfach!“ wurde in Abstimmung mit Wissenschaftlern des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) sowie Didaktikern und Lehrkräften erstellt. Zu jedem Modul gibt es Arbeitsblätter mit Abbildungen und Aufgaben. Die Druckvorlagen der Arbeitsblätter sind komplett gestaltet. Jedes Modul schließt mit einer gestalteten Lernkontrolle – ebenfalls als PDF-Datei – ab. |
| 2 | https://www.igb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie | IQB-Seite mit Lernaufgaben: Die Aufgabe „Transgener Bt-Mais“ bietet insbesondere Materialien zur Entwicklung der Bewertungskompetenz, die gentechnischen Grundlagen wurden adressatengerecht vereinfacht. |
| 3 | https://www.mpg.de/10766665/crispr-cas9 | CRISPR-Cas Film Max-Planck-Gesellschaft |
| 4 | https://www.transgen.de/forschung/2564.crispr-genome-editing-pflanzen.html | CRISPR-Cas Seite Genom-Editierung Pflanzen |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

[Diese Listen/Diese Veröffentlichungen/Diese Angebote enthalten Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUALIS NRW keinen Einfluss hat. Dementsprechend obliegt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen dem jeweiligen Anbieter bzw. Betreiber. Im Sinne der gesetzlichen Gesamtverantwortung für den Datenschutz an Schulen prüfen Schulleitungen daher vor einem Einsatz der genannten Quellen eigenverantwortlich, inwieweit und unter welchen Bedingungen

die Nutzung der genannten Quellen für den beabsichtigten Zweck datenschutzrechtskonform möglich ist. Ggf. resultiert aus einer solchen Prüfung im konkreten Fall, dass die allgemeine Nutzung weitestgehend nur auf freiwilliger Basis möglich ist, d.h. Schülerinnen und Schüler (oder deren Erziehungsberechtigte) bzw. Lehrerinnen und Lehrer nicht oder nur eingeschränkt zur Nutzung verpflichtet werden können.]

5. Curriculum Grundkurs

| | |
|---|---|
| UV GK-N1: Informationsübertragung durch Nervenzellen Inhaltsfeld 2: Neurobiologie Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachschaftsinterne Absprachen |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlagen der Informationsverarbeitung, Fachliche Verfahren: Potenzialmessungen Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> • Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> • Energiebedarf des neuronalen Systems Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> • Codierung und Decodierung von Information an Synapsen Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> • Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotenzialen Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> • Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12). • entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3). | <p>Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?</p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF)</p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vorstellung der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon • Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion [1] • Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vergleich einer schematischen Abbildung mit Realaufnahmen von Nervenzellen <p><i>Kontext:</i> Nervenzellen unter Spannung: Die Ionentheorie des Ruhepotenzials <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|--|------------------------------|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Bau und Funktionen von Nervenzellen: Aktionspotenzial Potenzialmessungen | <ul style="list-style-type: none"> erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14). | | <ul style="list-style-type: none"> Wiederholung der Transportmechanismen an Membranen (→ EF) Klärung der Bedeutung der Ladungsverteilung an der Axonmembran unter Berücksichtigung des chemischen und elektrischen Potenzials, z. B. am Beispiel Gemeiner Kalmar (<i>Loligo vulgaris</i>) Entwicklung von Hypothesen zur Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials und Erläuterung der Bedeutung von Natrium-Kalium-Ionenpumpen Auswertung eines Experiments zur Beeinflussung des Ruhepotenzials (z. B. USSING-Kammer: [2]) <p><i>Kontext:</i> Neuronen in Aktion: Schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal [3] Erläuterung der Veränderungen der Ionenverteilung an der Membran beim Wechsel vom Ruhe- zum Aktionspotenzial, Phasen des Aktionspotenzials, korrekte Verwendung der Fachsprache Beschreibung einer Versuchsanordnung zur Untersuchung von Potenzialänderungen an Neuronen begründete Zuordnung von molekularen Vorgängen an der Axonmembran zu den passenden Kurven-Diagrammen (Potenzialmessung) [4, 5] Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten Ionenkanäle ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen [6] <p><i>Kontext:</i> Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen Schmerzwahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung [7] Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen Aδ-Fasern und langsameren C-Fasern [8] Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: |
| <ul style="list-style-type: none"> Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung | <ul style="list-style-type: none"> vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3). | | |

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

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8273 | Arbeitsmaterial „Bau und Funktion von Neuronen“ |
| 2 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8268 | Arbeitsmaterial „Ruhepotenzial - Theoretische Modellexperimente (Ussing-Kammer)“ |
| 3 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6081 | Zusatzmaterial „Experiment Reaktionstest“ |

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 4 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366 | Arbeitsmaterial „Entstehung eines Aktionspotenzials“ |
| 5 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6082 | Zusatzmaterial „Aktionspotenzial“ |
| 6 | https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/get-TaskFile?id=p10^Schmerzgn^f20767 | IQB-Aufgabe „Schmerz“: grundlegendes Niveau (M1 und M3) |
| 7 | https://www.dasgehirn.info/krankheiten/schmerz/wie-schmerz-ins-gehirn-gelangt | Informationen zur Schmerzwahrnehmung |
| 8 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366 | Arbeitsmaterial zur Erregungsweiterleitung |
| 9 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369 | Arbeitsmaterial zur Funktionsweise einer chemischen Synapse |
| 10 | https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/get-TaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794 | IQB-Aufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“ |
| 11 | https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen,cannabis212.html | Informationen und kurzer Film zu Cannabis in der Schmerztherapie |
| 12 | https://www.kssg.ch/schmerzszentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie | FAQ des Kantonsspitals St. Gallen zur Schmerztherapie mit Cannabis |
| 13 | https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?__blob=publicationFile | Hintergrundinformationen zu Cannabis als Medizin aus der Begleiterhebung zum Gesetz von 2017 |
| 14 | https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getPool-File?id=p01^pf21740 | Erläuterungen des IQB zum Kompetenzbereich Bewertung |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|--|--|
| UV GK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie Zeitbedarf: ca. 5 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle. Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Energieumwandlung Energieentwertung Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel ATP-ADP-System Stofftransport zwischen den Kompartimenten Chemiosmotische ATP-Bildung | <ul style="list-style-type: none"> stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9). | Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um? (ca. 5 Ustd.) | <i>Kontext:</i> Leben und Energie - Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen. <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (→EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle NADH+H⁺ und ATP Erarbeitung des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (→Physik Sek I) [1] Beschreibung der grundlegenden Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP, die Turbine entspricht der ATP-Synthase [2] |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6085 | Arbeitsmaterial zu den Grundlagen der ATP-Bildung in Zellen unter Berücksichtigung des Vorwissens aus der Einführungsphase und der Modellierung einer Energieumwandlung im Pumpspeicherkraftwerk |

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 2 | https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Chemiosmotische_Kopplung | Anschauliche Erklärung des Grundprinzips der chemiosmotischen Kopplung |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|--|
| <p>UV GK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen</p> <p>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 11 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Informationen erschließen (K) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle. <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen <p>Steuerung und Regelung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Feinbau Mitochondrium • Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette • Redoxreaktionen | <ul style="list-style-type: none"> • stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9). | <p>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt. [1]</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung des Vorwissens zum Feinbau von Mitochondrien und Skizze eines Schaubildes mit den wesentlichen Schritten der Zellatmung und deren Verortung in Zellkompartimenten, sukzessive Ergänzung des Schaubildes im Verlauf des Unterrichts (K9) • Beschreibung der Glykolyse als ersten Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierung auf die Entstehung von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse • Beschreibung des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den Mitochondrien durch oxidative Decarboxylierung und die Prozesse im Tricarbonsäurezyklus, dabei Fokussierung auf die Reaktionen, in denen Reduktionsäquivalente und ATP gebildet werden • Aufstellung einer Gesamtbilanz aus den ersten drei Schritten und Abgleich mit der Bruttogleichung der Zellatmung Hinweis: Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können. • Veranschaulichung des Elektronentransports in der Atmungskette und des Protonentransports durch die Membran anhand einer vereinfachten Darstellung (K9) • Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und $\text{NADH}+\text{H}^+$ als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten • Vervollständigung des Übersichtsschemas und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Stoffwechselregulation auf Enzymebene | <ul style="list-style-type: none"> • erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12). • nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9). | <p>Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?</p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren unter Verwendung einfache, modellhafter Abbildungen (→EF) • Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2, 3] • angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4) [4] • Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5] |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6086 | In dieser alternativen Unterrichtssequenz werden die gleichen Inhaltlichen Schwerpunkte und konkretisierten Kompetenzerwartungen des KLP angesteuert, jedoch wird mit der Erarbeitung der Vorgänge in der Atmungskette in die Zellatmung eingestiegen. |
| 2 | http://www.chemgapedia.de/vsen-gine/vlu/vsc/de/ch/8/bc/vlu/biokatalyse_enzyme/cofaktoren.vlu/Page/vsc/de/ch/8/bc/biokatalyse/vitamine_coenzyme.vscml.html | Tabellarische Übersicht der Vitamine, die als Coenzyme im Energiestoffwechsel relevant sind |
| 3 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053 | Sachinformationen zum Aufbau von Enzymen, Begriffsbestimmungen (Apoenzym, Cofaktor etc.) |
| 4 | https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de/produkte/sport | Unabhängige und informative Seite der Verbraucherzentrale zu Nahrungsergänzungsmitteln, z.B. im Sport |
| 5 | https://www.verbraucherzentrale.de/ernaehrungskompetenzen-im-sport | Seminarbausteine der Verbraucherzentrale Sachsen. Modul 6 beinhaltet umfassende Informationen, eine PPT-Präsentation und Arbeitsblätter zum Thema Nahrungsergänzungsmittel im Sport |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|--|---|
| <p>UV GK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie</p> <p>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel, Fachliche Verfahren: Chromatografie</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biologische Sachverhalte betrachten (S) • Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E) • Informationen aufbereiten (K) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zelldifferenzierung bei fotosynthetisch aktiven Zellen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren | <ul style="list-style-type: none"> • analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11). | <p>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ Sek I) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität. • Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6) • Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9–11) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Anpassungen: Blattaufbau | <ul style="list-style-type: none"> • erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8). | <p>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind • Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Funktionale Anpassungen: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Feinbau Chloroplast • Chromatografie • Chemiosmotische ATP-Bildung am Beispiel der Pflanzen • Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen, • Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration • Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel bei | <ul style="list-style-type: none"> • erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13). • erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9). | <p>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente? (ca. 3 Ustd.)</p> <p>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie? (ca. 7 Ustd.)</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3] • Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpassungen von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Photosyntheserate • ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpassungen (K7) <p><i>Kontext:</i> Der ENGELMANN-Versuch- Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts.</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4] • Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese • ggf. sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4) • Wiederholung des Feinbaus eines Chloroplasten und Verortung der Pigmente in der Thylakoidmembran • Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13) <p><i>Kontext:</i> Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellung eines Übersichtsschemas für die Fotosynthese mit einer Unterteilung in Primärreaktion und Sekundärreaktion unter Berücksichtigung der Energieumwandlung von Lichtenergie in ATP und der Bildung von Glucose unter ATP-Verbrauch (K9) • Erläuterung der wesentlichen Vorgänge in der Lichtreaktion (Fotolyse des Wassers, Elektronentransport und Bildung von NADPH+ H⁺) anhand eines einfachen Schaubildes, Reaktivierung der Kenntnisse zur chemiosmotischen ATP-Bildung (→UV1) • Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse • Vervollständigung des Übersichtsschemas zur |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---------------------|---|---------------------------|---|
| Pflanzenzellen | | | Veranschaulichung des stofflichen und energetischen Zusammenhangs der Teilreaktionen <ul style="list-style-type: none"> • Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.bio-logisch-nrw.de/aufgabenarchiv | Aufgabe 5 aus dem Jahr 2015 („Alles im grünen Bereich“) beschreibt das einfache und aussagekräftige experimentelle Design mit Efeuplättchen. |
| 2 | https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Engelmannscher_Bakterienversuch | Anschauliche Erklärung und Verlinkung zu einer kurzen Animation |
| 3 | https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/chromatografie-von-chlorophyll-109310 | Arbeitsmaterial mit Videolink, Differenzierungsmaterial und Lösungen zur Chromatografie von Blattfarbstoffen |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|--|--|
| <p>UV GK-Ö1: Anpasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen</p> <p>Inhaltsfeld 4: Ökologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | <p>Fachschaftsinterne Absprachen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Exkursion zu einer schulnahen Wiese |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliches Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) • Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E) • Informationen aufbereiten (K) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung in Ökosystemebenen <p>Steuerung und Regelung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anpasstheit an abiotische und biotische Faktoren |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: <i>Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren. | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8). | <p>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie? (ca. 3 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Modellökosysteme, z.B. Flaschengarten <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ SI) • Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem z.B. mit Hilfe einer Concept Map • Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8) • Präsentation zentraler Fragestellungen und Forschungsgebiete der Ökologie, die bei der Untersuchung des Zusammenwirkens von abiotischen und biotischen Faktoren im Verlauf der Unterrichtsvorhaben zur Ökologie eine Rolle spielen (z.B. Advance Organizer) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven | <ul style="list-style-type: none"> • untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1-3, E9, E13). | <p>Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen? (ca. 5 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Herstellung eines Zusammenhangs zwischen einer langfristigen standortspezifischen Verfügbarkeit/ Intensität eines Umweltfaktors und den entsprechenden Angepasstheiten bei Tieren am Beispiel des Umweltfaktors Wasser (ggf. Reaktivierung des Vorwissens zu morphologischen und physiologischen Angepasstheiten bei Pflanzen → UV 3 Stoffwechselphysiologie) • Interpretation von Toleranzkurven eurythermer und stenothermer Lebewesen. • Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperaturtoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung • Erweiterung des Konzepts der physiologischen Toleranz durch die Analyse von Daten aus Mehrfaktorenexperimenten, kritische Betrachtung der Übertragbarkeit der in Laborversuchen gewonnenen Daten auf die Situation im Freiland (E13) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, • Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz • Ökologische Nische | <ul style="list-style-type: none"> • analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–K8). • erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8). | <p>Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen Standorten auf die Verbreitung von Arten? (ca. 5 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz, z. B. von Baumarten oder Gräsern in Mono- und Mischkultur (S7) • Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (E9, K6–8) • Erläuterung des Konzepts der „ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller biotischen und |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal | <ul style="list-style-type: none"> bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8). analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14). | <p>Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?</p> <p>(ca. 3 Ustd.) + ggf. Exkursion</p> | <p>abiotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV 2 Ökologie)</p> <ul style="list-style-type: none"> Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und der ultimativen Erklärung der Einnischung (K7, E17) <p><i>Kontext:</i> Fettwiese oder Magerrasen? – Zeigerpflanzen geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ggf. Erfassung von Arten auf einer schulnahen Wiese unter Verwendung eines Bestimmungsschlüssels (ggf. digital) und Recherche der Zeigerwerte dominanter Arten, Aufstellen von Vermutungen zur Bodenbeschaffenheit (E3, E4, E7–9) [1] Sensibilisierung für den Zusammenhang von Korrelation und Kausalität (K8) und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses (E15) Internetrecherche zur ökologischen Problematik von intensiver Grünlandbewirtschaftung (Fettwiesen), Begründung von Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen von heimischen, artenreichen Magerwiesen (K11–14) [2,3] |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|---|
| 1 | https://www.researchgate.net/publication/235710596_Zeigwerte_von_Pflanzen_in_MittelEuropa | Erläuterungen zu Zeigerwerten von Moosen und Flechten, Zeigerwerte zu Gefäßpflanzen sind hingegen in verschiedenen Quellen leicht zu recherchieren. (ggf. URL in Browserzeile kopieren) |
| 2 | https://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/lehrer/Lehrmaterial/landwirtschaft/10_bsa_lw_gruenland_ua.pdf | Unterrichtsmaterial und Recherchetipps zu intensiv und extensiv genutztem Grünland (z.B. tabellarischer Vergleich auf S. 10) |
| 3 | http://eh-da-flaechen.de/index.php/eh-da-flaechen/was-sind-eh-da-flaechen | Informationen zu Ausgleichsflächen und Eh-da-Flächen-Projekten, die sich auch im direkten Umfeld der Schülerinnen und Schüler realisieren lassen. |

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

| | |
|---|---|
| <p>UV GK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften</p> <p>Inhaltsfeld 4: Ökologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | <p>Fachschaftsinterne Absprachen</p> |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Informationen aufbereiten (K) • Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K) • Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung in Ökosystemebenen <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anpasstheit an abiotische und biotische Faktoren |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Interspezifische Beziehungen: Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen | <ul style="list-style-type: none"> • analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6-K8). | <p>In welcher Hinsicht stellen Organismen selbst einen Umweltfaktor dar?</p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Gut vernetzt – Wechselwirkungen in Biozöosen</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung der charakteristischen Merkmale von Konkurrenz (→ UV1 Ökologie), Räuber-Beute-Beziehung, Parasitismus, Mutualismus und Symbiose an aussagekräftigen Beispielen. Ggf. Präsentationen zu den Wechselwirkungen unter Berücksichtigung der Fachsprache und der Unterscheidung von funktionalen und kausalen Erklärungen (K6, K8) • Analyse der Anpasstheiten ausgewählter interagierender Arten auf morphologischer und physiologischer Ebene, z. B. bei Symbiose (K7) • Analyse von Daten zu Wechselwirkungen und Bildung von Hypothesen zur vorliegenden Beziehungsform [1], Reflexion der Datenerfassung (z. B. Diskrepanz zwischen Labor- und Freilandbedingungen, Methodik) (E9) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Ökosystemmanagement: nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10). | <p>Wie können Aspekte der Nachhaltigkeit im Ökosystemmanagement verankert werden?</p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Pestizideinsatz in der Landwirtschaft</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse eines Fallbeispiels zur chemischen Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz (K12) • Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umweltnutzung und Biodiversitätsschutz beim Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14, B2, B5, B10) [2] |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6091 | Abituraufgabe GK HT1 2021: Obst als Lebensraum Abituraufgabe GK HT3 2020: Interspezifische Beziehungen bei der Goldrute |
| 2 | https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/2018_Diskussionspapier_Pflanzenschutzmittel.pdf | Diskussionspapier der Leopoldina mit umfangreichen Hintergrundinformationen |

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

| | |
|--|---|
| <p>UV GK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen</p> <p>Inhaltsfeld 4: Ökologie</p> <p>Zeitbedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> | |
| <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel, Fachliche Verfahren</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E) • Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) • Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B) | <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung in Ökosystemebenen <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stoffkreisläufe in Ökosystemen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: <i>Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz | <ul style="list-style-type: none"> • analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5). | <p><i>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</i></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ S1) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4) • Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie) • Interpretation der Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14) • Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene • Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der modellhaften Darstellungen (E12) • ggf. Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbefunden (E14) [1] |
| <ul style="list-style-type: none"> • Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf | | <p><i>Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?</i></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Darstellung der Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) [2,3] • Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14) |
| <ul style="list-style-type: none"> • Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12). | <p><i>Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?</i></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel</p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Angeleitete Recherche zu den geografischen, zeitlichen und sozialen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts sowie zu den beschlossenen Maßnahmen [4] • Entwicklung von Kriterien für die Bewertung der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Dimensionen für globale Entwicklung (Umwelt, Soziales, Wirtschaft) sowie Abschätzung der Wirksamkeit der Maßnahmen (B4, B7, K14, B12) • Erkennen der Grenzen der wissenschaftlichen Wissensproduktion und der Akzeptanz vorläufiger |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: <i>Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---------------------|---|-------------------------------------|---|
| | | | und hypothetischer Aussagen, die auf einer umfassenden Datenanalyse beruhen (E16) |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2017/TB2017_186_Trauschke.pdf | frei zugänglicher Artikel von Matthias Trauschke zum Energieverständnis im Biologieunterricht am Beispiel ineffizienter Lebensmittelketten |
| 2 | https://www.max-wissen.de/max-hefte/geomax-22-kohlenstoffkreislauf/ | Geomax Heft 22, Titel: „Das sechste Element – Wie Forschung nach Kohlenstoff fahndet“. |
| 3 | https://www.max-wissen.de/max-media/klima-der-kohlenstoffkreislauf-max-planck-cinema/ | Informationsfilm zum Kohlenstoffkreislauf des Max-Planck-Instituts |
| 4 | https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaanpassung/worum-geht-es | Informationen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz zu Maßnahmen zur Anpassung an den Klimawandel. |

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

| | |
|---|---|
| <p>UV GK E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie</p> <p>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</p> <p>Zeitbedarf: ca. 13 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p>Inhaltliche Schwerpunkte:</p> <p>Entstehung und Entwicklung des Lebens</p> <p>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biologische Sachverhalte betrachten (S) • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Informationen aufbereiten (K) | <p>Fachschaftsinterne Absprachen</p> <ul style="list-style-type: none"> • ggf. Zoobesuch <p>Beiträge zu den Basiskonzepten:</p> <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |
|---|---|

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | <i>Sequenzierung: Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift | <ul style="list-style-type: none"> • begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7). | <p>Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären? (ca. 5 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)</p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen • Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination (→ EF; ggf. Wiederholung wesentlicher Zusammenhänge) und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion • Analyse der Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelervielfalt von Populationen • Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und der Vermeidung finaler Begründungen |
| <ul style="list-style-type: none"> • Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Anpasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8). | <p>Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Anpasstheiten? (ca. 2 Ustd.)</p> <p>Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden? (ca. 2 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p>z.B. anhand des Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)</p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwen-Kolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1] • Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximativer und ultimativer Ursachen und |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Synthetische Evolutionstheorie: Koevolution | <ul style="list-style-type: none"> • erläutern die Anpasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8). | <p>Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären? (ca. 2 Ustd.)</p> <p>Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab? (ca. 2 Ustd.)</p> | <p>Vermeidung finaler Begründungen [1]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen <p><i>Kontext:</i> z.B. anhand des Rothirsch-Geweih und Pfauenrad <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus • Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen • Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen <p><i>Kontext:</i> z.B. anhand des Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüten-Koevolution) <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen • Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen • Zusammenfassung der Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|---|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6079 | Dieses Zusatzmaterial beinhaltet Sachinformationen für die Lehrkraft sowie einen Entwurf für ein mögliches Vorgehen im Unterricht basierend auf den Verhaltensexperimenten bei Lachmöwen der Gruppe von N. TINBERGEN. |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|--|---|
| UV GK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten Inhaltliche Schwerpunkte: Entstehung und Entwicklung des Lebens Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) • Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E) • Informationen aufbereiten (K) | Fachschaftsinterne Absprachen Beiträge zu den Basiskonzepten: Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"> • Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |
|--|---|

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|---|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation • molekularbiologische Homologien, ursprünghche und abgeleitete Merkmale | <ul style="list-style-type: none"> • erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7) • deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8). | <p>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen? (ca. 4 Ustd.)</p> <p>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin? (ca. 3 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> z.B. anhand der Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln</p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache • Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen • Ableitung des morphologischen, biologischen und populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung • Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen • Reflexion der ultimatzen und proximatzen Ursachen für Artwandel und Artbildung und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der genutzten Modelle <p><i>Kontext:</i> Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?</p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese • Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen |

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

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

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6092 | In diesem Zusatzmaterial sind Sachinformationen für Lehrkräfte zur Evolution der vor etwa 10 000 Jahren ausgestorbenen Gattung <i>Macrauchenia</i> zusammengefasst, deren systematische Zugehörigkeit durch molekulare Analysen ermittelt werden konnte. |
| 2 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6077 | Dieses Zusatzmaterial erläutert durch Sachinformationen für Lehrkräfte, wie ausgehend von einer vorliegenden Klausuraufgabe die konvergente Entwicklung molekularer Anpasstheiten im Unterricht erarbeitet werden kann. |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|---|
| UV GK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 27 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachschaftsinterne Absprachen |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Molekulargenetische Grundlagen des Lebens Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen aufbereiten (K) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> • Kompartimentierung bei der eukaryotischen Proteinbiosynthese Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> • Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> • Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|---|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation | <ul style="list-style-type: none"> • leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10). • erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6). | <p>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet? (ca. 4 Ustd.)</p> <p>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt? (ca. 6 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ Sek I, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4] • Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STRAHL-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2] • Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos • Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynucleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung) <p><i>Kontext:</i> Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau von Proteinen (→ EF) und Erarbeitung des Problems der Codierung bzw. Decodierung von Informationen auf DNA-Ebene, RNA-Ebene und Proteinebene (Bezug zum Basiskonzept Information und Kommunikation und auch Struktur und Funktion) • z.B. Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ S1) unter Berücksichtigung der DNA- |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: | <ul style="list-style-type: none"> erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8). | <p>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten? (ca. 5 Ustd.)</p> <p>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken? (ca. 5 Ustd.)</p> | <p>, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen</p> <ul style="list-style-type: none"> Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema [ggf. 3] Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung) Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA <p><i>Kontext:</i> Transkription und Translation bei Eukaryoten <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF, ggf. Wiederholung) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben (Basiskonzept Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung) <p><i>Kontext:</i> Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5] <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ Sek I, → EF) Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen |

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

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|---|
| 1 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialein-fach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt3.html | Das Unterrichtsmaterial „GENial einfach!“ wurde in Abstimmung mit Wissenschaftlern des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) sowie Didaktikern und Lehrkräften erstellt. Zu jedem Modul gibt es Arbeitsblätter mit Abbildungen und Aufgaben. Die Druckvorlagen der Arbeitsblätter sind komplett gestaltet. Jedes Modul schließt mit einer gestalteten Lernkontrolle – ebenfalls als PDF-Datei – ab. |
| 2 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialein-fach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt4.html | |
| 3 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialein-fach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt5.html | |
| 4 | https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie | IQB-Seite mit Lernaufgaben: Aufgabe „DNA-Modelle“ bietet Material zur Erkenntnisgewinnungskompetenz in Bezug auf verschiedene Modelldarstellungen zur DNA |
| 5 | https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6078 | Am Beispiel der Ouabain-Resistenz beim Monarchfalter sind in diesem Zusatzmaterial Sachinformationen für Lehrkräfte, Aufgaben- und Lösungsvorschläge für Schülerinnen und Schüler für GK und LK zusammengestellt. Für den Einsatz im LK wird darauf aufbauend eine Anwendung der PCR zur Untersuchung von Mutationen und zur Analyse von artspezifischen Exon-Intron-Strukturen vorgestellt. |
| 6 | https://www.youtube.com/watch?v=xshPL5hU0Kg&t=104s | Max-Planck-Video Epigenetik |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

| | |
|---|--|
| UV GK-G2: Humangenetik und Gentherapie Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten | Fachschaftsinterne Absprachen |
| Inhaltliche Schwerpunkte: Molekulargenetische Grundlagen des Lebens Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: <ul style="list-style-type: none"> • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) • Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B) | Beiträge zu den Basiskonzepten: Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> • Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> • Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie | <ul style="list-style-type: none"> • analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8). • bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen (S1, K14, B3, B7–9, B11). | <p>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien? (ca. 4 Ustd.)</p> <p>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf? (ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i> Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF) • Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse • Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen • ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1] <p><i>Kontext:</i> Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose) <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen • Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen • Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle |
|-----|---|--|
| 1 | http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt2.html | <p>Das Unterrichtsmaterial „GENial einfach!“ wurde in Abstimmung mit Wissenschaftlern des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) sowie Didaktikern und Lehrkräften erstellt. Zu jedem Modul gibt es Arbeitsblätter mit Abbildungen und Aufgaben. Die Druckvorlagen der Arbeitsblätter sind komplett gestaltet. Jedes Modul schließt mit einer gestalteten Lernkontrolle – ebenfalls als PDF-Datei – ab.</p> |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

[Diese Listen/Diese Veröffentlichungen/Dieses Angebote enthalten Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUALIS NRW keinen Einfluss hat. Dementsprechend obliegt die Einhaltung der datenschutzrechtlichen Regelungen dem jeweiligen Anbieter bzw. Betreiber. Im Sinne der gesetzlichen Gesamtverantwortung für den Datenschutz an Schulen prüfen Schulleitungen daher vor einem Einsatz der genannten Quellen eigenverantwortlich, inwieweit und unter welchen Bedingungen die Nutzung der genannten Quellen für den beabsichtigten Zweck datenschutzrechtskonform möglich ist. Ggf. resultiert aus einer solchen Prüfung im konkreten Fall, dass die allgemeine Nutzung weitestgehend nur auf freiwilliger Basis möglich ist, d.h. Schülerinnen und Schüler (oder deren Erziehungsberechtigte) bzw. Lehrerinnen und Lehrer nicht oder nur eingeschränkt zur Nutzung verpflichtet werden können.]