



**Hermann-Vöchting-Gymnasium Blomberg**

**Schulinterner Lehrplan Biologie**

**Sekundarstufe II**

**(Fassung vom 12.06.2023)**

**gültig für**

- **die EF ab dem Schuljahr 2022/2023**
- **die Q1 ab dem Schuljahr 2023/2024**
- **die Q2 ab dem Schuljahr 2024/2025**

# **1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit**

Das Hermann-Vöchting-Gymnasium ist das einzige Gymnasium der Stadt Blomberg. Es ist eine Schule mit ländlichem Charakter im Grenzbereich von Ostwestfalen und Niedersachsen. Das HVG ist in der Sekundarstufe I in der Regel vierzünftig und wird als Halbtagsgymnasium geführt.

In der Erprobungsstufe der Sekundarstufe I verteilen sich die Biologiestunden auf zwei Stunden in der Klasse 5 und auf eine zwei Stunden epochal auf ein Halbjahr begrenzt in der Klasse 6. Der Unterricht findet grundsätzlich als Doppelstunde statt.

In der Mittelstufe der Sekundarstufe I wird das Fach Biologie jeweils als Doppelstunde in den Jahrgängen 8, und 10 sowie als Doppelstunde epochal auf ein Halbjahr begrenzt in der Stufe 9 durchgeführt.

Es besteht eine Kooperation mit dem NABU-Ortsverband Blomberg, wodurch sich zusätzliche (teils außerschulische) Angebote im Umweltschutz und der Erkundung der Umwelt (Bsp. Vogelstimmenexkursion) ergeben. Experimentelle Laborarbeit wird in Tageskursen am teutolab der Universität Bielefeld an Schülerinnen und Schüler der Oberstufe vermittelt. Hinzu kommen verschiedene Tagesexkursionen, z.B. zur Adlerwarte Berlebeck oder einem nahe gelegenen landwirtschaftlichen Betrieb.

Die Naturschutz-AG und die MINT-AG sind weitere Möglichkeiten für interessierte Schülerinnen und Schüler Bereiche der Biologie über die schulischen Inhalte hinaus zu vertiefen.

Schülerinnen und Schüler aller Klassen- und Jahrgangsstufen werden zur Teilnahme an verschiedenen Wettbewerben (Internationale Biologie-Olympiade, bio-logisch, ...) ermuntert.

Für die Sekundarstufe I ist das Lehrwerk „bioskop“ eingeführt. In der Sekundarstufe II wird das Lehrwerk Biologie Oberstufe des Cornelsen-Verlages verwendet. Ein Lehrwerk-Wechsel ist mit dem Übergang zu G9 geplant.

Aktuell unterrichten vier Vollzeitkräfte sowie 2 Teilzeitkräfte in Festanstellung das Fach Biologie in der Sekundarstufe I und II. Es sind drei Fachräume mit Experimentiermöglichkeiten, Prowise bzw. PC und Beamer sowie eine umfangreiche Fachsammlung auf einer Flurebene vorhanden.

## 2 Entscheidungen zum Unterricht

Die Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan sind die vereinbarte Planungsgrundlage des Unterrichts. Sie bilden den Rahmen zur systematischen Anlage und Weiterentwicklung sämtlicher im Kernlehrplan angeführter Kompetenzen, setzen jedoch klare Schwerpunkte. Sie geben Orientierung, welche Kompetenzen in einem Inhaltsfeld besonders gut entwickelt werden können und berücksichtigen dabei die obligatorischen Inhaltsfelder und inhaltlichen Schwerpunkte.

### 2.1 Unterrichtsvorhaben

In der nachfolgenden *Übersicht über die Unterrichtsvorhaben* wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Die Übersicht dient dazu, für die einzelnen Jahrgangsstufen allen am Bildungsprozess Beteiligten einen schnellen Überblick über Themen bzw. Fragestellungen der Unterrichtsvorhaben unter Angabe besonderer Schwerpunkte in den Inhalten und in der Kompetenzentwicklung zu verschaffen. Dadurch soll verdeutlicht werden, welches Wissen und welche Fähigkeiten in den jeweiligen Unterrichtsvorhaben besonders gut zu erlernen sind und welche Aspekte deshalb im Unterricht hervorgehoben thematisiert werden sollten. Unter den Hinweisen des Übersichtsrasters werden u.a. Möglichkeiten im Hinblick auf inhaltliche Fokussierungen und interne Verknüpfungen sowie Möglichkeiten der Vertiefung ausgewiesen.

Bei Synergien und Vernetzungen bedeutet die Pfeilrichtung  $\leftarrow$ , dass auf Lernergebnisse anderer Bereiche zurückgegriffen wird (*aufbauend auf ...*), die Pfeilrichtung  $\rightarrow$ , dass Lernergebnisse später fortgeführt werden (*grundlegend für ...*).

Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann. Abweichungen über die notwendigen Absprachen hinaus sind im Rahmen des pädagogischen Gestaltungsspielraumes der Lehrkräfte möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

## Schulinterner Lehrplan: Einführungsphase

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV Z1: Aufbau und Funktion der Zelle</b><br><br><b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b><br><br>Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten<br><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br><br>Aufbau der Zelle, Fachliche Verfahren: Mikroskopie<br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li><li>• Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li><li>• Informationen erschließen (K)</li><li>• Informationen aufbereiten (K)</li></ul> | <b>Fachschaftsinterne Absprachen:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Lichtmikroskopie, Präparation und wissenschaftliche Zeichnungen werden praktisch durchgeführt</li></ul><br><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br><br>Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"><li>• Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle</li></ul><br>Individuelle und evolutive Entwicklung: <ul style="list-style-type: none"><li>• Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben</li></ul> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                    | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                    | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                           | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroskopie</li> <li>• prokaryotische Zelle</li> <li>• eukaryotische Zelle</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen den Aufbau von prokaryotischen und eukaryotischen Zellen (S1, S2, K1, K2, K9).</li> <li>• begründen den Einsatz unterschiedlicher mikroskopischer Techniken für verschiedene Anwendungsgebiete (S2, E2, E9, E16, K6).</li> </ul> | <p><b>Welche Strukturen können bei prokaryotischen und eukaryotischen Zellen mithilfe verschiedener mikroskopischer Techniken sichtbar gemacht werden?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p> | <p>Kontext:<br/><b>Vergleich eines probiotischen Getränks und des Bodensatzes von Hefeweizen</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I: Pflanzenzelle, Tierzelle, Bakterienzelle</li> <li>• Vergleich der Zellgrößen durch Mikroskopieren verschiedener Präparate von Prokaryoten (siehe Fertigpräparate in der Biologiesammlung) und Eukaryoten (z. B. Elodea, Zwiebelzellen, Brennnessel, Mundschleimhaut und diverse Fertigpräparate) mit dem Lichtmikroskop (S1); Anleitung zum Mikroskopischen Zeichnen IServ (E13)</li> <li>• Recherche in analogen sowie digitalen Medien etwa zu Zellgrößen bei Bakterien, Einzellern und anderen eukaryotischen Zellen (K1, K2, MKR 2.1)</li> <li>• Vergleich des Grundbauplans von pro- und eukaryotischen Zellen unter Berücksichtigung der Kompartimentierung (Basiskonzept Struktur und Funktion) (S2)</li> <li>• Erläuterung des Verfahrens der Lichtmikroskopie, Wdh. Aufbau und Handhabung Lichtmikroskop → Sek I und Begründung der Grenzen lichtmikroskopischer Auflösung (K6)</li> <li>• Ableitung der Unterschiede zwischen Licht- und Fluoreszenzmikroskopie sowie Elektronenmikroskopie in Bezug auf technische Entwicklung, Art des eingesetzten Präparates, erreichte Vergrößerung und Begründung der unterschiedlichen Einsatzgebiete in der Zellbiologie (E2, E9, K9, E16) (z. B. Gruppenpuzzle zu Mikroskoptypen IServ)</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• eukaryotische Zelle: Zusammenwirken von Zellbestandteilen, Kompartimentierung, Endosymbiontentheorie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Bau und Zusammenwirken der Zellbestandteile eukaryotischer Zellen und erläutern die Bedeutung der Kompartimentierung (S2, S5, K5, K10).</li> </ul>                                                                                  | <p><b>Wie ermöglicht das Zusammenwirken der einzelnen Zellbestandteile die Lebensvorgänge in einer Zelle?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>                                              | <p>Kontext:<br/><b>„System Zelle“ – Die Zelle als kleinste lebensfähige Einheit [1]</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I: Kennzeichen des Lebendigen (z. B. Vergleich von Skelett und Schüler/in)</li> <li>• Erläuterung von Aufbau und Funktion von verschiedenen Zellbestandteilen pflanzlicher und tierischer Zellen anhand von Modellen und elektronenmikroskopischen Aufnahmen (S2, K10) (z. B. Material Cell City IServ)</li> <li>• Erklärung des Zusammenwirkens von Organellen, die am Membranfluss beteiligt sind (K5)</li> <li>• Vergleich des Aufbaus von Mitochondrien und Chloroplasten und Ableitung der jeweiligen Kompartimente (S2) (z. B. Einbezug vom Chloroplastenmodell aus der Sammlung)</li> <li>• Erläuterung der Bedeutung der Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vielzeller: Zelldifferenzierung und Arbeitsteilung</li> <li>• Mikroskopie</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern theoriegeleitet den prokaryotischen Ursprung von Mitochondrien und Chloroplasten (E9, K7).</li> <li>• analysieren differenzierte Zelltypen mithilfe mikroskopischer Verfahren (S5, E7, E8, E13, K10).</li> <li>• vergleichen einzellige und vielzellige Lebewesen und erläutern die jeweiligen Vorteile ihrer Organisationsform (S3, S6, E9, K7, K8).</li> </ul> | <p><b>Welche Erkenntnisse über den Bau von Mitochondrien und Chloroplasten stützen die Endosymbiontentheorie?</b><br/>(ca. 2 Ustd.)</p> <p><b>Welche morphologischen Anpasstheiten weisen verschiedene Zelltypen von Pflanzen und Tieren in Bezug auf ihre Funktionen auf?</b><br/>(ca. 6 Ustd.)</p> <p><b>Welche Vorteile haben einzellige und vielzellige Organisationsformen?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p>(Basiskonzept Struktur und Funktion) auch im Hinblick auf gegenläufige Stoffwechselprozesse (S5)</p> <p>Kontext:<br/><b>Mitochondrien und Chloroplasten – Nachfahren von Prokaryoten?</b><br/>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der Besonderheiten von Mitochondrien und Chloroplasten (äußere und innere Membran, Vermehrung durch Teilung, eigene DNA, Ribosomen; evtl. Mikroskopie der Chloroplastenbewegung bei Elodea) unter Einbezug proximaler Erklärungen und Vergleich mit prokaryotischen Systemen (E9, K7)</li> <li>• modellhafte Darstellung des hypothetischen Ablaufs unter Fokussierung auf der Herkunft der Doppelmembran sowie der Aspekte einer Endosymbiose (E9)</li> <li>• ultimate Erklärung des prokaryotischen Ursprungs der Mitochondrien und Chloroplasten mithilfe der Endosymbiontentheorie (K7) (z. B. Comic Endosymbiontentheorie IServ)</li> </ul> <p>Kontext:<br/><b>Lichtmikroskopie von differenzierten Tier- und Pflanzenzellen in Geweben</b><br/>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikroskopie von Fertigpräparaten verschiedener Tier- oder Pflanzenzellen im Gewebeverband: z.B. Muskelzellen, Nervenzellen, Drüsenzellen, Leitgewebe, Blattgewebe (E7, E8)</li> <li>• Anfertigung wissenschaftlicher Zeichnungen zur Dokumentation und Interpretation der beobachteten Strukturen unter Berücksichtigung der Anpasstheit der Zelltypen (Basiskonzept Struktur und Funktion) und Vergleich mit Fotografien (E13)</li> <li>• <i>Vergleich der Zelldifferenzierung von Plasmazelle aus dem Blut einer Ratte und Zylinderepithelzelle aus dem Dünndarm einer Ratte mit Sketchbook (K10, MKR 4.1, MKR 1.2)</i></li> <li>• Reflexion der Systemebenen (Zelle, Gewebe, Organ, Organismus) unter Bezug zur Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung) (S5)</li> </ul> <p>Kontext:<br/><b>Vielfalt der Organisationsformen von Lebewesen</b><br/>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Differenzierung zwischen unterschiedlichen Systemebenen: Moleküle – Zelle – Gewebe – Organ – Organismus (S6)</li> <li>• Erläuterung der unterschiedlichen Organisationsformen innerhalb der</li> </ul> |

| • Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | <i>Sequenzierung: Leitfragen</i> | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                                                                    |                                  | <p>Chlamydomonadales (Grünalgen-Reihe) und Ableitung der Eigenschaften von Vielzellern (Arbeitsteilung, Kommunikation, Fortpflanzung) anhand von Volvox (Fertigpräparate in der Sammlung) (S3, E9) (Material z. B. <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6048">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6048</a>)</p> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>UV Z2: Biomembranen</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Biochemie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von osmotischen Vorgängen</p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>• Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>• Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)</li> </ul> | <p><b>Fachschaftsinterne Absprachen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Experimente zu den biochemischen Eigenschaften der Stoffgruppen</li> <li>• Experimente zu Diffusion und Osmose</li> </ul> <p><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b></p> <p>Information und Kommunikation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen</li> </ul> <p>Steuerung und Regelung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation</li> </ul> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| <p>• Inhaltliche Aspekte</p>                                                                                                                                                                                                                                                                  | <p>Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br/>Schülerinnen und Schüler...</p>                                                                                                                                                                                                                                                                | <p><i>Sequenzierung: Leitfragen</i></p>                                                                                                                                                                                                                                           | <p><b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffgruppen: Kohlenhydrate, Lipide, Proteine</li> <li>• Biomembranen: Transport, Prinzip der Signaltransduktion, Zell-Zell-Erkennung</li> <li>• physiologische Anpassungen: Homöostase</li> <li>• Untersuchung von osmotischen Vorgängen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> <li>• stellen den Erkenntniszuwachs zum Aufbau von Biomembranen durch technischen Fortschritt und Modellierungen an Beispielen dar (E12, E15–17).</li> </ul> | <p><b>Wie hängen Strukturen und Eigenschaften der Moleküle des Lebens zusammen?</b><br/>(ca. 5 Ustd.)</p> <p><b>Wie erfolgte die Aufklärung der Struktur von Biomembranen und welche Erkenntnisse führten zur Weiterentwicklung der jeweiligen Modelle?</b><br/>(ca. 6 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i><br/><b>Moleküle des Lebens – biochemische Grundlagen für die Erklärung zellulärer Phänomene</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung von Vorwissen aus der Chemie → Sek I (Elemente, kovalente Bindungen, polare Bindungen, Wasser als polares Molekül, Ionen)</li> <li>• Erläuterung des Aufbaus und der Eigenschaften von Kohlenhydraten, Lipiden und Proteinen sowie der Nukleinsäuren auch unter Berücksichtigung der Variabilität durch die Kombination von Bausteinen (K6)</li> </ul> <p><i>Kontext:</i><br/><b>Modellentwicklung zum Aufbau von Biomembranen [1]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung des Modells von Gorter und Grendel aus der Analyse von Erythrocyten-Membranen</li> <li>• Erklärung der Veränderungen zum Sandwich-Modell von Davson und Danielli aufgrund chemischer Analysen und elektronenmikroskopischer Bilder von Zellmembranen</li> <li>• Erläuterung des Fluid-Mosaik-Modells anhand folgender Analysen durch Singer und Nicolson und Bestätigung durch die Gefrierbruch-Methode sowie Zellfusions-Experimente von Frye und Edidin</li> </ul> |

| • Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                                                         | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären experimentelle Befunde zu Diffusion und Osmose mithilfe von Modellvorstellungen (E4, E8, E10–14).</li> <li>• erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> <li>• erklären die Bedeutung der Homöostase des osmotischen Werts für zelluläre Funktionen und leiten mögliche Auswirkungen auf den Organismus ab (S4, S6, S7, K6, K10).</li> <li>• erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).</li> </ul> | <p><b>Wie können Zellmembranen einerseits die Zelle nach außen abgrenzen und andererseits doch durchlässig für Stoffe sein?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p> <p><b>Wie können extrazelluläre Botenstoffe, wie zum Beispiel Hormone, eine Reaktion in der Zelle auslösen?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Membranmodelle ggf. auch anhand selbst hergestellter Membranmodelle (E12)</li> <li>• Reflektion des Erkenntnisgewinnungsprozesses ausgehend vom technischen Fortschritt der Analyseverfahren und Weiterentwicklung des Membranmodells zum modernen Fluid-Mosaik-Modell (E15–17)</li> <li>• <i>Stationenlernen zum Erwerb der obigen Inhalte (IServ)</i></li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>Abgrenzung und Austausch – (k)ein Widerspruch?</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Experimentelle Überprüfung zum Aufbau der Biomembran (Rotkohlversuche)</i></li> <li>• Hypothesengeleitete Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten (z.B.: Steigrohrversuch) zu Diffusion und Osmose, sodass ausgehend von der Beschreibung der Phänomene anhand von Modellvorstellungen zum Aufbau von Biomembranen die experimentellen Befunde erklärt werden können (E4, E8)</li> <li>• Einbezug von Experimenten zur Diffusion, zur qualitativen und quantitativen Ermittlung von Daten zur Osmose (z.B. Versuch mit Dialyseschlauch), zur mikroskopischen Analyse osmotischer Prozesse bei in pflanzlichen Geweben (Plasmolyse und Deplasmolyse mit Zellen der roten Zwiebel in z.B. Kaliumchloridlösung) (E10, E11, E14)</li> <li>• Erläuterung von Modellvorstellungen zu verschiedenen Transportprozessen durch Biomembranen unter Berücksichtigung von Kanalproteinen, Carrierproteinen und Transport durch Vesikel mithilfe von Erklärvideos (S7, E12, E13; MKR 4.1, 4.2)</li> <li>• Ableitung der Eigenschaften der Transportsysteme auch im Hinblick auf energetische Aspekte (aktiver und passiver Transport) (S5, K6)</li> <li>• Diskussion der Bedeutung der Osmoregulation für Einzeller in Süß- bzw. Salzwasser unter Bezugnahme auf das Basiskonzept Steuerung und Regelung (Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation) und Anwendung auf die Homöostase bei der Osmoregulation von Süß- und Salzwasserfischen (S4, S7, K10)</li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>Signaltransduktion am Beispiel des Hormons Insulin [2]</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I zur Wirkung des Hormons Insulin auf die Glucosekonzentration im Blut</li> <li>• Erläuterung des Schlüssel-Schloss-Prinzips am Beispiel der Bindung des</li> </ul> |

| • Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                 | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                                                                    | <p><b>Welche Strukturen sind für die Zell-Zell-Erkennung in einem Organismus verantwortlich?</b></p> <p>(ca. 1 Ustd.)</p> | <p>Insulins an den Insulinrezeptor und Erarbeitung der Signaltransduktion sowie der ausgelösten Signalkette in der Zielzelle (S2, S5)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung der Auswirkungen des Insulins auf die Glucosekonzentration im Blut unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Information und Kommunikation (Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen) (S6, S7)</li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>Organtransplantation</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung der Vielzahl von Oberflächenstrukturen einer Zelle aufgrund der Variationsmöglichkeiten von Glykolipiden und Glykoproteinen und Erklärung der Spezifität dieser Oberflächenstrukturen (S2)</li> <li>• Erläuterung der Möglichkeiten der Zell-Zell-Erkennung aufgrund spezifischer Bindung von Oberflächenstrukturen nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip und Unterscheidung zwischen körpereigenen und körperfremden Oberflächenstrukturen (S5, S7)</li> <li>• Diskussion der Bedeutung von Zell-Zell-Erkennung in Bezug auf Reaktionen des Immunsystems sowie die Bildung von Zellkontakten in Geweben unter Berücksichtigung der Basiskonzepte Struktur und Funktion sowie Information und Kommunikation (S5, K6)</li> </ul> |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV Z4: Energie, Stoffwechsel und Enzyme</b><br><br><b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b><br><br>Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten<br><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br><br>Physiologie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von Enzymaktivitäten<br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br><br><ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>• Informationen aufbereiten (K)</li> </ul> | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b><br><br><b>Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br><br>Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                        | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                   | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anabolismus und Katabolismus</li> <li>• Energieumwandlung : ATP-ADP-System</li> <li>• Energieumwandlung : Redoxreaktionen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Bedeutung des ATP-ADP-Systems bei auf- und abbauenden Stoffwechselprozessen (S5, S6).</li> </ul> | <p><b>Welcher Zusammenhang besteht zwischen aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel in einer Zelle stofflich und energetisch?</b></p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p> | <p><b>Kontext:</b><br/> <b>„Du bist, was du isst“ – Umwandlung von Nahrung in körpereigene Substanz</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen (→ Sek I, EF.1; UV2) durch Analyse einer Nährwerttabelle: Zusammenhang zwischen Nahrungsbestandteilen und Zellinhaltsstoffen</li> <li>• Erstellung eines vereinfachten Schemas zum katabolen und anabolen Stoffwechsel, dabei Verdeutlichung des energetischen Zusammenhangs von abbauenden (exergonischen) und aufbauenden (endergonischen) Stoffwechselwegen, dabei Berücksichtigung der Abgrenzung von Alltags- und Fachsprache [1]</li> <li>• Verdeutlichung des Grundprinzips der energetischen Kopplung durch Energieüberträger</li> <li>• Erläuterung des ATP-ADP-Systems unter Verwendung einfacher Modellvorstellungen: ATP als Energieüberträger</li> </ul> <p><b>Kontext:</b><br/> <b>„Chemie in der Zelle“ – Redoxreaktionen ermöglichen den Aufbau und Abbau von Stoffen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen (→ Sek I Chemie): Redoxreaktion als Elektronenübertragungsreaktion, Donator-Akzeptor-Prinzip, Energieumsatz</li> <li>• Herstellen eines Zusammenhangs von exergonischer Oxidation und</li> </ul> |

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                        | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sequenzierung: Leitfragen                                                                               | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Enzyme: Kinetik</li> <li>Untersuchung von Enzymaktivitäten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die Regulation der Enzymaktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9).</li> <li>entwickeln Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von verschiedenen Faktoren und überprüfen diese mit experimentellen Daten (E2, E3, E6, E9, E11, E14).</li> <li>beschreiben und interpretieren Diagramme zu enzymatischen Reaktionen (E9, K6, K8, K11).</li> </ul> | <p><b>Wie können in der Zelle biochemische Reaktionen reguliert ablaufen?</b></p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p> | <p>Katabolismus sowie endergonischer Reduktion und Anabolismus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erläuterung des (NADH+H<sup>+</sup>)-NAD<sup>+</sup>-Systems und die Bedeutung von Reduktionsäquivalenten für den Stoffwechsel</li> <li>Vervollständigung eines Schaubildes zum Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel durch Ergänzung des (NADH+H<sup>+</sup>)-NAD<sup>+</sup>-Systems und des ATP-ADP-Systems. Dabei Herausstellung des Recyclings der Trägermoleküle und der Kopplung von Stoffwechselreaktionen</li> <li><i>Mögliches Material: GIDA-Film Stoffwechsel</i></li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>Enzyme ermöglichen Reaktionen bei Körpertemperatur.</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Demonstrationsexperiment zur Verbrennung eines Zuckerwürfels mit und ohne Asche.</li> <li>Definition des Katalysators und Veranschaulichung der Wirkung im Energiediagramm.</li> <li>Erarbeitung der Merkmale von Enzymen als Proteine (→ EF.1; UV2) mit spezifischer Raumstruktur und ihrer Eigenschaft als Biokatalysatoren</li> <li>Herstellen des Zusammenhangs mit Stoffwechselreaktionen im Organismus und Hervorheben der Bedeutung von kontrollierter Stoffumwandlung durch Zerlegung in viele Teilschritte</li> <li>Erarbeitung des Prinzips von Enzymreaktionen, dabei Berücksichtigung von Enzymeigenschaften wie Spezifität (Wirk- und Substratspezifität) sowie Sättigung und Berücksichtigung des Schlüssel-Schloss-Prinzips (Basiskonzept Struktur und Funktion)</li> <li>Entwicklung einer Modellvorstellung (Schlüssel-Schloss-Modell und Induced-fit-Modell) als geeignete Darstellungsform (E12, K9)</li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>Die Enzymaktivität ist abhängig von Umgebungsbedingungen.</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung von Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Substratkonzentration (Sättigung), der Temperatur (RG-T-Regel, Denaturierung von Proteinen z.B. bei Fieber) und des pH-Werts. Überprüfung durch Auswertung von Experimenten (Modellversuch zur Abhängigkeit von der Substratkonzentration; Versuch zur Abhängigkeit vom pH-Wert z.B. mit Joghurt und Kiwi; Katalase-Experimente zu weiteren Abhängigkeiten), wenn möglich selbst durchgeführt (E11, E14)</li> </ul> |

| • Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...                       | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Enzyme: Regulation  | • erklären die Regulation der Enzymaktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9). |                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretation grafischer Darstellungen zur Enzymaktivität, hierbei Fokussierung auf die korrekte Verwendung von Fachsprache und Vermeidung von Alltagssprache und ggf. Korrektur finaler Erklärungen (K6, K8)</li> <li>• <i>Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Salinität der Umgebung, Bezug zur Homöostase möglich (→ Osmoregulation).</i></li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>„Alkohol verdrängt Alkohol“: Eine Methanol-Vergiftung kann mit Ethanol behandelt werden.</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erweiterung der Modellvorstellung zu Enzymen durch die Darstellung der kompetitiven Hemmung (E12)</li> <li>• Erläuterung der Modellvorstellung zur allosterischen Hemmung und Beurteilung von Grenzen der Modellvorstellungen</li> <li>• Erarbeitung der Enzymaktivität durch kompetitive und allosterische Hemmung anhand von Diagrammen (K9)</li> <li>• Erläuterung der Aktivierung von Enzymen und die Bedeutung von Cofaktoren [2], Beschreibung einer Reaktion mit ATP und ggf. <math>\text{NADH} + \text{H}^+</math> als Cofaktor unter Nutzung modellhafter Darstellungen, dabei Rückbezug zur Darstellung des Zusammenhangs von katabolen und anabolen Stoffwechselwegen. [1]</li> </ul> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                             | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                         |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6054">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6054</a> | Sachinformationen und Anregungen für die Lehrkraft zur Darstellung der Zusammenhänge von katabolen und anabolen Stoffwechselwegen |
| 2   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053</a> | Sachinformationen zum Aufbau von Enzymen, Begriffsbestimmungen (Apoenzym, Cofaktor etc.)                                          |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV Z3: Mitose, Zellzyklus und Meiose</b><br><br><b>Inhaltsfeld 1: Zellbiologie</b><br><br>Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Mikroskopie von Wurzelspitzen (<i>Allium cepa</i>)</li> </ul>                                                                 |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br><br>Genetik der Zelle, Fachliche Verfahren: Analyse von Familienstammbäumen<br><br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)</li> <li>• Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B)</li> <li>• Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> <li>• Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)</li> </ul> | <b>Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br><br>Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul> |

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                  | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                      | Sequenzierung: Leitfragen                                                                | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitose: Chromosomen, Cytoskelett</li> <li>• Zellzyklus: Regulation</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Bedeutung der Regulation des Zellzyklus für Wachstum und Entwicklung (S1, S6, E2, K3).</li> </ul> | <b>Wie verläuft eine kontrollierte Vermehrung von Körperzellen?</b><br><br>(ca. 6 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Wachstum bei Vielzellern geschieht durch Zellvermehrung und Zellwachstum</b><br><b>zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung von Vorwissen zur Mitose und zum Zellzyklus (→ Sek I)</li> <li>• <i>Mikroskopieren von Präparaten einer Wurzelspitze von Allium cepa (Fertigpräparate Sammlung), Vergleich von Chromosomenanordnungen im Zellkern mit modellhaften Abbildungen, Schätzung der Häufigkeit der verschiedenen Phasen (Mitose und Interphase) im Präparat</i></li> <li>• Erläuterung der Phasen des Zellzyklus, dabei Fokussierung auf die Entstehung genetisch identischer Tochterzellen. Berücksichtigung des Basiskonzepts Struktur und Funktion: Abhängigkeit der Chromatin-Struktur (Eu- und Heterochromatin als Vorentlastung zur Genregulation Eukaryoten) von der jeweiligen Funktion</li> <li>• Erstellung eines Schemas zum Zellzyklus als Kreislauf mit Darstellung des Übergangs von Zellen in die G<sub>0</sub>-Phase. Dabei Unterscheidung der ruhenden Zellen und Beachtung unterschiedlich langer G<sub>0</sub>-Phasen verschiedener Zelltypen: sich nicht mehr teilende Zellen (wie Nervenzellen) und Zellen, die z. B. nach Verletzung wieder in die G<sub>1</sub>-Phase zurückkehren können</li> <li>• Erläuterung der Regulation des Zellzyklus durch Signaltransduktion: Wachstumsfaktor und wachstumshemmender Faktor wirken an bestimmten Kontrollpunkten des Zellzyklus. (Basiskonzept: Information und Kommunikation), Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung: Kontrolle des</li> </ul> |

| • Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                                                  | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>begründen die medizinische Anwendung von Zellwachstumshemmern (Zytostatika) und nehmen zu den damit verbundenen Risiken Stellung (S3, K13, B2, B6–9).</li> <li>diskutieren kontroverse Positionen zum Einsatz von embryonalen Stammzellen (K1-4, B1–6, B10–12).</li> </ul> | <p><b>Wie kann unkontrolliertes Zellwachstum gehemmt werden und welche Risiken sind mit der Behandlung verbunden?</b><br/>(ca. 2 Ustd.)</p> <p><b>Welche Ziele verfolgt die Forschung mit embryonalen Stammzellen und wie wird diese Forschung ethisch bewertet?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p>Zellzyklus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Bedeutung der Apoptose (programmierter Zelltod)</i></li> </ul> <p>Kontext:<br/><b>Behandlung von Tumoren mit Zytostatika</b><br/>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Definition des Krankheitsbildes Krebs (unkontrolliertes Zellwachstum; p53; Ras-Protein) und Bedeutung von Tumoren [1]</li> <li>Recherche zu einem Zytostatikum und Erstellung eines Infoblattes mit Wirkmechanismus und Nebenwirkungen zur Erläuterung der Wirkungsweise (das Infoblatt sollte auch fachübergreifende Aspekte beinhalten) [2] (MKR 2.1; 2.2; 2.3; 4.1; 4.2)</li> <li>konstruktiver Austausch über die Ergebnisse, Fokussierung auf die unspezifische Wirkung von Zytostatika (→ Ausblick auf Möglichkeiten personalisierter Medizin) (K13); fakultativ: Bezug zum Chemie-Nobelpreis 2022 (Klick-Chemie; gezielter Transport von Medikamenten an ihren Zielort) (MKR 3.1)</li> <li>Abschätzung von Nutzen und Risiken einer Zytostatikatherapie basierend auf den erhaltenen Ergebnissen, dabei sollen unterschiedliche Perspektiven eingenommen und Handlungsoptionen berücksichtigt werden (B8)</li> </ul> <p>Kontext:<br/><b>Unheilbare Krankheiten künftig heilen?</b><br/>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Beschreibung der Pluripotenz embryonaler Stammzellen und Erklärung der Bedeutung im Zusammenhang mit dem Zellzyklus sowie der Entstehung unterschiedlicher Gewebe</li> <li>Recherche von Zielen der embryonalen Stammzellforschung [3-6] (ES: Vergleich mit anderen europäischen Ländern)</li> <li>Identifikation der Gründe für die besondere ethische Relevanz des Einsatzes von embryonalen Stammzellen (ES: Vergleich mit anderen europäischen Ländern)</li> <li>Benennung von Werten, die verschiedenen Positionen zugrunde liegen können und Beurteilung von Interessenlagen (B4, B5) (ES: Vergleich mit anderen europäischen Ländern)</li> <li>Entwicklung von notwendigen Bewertungskriterien, um zu einem begründeten Urteil zu kommen z.B. anhand der Dilemma-Methode (MKR 5.2)</li> <li>Reflexion von kurz- und langfristigen Folgen von Entscheidungen sowie Reflexion des Bewertungsprozesses (B10, B11)             <ul style="list-style-type: none"> <li>Hinweis: Der Fokus liegt hier nicht auf der detaillierten Kenntnis von</li> </ul> </li> </ul> |

| <ul style="list-style-type: none"> <li>Inhaltliche Aspekte</li> </ul>                                                                                                                | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                     | <i>Sequenzierung: Leitfragen</i>                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Karyogramm: Genommutationen, Chromosomenmutationen</li> <li>Meiose</li> <li>Rekombination</li> <li>Analyse von Familienstammbäumen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern Ursachen und Auswirkungen von Chromosomen- und Genommutationen (S1, S4, S6, E11, K8, K14).</li> </ul> | <p><b>Nach welchem Mechanismus erfolgt die Keimzellbildung und welche Mutationen können dabei auftreten?</b><br/>(ca. 6 Ustd.)</p> <p><b>Inwiefern lassen sich Aussagen zur Vererbung genetischer Erkrankungen aus Familienstammbäumen ableiten?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p>Stammzelltypen, sondern auf der Frage, welche Argumente für und gegen die Nutzung von embryonalen Stammzellen für die Medizin möglich sind. Voraussetzung dafür ist im Wesentlichen das Wissen um die Pluripotenz der embryonalen Stammzellen.</p> <p><i>Kontext:</i><br/> <b>Karyogramm einer an Trisomie 21 erkrankten Person</b><br/> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen: Beschreibung und Analyse des Karyogramms einer Person mit Trisomie 21 unter Verwendung der bisher gelernten Fachbegriffe (→Sek I)</li> <li>Vergleich von Karyogrammen bei freier Trisomie 21 und Translokationstrisomie zur Identifikation von Chromosomen- und Genommutationen in Karyogrammen: Beschreibung der Unterschiede, Entwicklung von Fragestellungen und Vermutungen zu den Abweichungen</li> <li>Erläuterung von Ursachen und Auswirkung der Genommutation</li> <li>Definition der unterschiedlichen Formen von Chromosomenmutationen (Deletion, Translokation, Duplikation, Inversion)</li> <li>Reaktivierung des Vorwissens (→Sek I: Meiose und Befruchtung)</li> <li>Vertiefende Betrachtung der Meiose</li> <li>Erläuterung der Ursachen der Trisomie 21</li> <li>Betrachtung der Unterschiede zur Mitose, vor allem im Hinblick auf die Reduktion des Chromosomensatzes bei der Gametenreifung.</li> <li>Herausstellung der Vorteile sexueller Fortpflanzung: interchromosomale und intrachromosomale Rekombination (S6)</li> </ul> </p> <p><i>Kontext:</i><br/> <b>Familienfoto zeigt phänotypische Variabilität unter Geschwistern</b><br/> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung des Vorwissens zu genetischer Verschiedenheit homologer Chromosomen</li> <li>Modellhafte Darstellung der Rekombinationsmöglichkeiten (inter- und intrachromosomal) durch Reduktionsteilung und Befruchtung</li> <li>Klärung des Zusammenhangs zwischen Meiose und Erbgang</li> <li>Problematisierung der phänotypischen Ausprägung bei Heterozygotie (Hemizygotie des Mannes z.B. bei Rot-Grün-Blindheit)</li> </ul> </p> |

| • Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                 | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>wenden Gesetzmäßigkeiten der Vererbung auf Basis der Meiose bei der Analyse von Familienstammbäumen an (S6, E1–3, E11, K9, K13).</li> </ul> |                           | <p><i>Kontext:</i><br/> <b>Familienberatung mithilfe der Analyse eines Familienstammbaums zu einem genetisch bedingten Merkmal</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen: Regeln der Vererbung (Gen- und Allelbegriff, Familienstammbäume) (→Sek I)</li> <li>Analyse von Familienstammbäumen, dabei Beachtung der Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung [7-8]</li> <li>Ermittlung der Wahrscheinlichkeit für eine Erkrankung in Abhängigkeit des Genotyps der Eltern auf Grundlage der Möglichkeiten interchromosomaler Rekombination (Punnett-Quadrat)</li> <li><i>Stammbaumerstellung anhand eines Textes</i></li> </ul> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                                                                                                     | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                          |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.brd.nrw.de/system/files/migrated_documents/01_Cytologie-Krebstherapie_Jahrgang-EF_60a3feb654f1b.pdf">https://www.brd.nrw.de/system/files/migrated_documents/01_Cytologie-Krebstherapie_Jahrgang-EF_60a3feb654f1b.pdf</a>                           | ausgearbeitetes Unterrichtsvorhaben „Kein Leben ohne Zelle – Auswirkungen einer Krebserkrankung und Möglichkeiten der Therapie“, aus dem Teile auch in diesem Zusammenhang verwendet werden können |
| 2   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6052">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6052</a>                                                                                                         | Sachinformationen zu Zytostatika und didaktische Hinweise                                                                                                                                          |
| 3   | <a href="https://www.dpz.eu/de/infothek/wissen/stammzellforschung.html">https://www.dpz.eu/de/infothek/wissen/stammzellforschung.html</a>                                                                                                                               | Leibniz-Institut für Primatenforschung                                                                                                                                                             |
| 4   | <a href="https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/gesundheit/bioethik/bioethik-gesellschaftliche-her--modernen-lebenswissenschaften.html">https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/gesundheit/bioethik/bioethik-gesellschaftliche-her--modernen-lebenswissenschaften.html</a> | Bundesministerium für Bildung und Forschung                                                                                                                                                        |
| 5   | <a href="https://zellux.net/">https://zellux.net/</a>                                                                                                                                                                                                                   | Max-Planck-Institut für molekulare Biomedizin                                                                                                                                                      |
| 6   | <a href="https://www.stammzellen.nrw.de/informieren/ethik-und-recht/ethische-fragestellungen">https://www.stammzellen.nrw.de/informieren/ethik-und-recht/ethische-fragestellungen</a>                                                                                   | Stammzellnetzwerk.NRW                                                                                                                                                                              |
| 7   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9932">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9932</a>                                                                                                 | Arbeitsblatt Stammbaumanalyse, geeignet für Sek. I und Sek. II                                                                                                                                     |
| 8   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9933">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9933</a>                                                                                                 | Hinweise und Lösungen zum Arbeitsblatt Stammbaumanalyse                                                                                                                                            |

# Inhaltsfelder Qualifikationsphase 1 und 2 Grundkurs

## Inhaltsfeld Neurobiologie

### Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlagen der Informationsverarbeitung

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

Fachliche Verfahren

- Potenzialmessungen

## Inhaltsfeld Stoffwechselphysiologie

### Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen

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

Aufbauender Stoffwechsel

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

Abbauender Stoffwechsel

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

Fachliche Verfahren

- Chromatografie

## Inhaltsfeld Ökologie

### Inhaltliche Schwerpunkte:

Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen

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

Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität

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

Fachliche Verfahren

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

## Inhaltsfeld Genetik und Evolution

### Inhaltliche Schwerpunkte:

Molekulargenetische Grundlagen des Lebens

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

Entstehung und Entwicklung des Lebens

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

# Inhaltsfelder Qualifikationsphase 1 und 2 Leistungskurs

## Inhaltsfeld Neurobiologie

### Inhaltliche Schwerpunkte:

#### Grundlagen der Informationsverarbeitung

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

#### Neuronale Plastizität

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

#### Fachliche Verfahren

- Potenzialmessungen
- Neurophysiologische Verfahren

## Inhaltsfeld Stoffwechselphysiologie

### Inhaltliche Schwerpunkte:

#### Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen

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

#### Aufbauender Stoffwechsel

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

#### Abbauender Stoffwechsel

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

#### Fachliche Verfahren

- Chromatografie
- Tracer-Methode

## Inhaltsfeld Ökologie

### Inhaltliche Schwerpunkte:

Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen

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

Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität

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

Fachliche Verfahren

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

## Inhaltsfeld Genetik und Evolution

### Inhaltliche Schwerpunkte:

Molekulargenetische Grundlagen des Lebens

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

Entstehung und Entwicklung des Lebens

- Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift, adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness, Koevolution, Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen
- Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation, molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale
- Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten
- Evolution des Menschen und kulturelle Evolution: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen, Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung

Fachliche Verfahren

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

## QUALIFIKATIONSPHASE: GRUNDKURS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV GK-N1: Informationsübertragung durch Nervenzellen</b><br><b>Inhaltsfeld 2: Neurobiologie</b><br>Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                    | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erstellung von Erklärfilmen zur Synapse</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Grundlagen der Informationsverarbeitung,<br>Fachliche Verfahren: Potenzialmessungen<br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                    | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Struktur und Funktion:<br>Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein<br>Stoff- und Energieumwandlung:<br>Energiebedarf des neuronalen Systems<br>Information und Kommunikation:<br>Codierung und Decodierung von Information an Synapsen<br>Steuerung und Regelung:<br>Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotenzialen<br>Individuelle und evolutive Entwicklung:<br>Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Inhaltliche Aspekte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12).</li> </ul> | <i>Sequenzierung: Leitfragen</i><br><b>Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?</b><br>(ca. 12 Ustd.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b><br><i>Kontext:</i><br><b>Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF)</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Vorstellung der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon<br>Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion [1]<br>Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den |



| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                  | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                   | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                             | <p>modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen A<math>\delta</math>-Fasern und langsameren C-Fasern [8]</p> <p>Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: Erhöhung des Axondurchmessers (Bsp. <i>Loligo vulgaris</i>) oder Myelinisierung</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse</li> <li>• Stoffeinwirkung an Synapsen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6).</li> <li>• erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14).</li> <li>• nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).</li> </ul> | <p><b>Wie erfolgt die Informationsweitergabe zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <p>Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer chemischen Synapse und Überführung in eine andere Darstellungsform, z. B. Erklärfilm oder Fließschema [9]</p> <p>Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und einer behandelten Synapse</p> <p>Zuordnung des möglichen Wirkortes verschiedener exogener Stoffen an der Synapse, etwa am Beispiel der Conotoxine [10]; Ergänzung des Erklärfilms oder Fließschemas</p> <p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <p>Vorstellung der Wirkungsweise des Cannabinoids THC</p> <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> <p>Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [11, 12, 13]→ <b>Bewertung mit der Dilemma-Methode</b></p> <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   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8273">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8273</a>                                                                                                               | Arbeitsmaterial „Bau und Funktion von Neuronen“                                              |
| 2   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8268">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8268</a>                                                                                                               | Arbeitsmaterial „Ruhepotenzial - Theoretische Modellexperimente (Ussing-Kammer)“             |
| 3   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6081">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6081</a>                                                                                                                       | Zusatzmaterial „Experiment Reaktionstest“                                                    |
| 4   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366</a>                                                                                                                       | Arbeitsmaterial „Entstehung eines Aktionspotenzials“                                         |
| 5   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6082">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6082</a>                                                                                                                       | Zusatzmaterial „Aktionspotenzial“                                                            |
| 6   | <a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p10^SchmerzqN^f20767">https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p10^SchmerzqN^f20767</a>                                                                         | IQB-Aufgabe „Schmerz“: grundlegendes Niveau (M1 und M3)                                      |
| 7   | <a href="https://www.dasgehirn.info/krankheiten/schmerz/wie-schmerz-ins-gehirn-gelangt">https://www.dasgehirn.info/krankheiten/schmerz/wie-schmerz-ins-gehirn-gelangt</a>                                                                                                             | Informationen zur Schmerzwahrnehmung                                                         |
| 8   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366</a>                                                                                                                       | Arbeitsmaterial zur Erregungsweiterleitung                                                   |
| 9   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369</a>                                                                                                                       | Arbeitsmaterial zur Funktionsweise einer chemischen Synapse                                  |
| 10  | <a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794">https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794</a>                                       | IQB-Aufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“                                               |
| 11  | <a href="https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen.cannabis212.html">https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen.cannabis212.html</a>                                         | Informationen und kurzer Film zu Cannabis in der Schmerztherapie                             |
| 12  | <a href="https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie">https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie</a>                                                                                 | FAQ des Kantonsspitals St. Gallen zur Schmerztherapie mit Cannabis                           |
| 13  | <a href="https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?__blob=publicationFile">https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?__blob=publicationFile</a> | Hintergrundinformationen zu Cannabis als Medizin aus der Begleiterhebung zum Gesetz von 2017 |
| 14  | <a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getPoolFile?id=p01^pf21740">https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getPoolFile?id=p01^pf21740</a>                                                                                           | Erläuterungen des IQB zum Kompetenzbereich Bewertung                                         |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LIS 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.]*

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

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                                                                                                             | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                    | Sequenzierung: Leitfragen                                                                       | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Energieumwandlung</li> <li>Energieentwertung</li> <li>Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> <li>ATP-ADP-System</li> <li>Stofftransport zwischen den Kompartimenten</li> <li>Chemiosmotische ATP-Bildung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).</li> </ul> | <b>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?</b><br>(ca. 5 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Leben und Energie - Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen.</b><br><b>Zentrale Unterrichtssituationen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (<b>→EF</b>), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle <math>\text{NADH} + \text{H}^+</math> und ATP</li> <li>Erarbeitung des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (<b>→Physik Sek I</b>) [1]</li> <li>Beschreibung der grundlegenden Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen</li> <li>Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP, die Turbine entspricht der ATP-Synthase [2]</li> </ul> <b>Anmerkung:</b> Für die verbindliche Reihenfolge im Curriculum beschließt die Fachschaft, hier entweder UV 2 (Zellatmung) oder UV 3 (Fotosynthese) anzuschließen. In diesem Vorschlag wird mit UV 2 (Zellatmung) begonnen und UV 3 (Fotosynthese) in zeitlicher Nähe des nachfolgenden Inhaltsfeldes Ökologie unterrichtet. |

Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

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

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

| • Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------|
|                       |                                                                    |                           | Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5] |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                                                                              |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6086">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6086</a>                                                                                                                                                                 | 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   | <a href="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">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</a> | Tabellarische Übersicht der Vitamine, die als Coenzyme im Energiestoffwechsel relevant sind                                                                                                                                                            |
| 3   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053</a>                                                                                                                                                                 | Sachinformationen zum Aufbau von Enzymen, Begriffsbestimmungen (Apoenzym, Cofaktor etc.)                                                                                                                                                               |
| 4   | <a href="https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de">https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de</a><br><a href="https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de/produkte/sport">https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de/produkte/sport</a>                                                                                        | Unabhängige und informative Seite der Verbraucherzentrale zu Nahrungsergänzungsmitteln, z.B. im Sport                                                                                                                                                  |
| 5   | <a href="https://www.verbraucherzentrale.de/ernaehrungskompetenzen-im-sport">https://www.verbraucherzentrale.de/ernaehrungskompetenzen-im-sport</a>                                                                                                                                                                             | 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

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

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

| <p>• Inhaltliche Aspekte</p>                                                                                                                                   | <p>Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br/>Schülerinnen und Schüler...</p>                                                                                                                                                                                                                      | <p><i>Sequenzierung: Leitfragen</i></p>                                                                                                                                                                                | <p><b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> <li>• Funktionale Anpassungen: Blattaufbau</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11).</li> <li>• erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8).</li> </ul> | <p><b>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)</p> <p><b>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i><br/><b>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ Sek I) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität.<br/>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)<br/>Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9–11)</p> <p><i>Kontext:</i><br/><b>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→ EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen</p> |

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                       | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionale Anpassungen: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Feinbau Chloroplast</li> <li>• Chromatografie</li> <li>• Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>• Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> <li>• Calvin-Zyklus:</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13).</li> <li>• erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9).</li> </ul> | <p><b>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?</b><br/>(ca. 3 Ustd.)</p> <p><b>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?</b><br/>(ca. 7 Ustd.)</p> | <p>bedeutend sind</p> <p>Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie</p> <p>Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fakultativ: Mikroskopie der Anpassungen des Oleanders sowie von Sonnen- und Schattenblättern (Fertigpräparate in der Sammlung)</b></li> </ul> <p>Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpassungen von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpassungen (K7)</p> <p>Kontext:<br/><b>Der ENGELMANN-Versuch- Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts.</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4]</li> </ul> <p>Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese</p> <p>Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4)</p> <p>Wiederholung des Feinbaus eines Chloroplasten und Verortung der Pigmente in der Thylakoidmembran</p> <p>Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)</p> <p>Kontext:<br/><b>Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <p>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</p> |

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                               | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fixierung,<br>Reduktion,<br>Regeneration<br><br>• Zusammenhang<br>von aufbauendem<br>und abbauendem<br>Stoffwechsel |                                                                    |                           | ATP-Verbrauch (K9)<br>Erläuterung der wesentlichen Vorgänge in der Lichtreaktion (Fotolyse des Wassers, Elektronentransport und Bildung von $\text{NADPH} + \text{H}^+$ ) anhand eines einfachen Schaubildes, Reaktivierung der Kenntnisse zur chemiosmotischen ATP-Bildung (→UV1)<br>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<br>Vervollständigung des Übersichtsschemas zur Veranschaulichung des stofflichen und energetischen Zusammenhangs der Teilreaktionen<br>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   | <a href="https://www.bio-logisch-nrw.de/aufgabenarchiv">https://www.bio-logisch-nrw.de/aufgabenarchiv</a>                                                                           | Aufgabe 5 aus dem Jahr 2015 („Alles im grünen Bereich“) beschreibt das einfache und aussagekräftige experimentelle Design mit Efeuplättchen. |
| 2   | <a href="https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Engelmannscher_Bakterienversuch">https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Engelmannscher_Bakterienversuch</a>                             | Anschauliche Erklärung und Verlinkung zu einer kurzen Animation                                                                              |
| 3   | <a href="https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/chromatografie-von-chlorophyll-109310">https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/chromatografie-von-chlorophyll-109310</a> | Arbeitsmaterial mit Videolink, Differenzierungsmaterial und Lösungen zur Chromatografie von Blattfarbstoffen                                 |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV GK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen</b><br><b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b><br><b>Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b><br>Exkursion zu einer schulnahen Wiese                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliches Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal<br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)<br>Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)<br>Informationen aufbereiten (K) |                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Struktur und Funktion:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>Kompartimentierung in Ökosystemebenen</li> </ul> Steuerung und Regelung:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz</li> </ul> Individuelle und evolutive Entwicklung:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren</li> </ul> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Inhaltliche Aspekte</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                  | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren.</li> <li>Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8).</li> <li>untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1-3, E9, E13).</li> </ul> | <p><b>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?</b><br/>(ca. 3 Ustd.)</p> <p><b>Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?</b></p>                                                                                                                                                                                                                                               | <p><i>Kontext:</i><br/> <b>Modellökosysteme, z.B. Flaschengarten</b><br/> <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ SI)</li> <li>Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem mit Hilfe einer Concept Map</li> <li>Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8)</li> <li>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)</li> </ul> <p><i>Kontext:</i><br/> <b>Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum</b><br/> <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> |

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                                               | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                       | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                        | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz,</li> <li>• Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz</li> <li>• Ökologische Nische</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–K8).</li> <li>• erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8).</li> </ul> | <p>(ca. 5 Ustd.)</p> <p><b>Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen Standorten auf die Verbreitung von Arten?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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)</li> <li>• Interpretation von Toleranzkurven eurythermer und stenothermer Lebewesen.</li> <li>• Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperaturtoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung</li> <li>• Erweiterung des Konzepts der physiologischen Toleranz durch die Analyse von Daten aus Mehrfaktorenexperimenten, kritische Betrachtung der Übertragbarkeit der in Laborversuchen gewonnenen Daten auf die Situation im Freiland (E13)</li> </ul> <p>Kontext:</p> <p><b>Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz, z. B. von Baumarten oder Gräsern in Mono- und Mischkultur (S7)</li> <li>• Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (E9, K6–8)</li> <li>• Erläuterung des Konzepts der „ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller biotischen und abiotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV 2 Ökologie)</li> <li>• Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und der ultimativen Erklärung der Einnischung (K7, E17)</li> </ul> |

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

#### Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                                                                                         | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                               |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.researchgate.net/publication/235710596_Zeigwerte_von_Pflanzen_in_MittelEuropa">https://www.researchgate.net/publication/235710596_Zeigwerte_von_Pflanzen_in_MittelEuropa</a>                                                           | Erläuterungen zu Zeigerwerten von Moosen und Flechten, Zeigerwerte zu Gefäßpflanzen sind hingegen in verschiedenen Quellen leicht zu recherchieren. (ggf. URL in Browserzeile kopieren) |
| 2   | <a href="https://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/lehrer/Lehrmaterial/landwirtschaft/10_bsa_lw_gruenland_ua.pdf">https://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/lehrer/Lehrmaterial/landwirtschaft/10_bsa_lw_gruenland_ua.pdf</a> | Unterrichtsmaterial und Recherchetipps zu intensiv und extensiv genutztem Grünland (z.B. tabellarischer Vergleich auf S. 10)                                                            |
| 3   | <a href="http://eh-da-flaechen.de/index.php/eh-da-flaechen/was-sind-eh-da-flaechen">http://eh-da-flaechen.de/index.php/eh-da-flaechen/was-sind-eh-da-flaechen</a>                                                                                           | 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

[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]

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

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

| • Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Biodiversität         | Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10).           | (ca. 4 Ustd.)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse eines Fallbeispiels zur chemischen Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz (K12)</li> <li>Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umweltnutzung und Biodiversitätsschutz beim Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14, B2, B5, B10) [2]</li> </ul> |

Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

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

| <p>• Inhaltliche Aspekte</p>                                                                                         | <p>Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br/>Schülerinnen und Schüler...</p>                                                                                                              | <p>Sequenzierung: Leitfragen</p>                                                                                                                                                         | <p><b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</li> </ul> | <p><b><i>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</i></b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i><br/><b>Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ SI) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4)</li> <li>• Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie)</li> <li>• Interpretation der Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14)</li> <li>• Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene</li> <li>• Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der modellhaften Darstellungen (E12)</li> <li>• ggf. Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbefunden (E14) [1]</li> </ul> |

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                 | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                  | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                                               | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf</li> <li>Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12).</li> </ul> | <p><b>Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?</b><br/>(ca. 2 Ustd.)</p> <p><b>Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?</b><br/>(ca. 3 Ustd.)</p> | <p><b>Kontext:</b><br/><b>Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz</b></p> <p><b>Zentrale Unterrichtssituationen:</b></p> <p>Darstellung der Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) [2,3]</p> <p>Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14)</p> <p><b>Kontext:</b><br/><b>Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel</b></p> <p><b>Zentrale Unterrichtssituationen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Angeleitete Recherche zu den geografischen, zeitlichen und sozialen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts sowie zu den beschlossenen Maßnahmen [4]</li> <li>Entwicklung von Kriterien für die Bewertung der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Dimensionen für globale Entwicklung (Umwelt, Soziales, Wirtschaft) sowie Abschätzung der Wirksamkeit der Maßnahmen (B4, B7, K14, B12)</li> <li>Erkennen der Grenzen der wissenschaftlichen Wissensproduktion und der Akzeptanz vorläufiger und hypothetischer Aussagen, die auf einer umfassenden Datenanalyse beruhen (E16)</li> </ul> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                       | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                              |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2017/TB2017_186_Trauschke.pdf">https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2017/TB2017_186_Trauschke.pdf</a>                                                 | frei zugänglicher Artikel von Matthias Trauschke zum Energieverständnis im Biologieunterricht am Beispiel ineffizienter Lebensmittelketten             |
| 2   | <a href="https://www.max-wissen.de/max-hefte/geomax-22-kohlenstoffkreislauf/">https://www.max-wissen.de/max-hefte/geomax-22-kohlenstoffkreislauf/</a>                                     | Geomax Heft 22, Titel: „Das sechste Element – Wie Forschung nach Kohlenstoff fahndet“.                                                                 |
| 3   | <a href="https://www.max-wissen.de/max-media/klima-der-kohlenstoffkreislauf-max-planck-cinema/">https://www.max-wissen.de/max-media/klima-der-kohlenstoffkreislauf-max-planck-cinema/</a> | Informationsfilm zum Kohlenstoffkreislauf des Max-Planck-Instituts                                                                                     |
| 4   | <a href="https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaanpassung/worum-geht-es">https://www.bmu.de/themen/klimaschutz-anpassung/klimaanpassung/worum-geht-es</a>                   | 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

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV GK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information</b><br><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b><br>Zeitbedarf: ca. 27 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                                             | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens<br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)<br>Informationen aufbereiten (K) | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Struktur und Funktion:<br>Kompartimentierung bei der eukaryotischen Proteinbiosynthese<br>Stoff- und Energieumwandlung:<br>Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese<br>Information und Kommunikation:<br>Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese |

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                            | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                  | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                               | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Speicherung und Realisierung genetischer Information:<br>Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation | <p>leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10).</p> <p>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</p> | <p><b>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)</p> <p><b>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?</b><br/>(ca. 6 Ustd.)</p> | <p><b>Kontext:</b><br/><b>Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ Sek I, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4]<br/>Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STAHN-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2]<br/>Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos<br/>Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynukleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</p> <p><b>Kontext:</b><br/><b>Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>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)<br/>Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen<br/>Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache<br/>Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien<br/>Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema [ggf. 3]<br/>Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)<br/>Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA</p> |

| Inhaltliche Aspekte                                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                            | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                             |                                                                                                                                                   | <p><b>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten?</b><br/>(ca. 5 Ustd.)</p> | <p><b>Kontext:</b><br/><b>Transkription und Translation bei Eukaryoten</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten<br/>Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation<br/>Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten<br/>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>                                                               |
| Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen                        | erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).                                                    | <p><b>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?</b><br/>(ca. 5 Ustd.)</p>                | <p><b>Kontext:</b><br/><b>Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ Sek I, → EF)<br/>Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus)<br/>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)<br/>Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblen Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen<br/>Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien</p> |
| Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA- | erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11). | <p><b>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?</b><br/>(ca. 7 Ustd.)</p>                                                  | <p><b>Kontext:</b><br/><b>Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Methylierung        |                                                                    |                           | <p>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)</p> <p>Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der Modellierungen [ggf. 6]</p> <p>Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung</p> |

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                       | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt3.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt3.html</a> | 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   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt4.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt4.html</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt5.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt5.html</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4   | <a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie">https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie</a>                 | IQB-Seite mit Lernaufgaben: Aufgabe „DNA-Modelle“ bietet Material zur Erkenntnisgewinnungskompetenz in Bezug auf verschiedene Modelldarstellungen zur DNA                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6078">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6078</a>           | 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   | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=xshPL5hU0Kg&amp;t=104s">https://www.youtube.com/watch?v=xshPL5hU0Kg&amp;t=104s</a>                                               | Max-Planck-Video Epigenetik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV GK-G2: Humangenetik und Gentherapie</b><br><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b><br>Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                                                                                          | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens<br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)<br>Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B) | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Information und Kommunikation:<br>Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese<br>Steuerung und Regelung:<br>Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität |

| Inhaltliche Aspekte                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                           | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                   | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Genetik menschlicher Erkrankungen:<br>Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie | analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8).<br><br>bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen (S1, K14, B3, B7–9, B11). | <b>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?</b><br>(ca. 4 Ustd.)<br><br><b>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?</b><br>(ca. 4 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF)<br>Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse<br>Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen<br>ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1]<br><b>Kontext:</b><br><b>Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose)</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen<br>Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                              |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                                                    |                           | Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                       | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt2.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt2.html</a> | 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

[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LIS 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.]

|                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV GK E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie</b><br><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b><br>Zeitbedarf: ca. 13 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                  | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b><br>ggf. Zoobesuch                                                                                 |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Entstehung und Entwicklung des Lebens<br><br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Biologische Sachverhalte betrachten (S)<br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Informationen aufbereiten (K) | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Individuelle und evolutive Entwicklung:<br>Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |

| • Inhaltliche Aspekte                                                                     | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                    | <i>Sequenzierung: Leitfragen</i>                                                              | <b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift | • begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).                                    | <b>Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?</b><br>(ca. 5 Ustd.)   | <i>Kontext:</i><br><b>Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen</li> <li>• Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion</li> <li>• Analyse der Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelervielfalt von Populationen</li> <li>• Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimer und proximaler Ursachen und der Vermeidung finaler Begründungen</li> </ul> |
| • Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse,    | • erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8). | <b>Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Angepasstheiten?</b> | <i>Kontext:</i><br><b>Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| <ul style="list-style-type: none"> <li>Inhaltliche Aspekte</li> </ul>                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                    | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                        | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| reproduktive Fitness                                                                          |                                                                                                                                                                                                       | (ca. 2 Ustd.)<br><b>Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?</b><br>(ca. 2 Ustd.)<br><br><b>Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären?</b><br>(ca. 2 Ustd.) | <ul style="list-style-type: none"> <li>Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwen-Kolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1]</li> <li>Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximaler und ultimer Ursachen und Vermeidung finaler Begründungen [1]</li> <li>Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen</li> </ul> Kontext:<br><b>Rothirsch-Geweihe und Pfauenrad</b><br>zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus</li> <li>Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimer und proximaler Ursachen</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Synthetische Evolutionstheorie: Koevolution</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</li> </ul> | <b>Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?</b><br>(ca. 2 Ustd.)                                                                                                                                           | Kontext:<br><b>Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution)</b><br>zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimer und proximaler Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen</li> <li>Zusammenfassung der Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                             | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6079">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6079</a> | 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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV GK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft</b><br><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b><br>Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten<br><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Entstehung und Entwicklung des Lebens<br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)<br>Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)<br>Informationen aufbereiten (K) | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b><br><br><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Individuelle und evolutive Entwicklung:<br>Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                         | Sequenzierung: Leitfragen                                                          | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stammbäume und Verwandtschaft:<br>Artbildung,<br>Biodiversität,<br>populationsgenetischer Artbegriff,<br>Isolation | erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7) | <b>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?</b><br>(ca. 4 Ustd.) | Kontext:<br><b>Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln</b><br>zentrale Unterrichtssituationen:<br>Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache<br>Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen<br>Ableitung des morphologischen, biologischen und populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung |

| Inhaltliche Aspekte                                                     | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                   | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                         | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale | <p>deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</p> <p>analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).</p> | <p><b>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?</b><br/>(ca. 3 Ustd.)</p> <p><b>Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p>Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen<br/>Reflexion der ultimatsten und proximatsten Ursachen für Artwandel und Artbildung und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der genutzten Modelle</p> <p><i>Kontext:</i><br/><b>Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese<br/>Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen<br/>Ableitung phylogenetischer Verwandtschaften auf Basis des Sparsamkeitsprinzips und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</p> <p><i>Kontext:</i><br/><b>Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche [1]<br/>Deutung der molekularen Ähnlichkeiten des Kollagens und Analyse des phylogenetischen Stammbaums unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen<br/>Erläuterung der Verwendung morphologischer und molekularer Daten zur Erstellung von Stammbäumen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</p> <p><i>Kontext:</i><br/><b>Vielfalt einer Genfamilie (z. B. Hämoglobin-Gene)</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Darstellung der molekularen Ähnlichkeiten auf DNA- und Proteinebene<br/>Erklärung der Entstehung einer Genfamilie ausgehend von Genduplikationen und unabhängiger Entwicklung der einzelnen Genvarianten<br/>Diskussion der Evolution von Genfamilien anhand von Gen-Stammbäumen und Abgrenzung zur Analyse von phylogenetischen Verwandtschaften zwischen Lebewesen</p> |

| Inhaltliche Aspekte                                                                        | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                       | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                            | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen | deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).    | <b>Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?</b><br>(ca. 3 Ustd.)                                                          | <i>Kontext:</i><br><b>Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>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<br>Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung) |
|                                                                                            | begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5). | <b>Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?</b><br>(ca. 2 Ustd.) | <i>Kontext:</i><br><b>Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Erläuterung der Merkmale naturwissenschaftlicher Theorien unter Berücksichtigung der Evidenzbasierung sowie Begründung der Einordnung des Intelligent Design als Pseudowissenschaft<br>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   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6092">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6092</a> | In diesem Zusatzmaterial sind Sachinformationen für Lehrkräfte zur Evolution der vor etwa 10 000 Jahren ausgestorbenen Gattung Macrauchenia zusammengefasst, deren systematische Zugehörigkeit durch molekulare Analysen ermittelt werden konnte. |
| 2   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6077">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6077</a> | Dieses Zusatzmaterial erläutert durch Sachinformationen für Lehrkräfte, wie ausgehend von einer vorliegenden Klausuraufgabe die konvergente Entwicklung molekularer Anpassungen im Unterricht erarbeitet werden kann.                             |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

## QUALIFIKATIONSPHASE: LEISTUNGSKURS

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

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

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

| • Inhaltliche Aspekte                                                                       | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                         | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                     | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                             |                                                                                                                            |                                                                                                               | fakultativ: Ableitung ultimativer Ursachen für schnelle und langsame Erregungsleitung bei Wirbeltieren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| • Störungen des neuronalen Systems                                                          | • analysieren die Folgen einer neuronalen Störung aus individueller und gesellschaftlicher Perspektive (S3, K1–4, B2, B6). | <b>Wie kann eine Störung des neuronalen Systems die Informationsweitergabe beeinflussen?</b><br>(ca. 2 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Multiple Sklerose als Beispiel für eine neurodegenerative Erkrankung</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Erarbeitung des Krankheitsbildes: Autoimmunerkrankung, bei der die Myelinscheiden im ZNS zerstört werden [9]<br>Analyse der Folgen einer neurodegenerativen Erkrankung für Individuum und Gesellschaft (B2, B6)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| • Bau und Funktionen von Nervenzellen: primäre und sekundäre Sinneszelle, Rezeptorpotenzial | • erläutern das Prinzip der Signaltransduktion bei primären und sekundären Sinneszellen (S2, K6, K10).                     | <b>Wie werden Reize aufgenommen und zu Signalen umgewandelt?</b><br>(ca. 4 Ustd.)                             | <b>Kontext:</b><br><b>„Das sieht aber lecker aus!“ – Sinneszellen und ihre adäquaten Reize</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Sensibilisierung für die biologischen Voraussetzungen einer Reizaufnahme und die damit verbundenen Einschränkungen der Wahrnehmung<br>Erarbeitung der Entstehung eines Rezeptorpotenzials in einer primären Sinneszelle (z. B. einer Riechsinneszelle), Darstellung der Signaltransduktion, die zur Auslösung von Aktionspotenzialen führt<br>Vergleich der Funktionsweise mit einer sekundären Sinneszelle, z. B. einer Geschmackssinneszelle<br>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   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8273">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8273</a>                                       | Arbeitsmaterial „Bau und Funktion von Neuronen“                                  |
| 2   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8268">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8268</a>                                       | Arbeitsmaterial „Ruhepotenzial - Theoretische Modellexperimente (Ussing-Kammer)“ |
| 3   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6081">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6081</a>                                               | Zusatzmaterial „Experiment Reaktionstext“                                        |
| 4   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366</a>                                               | Arbeitsmaterial „Entstehung eines Aktionspotenzials“                             |
| 5   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6082">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6082</a>                                               | Zusatzmaterial „Aktionspotenzial“                                                |
| 6   | <a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p10^SchmerzqN^f20767">https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p10^SchmerzqN^f20767</a> | IQB-Aufgabe „Schmerz“: grundlegendes Niveau (M1 und M3)                          |

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                       | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 7   | <a href="https://www.dasgehirn.info/krankheiten/schmerz/wie-schmerz-ins-gehirn-gelangt">https://www.dasgehirn.info/krankheiten/schmerz/wie-schmerz-ins-gehirn-gelangt</a> | Informationen zur Schmerzwahrnehmung                         |
| 8   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366</a>           | Arbeitsmaterial zur Erregungsweiterleitung                   |
| 9   | <a href="https://www.dasgehirn.info/krankheiten/multiple-sklerose/multiple-sklerose">https://www.dasgehirn.info/krankheiten/multiple-sklerose/multiple-sklerose</a>       | Informationsfilm zur Erarbeitung des Krankheitsbildes von MS |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

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

| • Inhaltliche Aspekte                                                 | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                 | Sequenzierung: Leitfragen                                                                        | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre | • erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6). | <b>Wie erfolgt die Erregungsleitung vom Neuron zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese</b> | <b>Kontext:</b><br><b>Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox)</b><br>zentrale Unterrichtssituationen:<br>Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer erregenden chemischen |

| <p>• Inhaltliche Aspekte</p>                                                                                                                      | <p>Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br/>Schülerinnen und Schüler...</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>Sequenzierung: Leitfragen</p>                                                     | <p>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Synapse</p> <p>• Verrechnung:<br/>Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation</p> <p>• Stoffeinwirkung an Synapsen</p> | <p>• 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> <p>• erläutern die Bedeutung der Verrechnung von Potenzialen für die Erregungsleitung (S2, K11).</p> <p>• nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).</p> | <p><b>beeinflusst werden?</b><br/>(ca. 8 Ustd.)</p>                                  | <p>Synapse (z. B. cholinerge Synapse) [1]<br/>Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und behandelten Synapse</p> <p><i>Kontext:</i><br/><b>Warum hilft Kratzen gegen Juckreiz?</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>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])<br/>Auswertung von Potenzialdarstellungen hinsichtlich der Verrechnung von Potenzialen [3,4]<br/>Anwendung der Hemmung am Beispiel der Linderung des Juckreizes durch Kratzen [5]<br/>ggf. Einsatz der Lernaufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“ zur Vertiefung der Stoffeinwirkung an Synapsen [6]</p> <p><i>Kontext:</i><br/><b>Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Vorstellung der Wirkungsweise von Cannabis.<br/>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.<br/>Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [7, 8, 9] ]→ <b>Bewertung mit der Dilemma-Methode</b></p> |
| <p>• Zelluläre Prozesse des Lernens</p>                                                                                                           | <p>• erläutern die synaptische Plastizität auf der zellulären Ebene und leiten ihre Bedeutung für den Prozess des Lernens ab (S2, S6, E12, K1).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p><b>Wie kann Lernen auf neuronaler Ebene erklärt werden?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p><i>Kontext:</i><br/><b>Lernen verändert das Gehirn</b><br/><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/>Erarbeitung der synaptischen Plastizität auf zellulärer Ebene als aktivitätsabhängige Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung (S6, E12, K1) [10]<br/>Erläuterung der Modellvorstellung vom Lernen durch Plastizität des neuronalen Netzwerks (Bahnung) und Ableitung von Strategien für den eigenen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| • Inhaltliche Aspekte                                                        | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                         | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                              |                                                                                                                   |                                                                                                                   | <p>Lernprozess: Strukturierung und Kontextualisierung, Wiederholung, Nutzung verschiedener Eingangskanäle (multisensorisch, v.a. Visualisierung), Belohnung [11]</p> <p>ggf. Planung und Durchführung von Lernexperimenten (Zusammenhang zwischen Wiederholung und Lernerfolg, Einfluss von Ablenkung auf erfolgreiches Lernen)</p> <p>ggf. Analyse der eigenen Einstellung zum Lernen bzw. zum Lerngegenstand, hier auch kritische Reflexion von geschlechterspezifischen Stereotypen möglich</p>                                 |
| • Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung | • beschreiben die Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung am Beispiel der Stressreaktion (S2, S6). | <p><b>Wie wirken neuronales System und Hormonsystem bei der Stressreaktion zusammen?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p> | <p>Kontext:</p> <p><b>Körperliche Reaktionen auf Schulstress</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <p>Reaktivierung von Wissen zu Hormonen (→ Sek I)</p> <p>Erarbeitung der wesentlichen Merkmale des hormonellen Systems beim Menschen</p> <p>Vergleich der Unterschiede zwischen dem neuronalen und dem hormonellen System und Ableitung der Verschränkung beider Systeme [12]</p> <p>ggf. Vertiefung durch Recherche der Bedeutung von Eustress oder der Bedeutung von Entspannungsphasen z. B. in Prüfungszeiten</p> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                                                                             | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                          |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369</a>                                                                                 | Arbeitsmaterial zur Funktionsweise einer chemischen Synapse        |
| 2   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6083">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6083</a>                                                                                 | Zusatzmaterial „Modell zur neuronalen Verrechnung“                 |
| 3   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5452">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5452</a>                                                                                 | Arbeitsmaterial „Neuronale Informationsverarbeitung“               |
| 4   | <a href="https://asset.klett.de/assets/3df4d75/Neuronale-Verschaltung.pdf">https://asset.klett.de/assets/3df4d75/Neuronale-Verschaltung.pdf</a>                                                                                                 | Arbeitsblatt zur neuronalen Verschaltung und Verrechnung           |
| 5   | <a href="https://www.spektrum.de/frage/warum-hilft-kratzen-gegen-jucken/1288571">https://www.spektrum.de/frage/warum-hilft-kratzen-gegen-jucken/1288571</a>                                                                                     | Informationen zur Wirkung von Schmerzreizen auf Juckreiz           |
| 6   | <a href="https://www.igb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794">https://www.igb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794</a> | IQB-Aufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“                     |
| 7   | <a href="https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen,cannabis212.html">https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen,cannabis212.html</a>   | Informationen und kurzer Film zu Cannabis in der Schmerztherapie   |
| 8   | <a href="https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie">https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie</a>                                           | FAQ des Kantonsspitals St. Gallen zur Schmerztherapie mit Cannabis |

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                                                                                                                   | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                    |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9   | <a href="https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?__blob=publicationFile">https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?__blob=publicationFile</a> | Hintergrundinformationen zu Cannabis als Medizin aus der Begleiterhebung zum Gesetz von 2017 |
| 10  | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5862">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5862</a>                                                                                                                       | Unterrichtsreihe „Plastizität und Lernen“ (SINUS), hieraus einzelne Materialien              |
| 11  | <a href="https://www.max-wissen.de/max-media/synaptische-plastizitaet-wie-synapsen-funken-max-planck-cinema/">https://www.max-wissen.de/max-media/synaptische-plastizitaet-wie-synapsen-funken-max-planck-cinema/</a>                                                                 | Link zu einem Informationsvideo und weiterführende Materialhinweise                          |
| 12  | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6084">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6084</a>                                                                                                                       | Zusatzmaterial „Hormon- und Nervensystem“                                                    |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

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

| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                                                                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                          | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                 | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieumwandlung</li> <li>• Energieentwertung</li> <li>• Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> <li>• ATP-ADP-System</li> <li>• Stofftransport zwischen den Kompartimenten</li> <li>• Chemiosmotische ATP-Bildung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> </ul> | <p><b>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd)</p> | <p><b>Kontext:</b><br/><b>Leben und Energie – Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen.</b></p> <p><b>Zentrale Unterrichtssituationen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (<math>\rightarrow</math>EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle <math>\text{NADH} + \text{H}^+</math> und ATP</li> <li>• Erarbeitung des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (<math>\rightarrow</math> Physik Sek I) [1]</li> <li>• Erarbeitung der Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen [1]</li> <li>• Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP. Die Turbine entspricht der ATP-Synthase. Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen von Modellen (E12) [2]</li> <li>• <b>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)</b></li> </ul> <p><i>Anmerkung: Für die verbindliche Reihenfolge im Curriculum beschließt die Fachschaft, hier entweder UV 2 (Zellatmung) oder UV 3 (Fotosynthese) anzuschließen. In diesem Vorschlag wird mit UV 2 (Zellatmung) begonnen und UV 3 (Fotosynthese) in zeitlicher Nähe des nachfolgenden Inhaltsfeldes Ökologie unterrichtet.</i></p> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                             | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                        |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6085">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6085</a> | 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   | <a href="https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Chemiosmotische_Kopplung">https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Chemiosmotische_Kopplung</a> | Anschauliche Erklärung des Grundprinzips der chemiosmotischen Kopplung |

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

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                                                                             | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                      | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feinbau Mitochondrium</li> <li>• Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> <li>• Energetisches Modell der Atmungskette</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9),</li> <li>• vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> </ul> | <p><b>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd)</p> | <p><b>Kontext:</b></p> <p><b>Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt [1]</b></p> <p><b>Zentrale Unterrichtssituationen:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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)</li> <li>• 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</li> <li>• Beschreibung des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den</li> </ul> |



| • Inhaltliche Aspekte                                                                   | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                          | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                         | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffwechselregulation auf Enzymebene</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12),</li> <li>nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9)</li> </ul> | <p><b>Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?</b><br/>(ca. 6 Ustd.)</p> | <p>Milchsäuregärung und deren Bedeutung für die Regeneration von NAD<sup>+</sup></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verwendung geeigneter Darstellungsformen für den stofflichen und energetischen Vergleich der behandelten Stoffwechselwege (K9)</li> <li>ggf. Vertiefung: Vergleich der Prozesse bei fakultativen und obligaten Anaerobiern</li> </ul> <p>Kontext:<br/><b>Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <p>Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren (→EF)</p> <p>Anwendung des Konzepts der enzymatischen Regulation auf ausgewählte enzymatische Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels (z.B. Feedbackhemmung der Phosphofructokinase) (E12)</p> <p>Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2,3]</p> <p>angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4) [4]</p> <p>Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5]</p> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                                                                              |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6086">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6086</a>                                                                                                                                                                 | 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   | <a href="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">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</a> | Tabellarische Übersicht der Vitamine, die als Coenzyme im Energiestoffwechsel relevant sind                                                                                                                                                            |
| 3   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6053</a>                                                                                                                                                                 | Sachinformationen zum Aufbau von Enzymen, Begriffsbestimmungen (Apoenzym, Cofaktor etc.)                                                                                                                                                               |
| 4   | <a href="https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de">https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de</a><br><a href="https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de/produkte/sport">https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de/produkte/sport</a>                                                                                        | Unabhängige und informative Seite der Verbraucherzentrale zu Nahrungsergänzungsmitteln, z.B. im Sport                                                                                                                                                  |

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                 | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                            |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5   | <a href="https://www.verbraucherzentrale.de/ernaehrungskompetenzen-im-sport">https://www.verbraucherzentrale.de/ernaehrungskompetenzen-im-sport</a> | 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><b>UV LK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel, Fachliche Verfahren: Chromatografie, <a href="#">Tracer-Methode</a></p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Biologische Sachverhalte betrachten (S)</li> <li>• <a href="#">Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)</a></li> <li>• Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>• Informationen aufbereiten (K)</li> </ul> | <p><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b></p> <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul> <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">Zelldifferenzierung bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen</a></li> </ul> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                       | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                             | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                 | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11),</li> </ul>                       | <p><b>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontext:</li> <li><b>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</b></li> <li>Zentrale Unterrichtssituationen:</li> </ul> <p>Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ SI) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität</p> <p>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)</p> <p>Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9-11)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Funktionale Anpassungen: Blattaufbau</li> </ul>                                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8),</li> </ul>    | <p><b>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontext:</li> <li><b>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – Die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</b></li> <li>Zentrale Unterrichtssituationen:</li> </ul> <p>Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→ EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind</p> <p>Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie</p> <p>Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3]</p> <p>Mikroskopie der Anpassungen des Oleanders sowie von Sonnen- und Schattenblättern (Fertigpräparate in der Sammlung)</p> <p>Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpassungen von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate</p> <p>ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpassungen (K7)</p> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Funktionale Anpassungen: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Lichtsammelkomplex, Feinbau Chloroplast</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13),</li> </ul> | <p><b>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>                                          | <p>Kontext:</p> <p><b>Der ENGELMANN-Versuch – Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4]</li> </ul> <p>Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Sequenzierung: Leitfragen                                                                             | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chromatografie</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                       | <p>Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese</p> <p>Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4)</p> <p>Beschreibung des Aufbaus der Reaktionszentren in der Thylakoidmembran von Chloroplasten</p> <p>Erläuterung der Funktionsweise von Lichtsammelkomplexen und ihrer Organisation zu Fotosystemen unter Verwendung von Modellen</p> <p>Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>• Energetisches Modell der Lichtreaktionen</li> <li>• Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> <li>• Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>• Tracer-Methode</li> <li>• Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <a href="#">vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</a></li> <li>• erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9),</li> <li>• <a href="#">werten durch die Anwendung von Tracermethoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).</a></li> </ul> | <p><b>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?</b></p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p> | <p>Kontext:</p> <p><b>Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <p>Erstellung eines übersichtlichen Schaubildes für die Fotosynthese auf Grundlage des Vorwissens (Edukte, Produkte, Reaktionsbedingungen) (K9)</p> <p><a href="#">Beschreibung des EMERSON-Effekts anhand eines Diagramms zur Fotosyntheseleistung bei unterschiedlichen Wellenlängen, Identifizierung von Fragestellungen zur Funktionsweise der Fotosysteme (E2)</a></p> <p>Entwicklung einer vereinfachten Darstellung der Lichtreaktion in einem energetischen Modell, welche den Energietransfer in den beiden Fotosystemen, die Fotolyse des Wassers, den Elektronentransport über Redoxsysteme mit Redoxpotenzialgefälle und die Bildung von NADPH+ H<sup>+</sup> berücksichtigt (K11) [5]</p> <p><a href="#">Vergleich des membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in der Atmungskette und der Primärreaktion (E12) (→UV 2)</a></p> <p>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</p> <p><a href="#">Erläuterung des Tracer- Experiments von CALVIN und BENSON zur Aufklärung der Synthesereaktion und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse (E10, E15)</a></p> <p>Ergänzung des Schaubildes zur Fotosynthese durch den stofflichen und</p> |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                               |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                                                    |                           | energetischen Zusammenhang der Teilreaktionen (S2, E9)<br>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   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002</a>                     | Nachweis von Sauerstoff mit Indigocarmin und Natriumdithionit, Versuchsprotokoll und Lösungen                                                |
| 2   | <a href="https://www.bio-logisch-nrw.de/aufgabenarchiv">https://www.bio-logisch-nrw.de/aufgabenarchiv</a>                                                                           | Aufgabe 5 aus dem Jahr 2015 („Alles im grünen Bereich“) beschreibt das einfache und aussagekräftige experimentelle Design mit Efeuplättchen. |
| 3   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002</a>                     | Mikroskopie von Spaltöffnungen: Anleitung und Lösung                                                                                         |
| 4   | <a href="https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Engelmannscher_Bakterienversuch">https://www.chemie-schule.de/KnowHow/Engelmannscher_Bakterienversuch</a>                             | Anschauliche Erklärung und Verlinkung zu einer kurzen Animation                                                                              |
| 5   | <a href="https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/chromatografie-von-chlorophyll-109310">https://medienportal.siemens-stiftung.org/de/chromatografie-von-chlorophyll-109310</a> | Arbeitsmaterial mit Videolink, Differenzierungsmaterial und Lösungen zur Chromatografie von Blattfarbstoffen                                 |
| 6   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5002</a>                     | Modell zur Lichtreaktion: Bauanleitung                                                                                                       |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>UV LK-S4: Fotosynthese – natürliche und anthropogene Prozessoptimierung</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p>                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel</p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)</li> <li>• Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)</li> </ul> | <p><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b></p> <p>Stoff- und Energieumwandlung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen</li> </ul> <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zelldifferenzierung bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen</li> </ul> |

| <p>• Inhaltliche Aspekte</p>                                                                                                                                                                                                                                                      | <p>Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br/>Schülerinnen und Schüler...</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <p>Sequenzierung: Leitfragen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Funktionale Anpassungen: Blattaufbau</li> <li>• C<sub>4</sub>-Pflanzen <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stofftransport zwischen Kompartimenten</li> </ul> </li> <li>• Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen die Sekundärvorgänge bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen und erklären diese mit der Anpassung an unterschiedliche Standortfaktoren (S1, S5, S7, K7),</li> <li>• beurteilen und bewerten multiperspektivisch Zielsetzungen einer biotechnologisch optimierten Fotosynthese im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung (E17, K2, K13, B2, B7, B12)</li> </ul> | <p><b>Welche morphologischen und physiologischen Anpassungen ermöglichen eine effektive Fotosynthese an heißen und trockenen Standorten?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> <p><b>Inwiefern können die Erkenntnisse aus der Fotosyntheseforschung zur Lösung der weltweiten CO<sub>2</sub>-Problematik beitragen?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p> | <p>Kontext:</p> <p><b>Verhungern oder Verdursten? – Anpassungen bei Mais und Hirse</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <p>Erläuterung der Standortfaktoren von C<sub>4</sub>-Pflanzen, Hypothesenbildung zu Anpassungen, auch unter Berücksichtigung der höheren FS-Leistung</p> <p>Identifizierung der anatomischen Unterschiede im schematischen Blattquerschnitt von C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen und Beschreibung der physiologischen Unterschiede</p> <p>Erläuterung der höheren Fotosyntheseleistung der C<sub>4</sub>-Pflanzen an warmen, trockenen Standorten, dabei Fokussierung auf die unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Affinität der Enzyme PEP-Carboxylase und Rubisco</p> <p>fakultativ: Vergleich verschiedener Fotosyntheseformen inklusive CAM</p> <p>Kontext:</p> <p><b>Künstliche Fotosynthese – eine Maßnahme gegen den Klimawandel?</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• angeleitete Recherche zu einem Entwicklungsprozess der künstlichen Fotosynthese mit den Zielen der Fixierung überschüssigen Kohlenstoffdioxids und der Produktion nachhaltiger Rohstoffe (K2) [1,2]</li> <li>• Reflexion der Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung (E17)</li> </ul> |

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

#### Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

| <b>UV LK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen</b><br><b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b><br><b>Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                       |                                                                                                        | <b>Fachschaftsinterne Absprachen:</b><br><br>Exkursion zu einer schulnahen Wiese                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br><br>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliches Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und quantitative und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal<br><br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br><br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)<br>Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)<br>Informationen aufbereiten (K) |                                                                                                                                                       |                                                                                                        | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br><br>Struktur und Funktion:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>Kompartimentierung in Ökosystemebenen</li> </ul><br>Steuerung und Regelung:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz</li> </ul><br>Individuelle und evolutive Entwicklung:<br><ul style="list-style-type: none"> <li>Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| • Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                    | Sequenzierung: Leitfragen                                                                              | <b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5-7, K8).</li> </ul> | <b>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?</b><br>(ca. 3 Ustd.) | Kontext:<br><b>Modellökosysteme, z. B. Flaschengarten</b><br>Zentrale Unterrichtssituationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ SI)</li> <li>Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem mit Hilfe einer Concept Map</li> <li>Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8)</li> <li>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)</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Einfluss ökologischer Faktoren auf</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und</li> </ul>                                      | <b>Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die</b>                                                      | Kontext:<br><b>Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



| Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                                                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sequenzierung: Leitfragen                                                                                          | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen,</li> <li>Erfassung ökologischer Faktoren und quantitative und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8).</li> <li>analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</li> </ul> | <p><b>Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?</b><br/>(ca. 4 Ustd.)<br/>+ Exkursion</p> | <p>Erklärung der Einnischung (K7,8)</p> <p>Kontext:<br/><b>Fettwiese oder Magerrasen? – Zeigerarten geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen</b></p> <p>Zentrale Unterrichtssituationen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Exkursion im Schulumfeld, Bestimmung und quantitative Erfassung von Arten und Einführung in das Prinzip des Biomonitorings, z.B. anhand einer Flechtenkartierung oder der Ermittlung von Zeigerpflanzen [1] (E4, E7–9)</li> <li>Sensibilisierung für den Zusammenhang von Korrelation und Kausalität beim Biomonitoring (K8) und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses</li> <li>Ableitung von Handlungsoptionen für das untersuchte Ökosystem (E15)</li> <li>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]</li> </ul> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                                                                                         | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                  |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.researchgate.net/publication/235710596_Zeigwerte_von_Pflanzen_in_MittelEuropa">https://www.researchgate.net/publication/235710596_Zeigwerte_von_Pflanzen_in_MittelEuropa</a>                                                           | Erläuterungen zu Zeigerwerten von Moosen und Flechten. Zeigerwerte zu Gefäßpflanzen sind hingegen in verschiedenen Quellen leicht zu recherchieren.<br>(ggf. URL in Browserzeile kopieren) |
| 2   | <a href="https://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/lehrer/Lehrmaterial/landwirtschaft/10_bsa_lw_gruenland_ua.pdf">https://www.oekolandbau.de/fileadmin/redaktion/dokumente/lehrer/Lehrmaterial/landwirtschaft/10_bsa_lw_gruenland_ua.pdf</a> | Unterrichtsmaterial und Recherchetipps zu intensiv und extensiv genutztem Grünland (z.B. tabellarischer Vergleich auf S. 10)                                                               |
| 3   | <a href="http://eh-da-flaechen.de/index.php/eh-da-flaechen/was-sind-eh-da-flaechen">http://eh-da-flaechen.de/index.php/eh-da-flaechen/was-sind-eh-da-flaechen</a>                                                                                           | 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

[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]

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

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



Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

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

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



Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LIS 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.]*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV LK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information</b><br><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b><br>Zeitbedarf: ca. 28 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                                                                                                          | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b><br>Besuch eines molekularbiologischen Labors und Durchführung von PCR und Gelelektrophorese                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens, <a href="#">Fachliche Verfahren: PCR, Gelelektrophorese</a><br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)<br>Informationen aufbereiten (K) | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Struktur und Funktion:<br>Kompartimentierung bei der eukaryotischen Proteinbiosynthese<br>Stoff- und Energieumwandlung:<br>Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese<br>Information und Kommunikation:<br>Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese |

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                            | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                       | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                        | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Speicherung und Realisierung genetischer Information:<br>Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation | leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10).<br>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6). | – <b>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?</b><br>– (ca. 4 Ustd.)<br>– <b>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?</b><br>– (ca. 8 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung</b><br><b>zentrale Unterrichtssituationen:</b><br>Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA ( $\rightarrow$ SI, $\rightarrow$ EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4]<br>Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STRAHL-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2]<br>Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos<br>Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynukleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)<br><b>Kontext:</b><br><b>Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten</b><br><b>zentrale Unterrichtssituationen:</b><br>Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau von Proteinen ( $\rightarrow$ EF) und Erarbeitung des |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                    | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                          | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     | <p>deuten Ergebnisse von Experimenten zum Ablauf der Proteinbiosynthese (u. a. zur Entschlüsselung des genetischen Codes) (S4, E9, E12, K2, K9).</p> <p>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</p> | <p>–</p> <p>– <b>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten?</b></p> <p>– (ca. 5 Ustd.)</p> | <p>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)</p> <p>Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen</p> <p>Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache</p> <p>Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien</p> <p>Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema</p> <p>Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</p> <p>Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA</p> <p>Analyse der Experimente von MATTHAEI und NIRENBERG zur Entschlüsselung des genetischen Codes nach dem naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung [3] und ggf. weiterer Experimente</p> <p>Reflexion der Fragestellungen und Methoden der ausgewählten Experimente zum Ablauf der Proteinbiosynthese (z. B. hinsichtlich der technischen Möglichkeiten)</p> <p>Kontext:</p> <p><b>Transkription und Translation bei Eukaryoten</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <p>Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten</p> <p>Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation</p> <p>Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten</p> <p>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</p> |

| Inhaltliche Aspekte                                                                  | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                       | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                            | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen | erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?</b></li> <li>– (ca. 5 Ustd.)</li> </ul>              | <p>Energieumwandlung)</p> <p>Kontext:<br/> <b>Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:<br/> Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ SI, → EF)</p> <p>Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus)</p> <p>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)</p> <p>Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblen Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen</p> <p>Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien</p> |
| PCR<br>Gelelektrophorese                                                             | erläutern PCR und Gelelektrophorese unter anderem als Verfahren zur Feststellung von Genmutationen (S4, S6, E8–10, K11). | <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Mit welchen molekularbiologischen Verfahren können zum Beispiel Genmutationen festgestellt werden?</b></li> <li>– (ca. 6 Ustd.)</li> </ul> | <p>Kontext:<br/> <b>Analyse von Genmutationen (z. B. SARS-CoV-2-Mutanten, Diagnose von Gendefekten oder Resistenzen) [5]</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:<br/> Erläuterung der PCR-Methode unter Berücksichtigung der Funktionen der Komponenten eines PCR-Ansatzes und des Ablaufs der PCR [6]</p> <p>Diskussion der möglichen Fehlerquellen und der Notwendigkeit von Negativkontrollen bei Anwendungen der PCR</p> <p>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]</p>                                                                                                                                               |

## Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                       | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt3.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt3.html</a> | 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   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt4.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt4.html</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 3   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt5.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul1_arbeitsblatt5.html</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4   | <a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie">https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie</a>                 | IQB-Seite mit Lernaufgaben: Aufgabe „DNA-Modelle“ bietet Material zur Erkenntnisgewinnungskompetenz in Bezug auf verschiedene Modelldarstellungen zur DNA                                                                                                                                                                                                                                             |
| 5   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6078">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6078</a>           | 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   | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=cqSTjJVO-il">https://www.youtube.com/watch?v=cqSTjJVO-il</a>                                                                     | Video zur PCR des Max-Planck-Instituts für Molekulare Pflanzenphysiologie (Potsdam)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 7   | <a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie">https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie</a>                 | 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

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

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

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                          | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                                                           | – Sequenzierung: Leitfragen                                                      | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung, Histonmodifikation, RNA-Interferenz | erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).<br>erläutern die Genregulation bei Eukaryoten durch RNA-Interferenz und Histon-Modifikation anhand von Modellen (S5, S6, E4, E5, K1, K10). | – <b>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?</b><br>– (ca. 10 Ustd.) | Kontext:<br><b>Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung</b><br>zentrale Unterrichtssituationen:<br>Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität<br>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)<br>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]<br>Erläuterung des natürlichen Mechanismus der RNA-Interferenz bei Pflanzen und Tieren anhand einer erarbeiteten Modellierung ausgehend von verschiedenen Darstellungen und Präsentation der Ergebnisse [2] |

| Inhaltliche Aspekte                                                                     | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                    | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                            | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Krebs:<br>Krebszellen,<br>Onkogene und Anti-<br>Onkogene,<br>personalisierte<br>Medizin | <p>begründen Eigenschaften von Krebszellen mit Veränderungen in Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen (Tumor-Suppressor-Genen) (S3, S5, S6, E12).</p> <p>begründen den Einsatz der personalisierten Medizin in der Krebstherapie (S4, S6, E14, K13).</p> | <p>– <b>Wie können zelluläre Faktoren zum ungehemmten Wachstum der Krebszellen führen?</b></p> <p>– (ca. 6 Ustd.)</p> <p>– <b>Welche Chancen bietet eine personalisierte Krebstherapie?</b></p> <p>– (ca. 4 Ustd.)</p> | <p>Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung</p> <p><i>Kontext:</i><br/> <b>Krebsentstehung als Deregulation zellulärer Kontrolle des Zellzyklus [3]</b><br/> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/> Aktivierung von Vorwissen zur Bedeutung des Zellzyklus und Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)<br/> Erläuterung der Eigenschaften von Krebszellen und medizinischer Konsequenzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen (Basiskonzept Steuerung und Regelung)<br/> Modellierung der Wirkweise der von Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen codierten Faktoren (wie etwa RAS und p53) in Bezug auf die Kontrolle des Zellzyklus<br/> Formulierung von Hypothesen zu deren Fehlfunktion aufgrund von Mutationen unter Bezug auf Mechanismen der Genregulation (Basiskonzept Steuerung und Regelung) unter Einbezug der verschiedenen Systemebenen</p> <p><i>Kontext:</i><br/> <b>Krebstherapie: Ermöglicht eine Personalisierung die Vermeidung von Nebenwirkungen?</b><br/> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br/> Aktivierung von Vorwissen zur Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)<br/> Erläuterung der Nebenwirkungen von Zytostatika ausgehend von generellen Eigenschaften der Tumorzellen<br/> Formulierung von Hypothesen zu Therapieansätzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen und der Verminderung von Nebenwirkungen bei systemischer Behandlung<br/> 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</p> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=xshPL5hU0Kg&amp;t=104s">https://www.youtube.com/watch?v=xshPL5hU0Kg&amp;t=104s</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Max-Planck-Video Epigenetik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2   | <a href="https://www.youtube.com/watch?v=cL-lZnpY6Qg">https://www.youtube.com/watch?v=cL-lZnpY6Qg</a>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Max-Planck-Video RNA-Interferenz                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5648">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5648</a>                                                                                                                                                                                                                                                                           | Arbeitsblätter und Materialien der SINUS-Gruppe zur Erarbeitung der Deregulation des Zellzyklus bei Krebszellen                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4   | <a href="https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Pharmakovigilanz/DE/RV_S TP/a-f/fluorouracil-neu.html">https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Pharmakovigilanz/DE/RV_S TP/a-f/fluorouracil-neu.html</a><br><a href="https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30348537/">https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30348537/</a><br><a href="https://cdrjournal.com/article/view/2994">https://cdrjournal.com/article/view/2994</a> | Genotypisierung vor Behandlung mit 5-Fluorouracil bzw. Capecitabin zur Feststellung der passenden Dosierung des Wirkstoffs                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 5   | <a href="https://www.aerzteblatt.de/archiv/105880/Personalisierte-Medizin-in-der-Onkologie-Fortschritt-oder-falsches-Versprechen">https://www.aerzteblatt.de/archiv/105880/Personalisierte-Medizin-in-der-Onkologie-Fortschritt-oder-falsches-Versprechen</a>                                                                                                                                                                             | Übersichtsartikel zu personalisierter Medizin                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 6   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt5.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt5.html</a>                                                                                                                                                                                                                                                                 | 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

*[Diese Liste/Diese Veröffentlichung/Dieses Angebot enthält Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalte QUA-LiS 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.]*

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV LK-G3: Humangenetik, Gentechnik und Gentherapie</b><br><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b><br>Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens, <b>Fachliche Verfahren: Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren</b><br><br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)<br>Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B) | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Information und Kommunikation:<br>Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese<br><br>Steuerung und Regelung:<br>Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität |

| Inhaltliche Aspekte                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                 | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                       | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Genetik menschlicher Erkrankungen:<br>Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie | analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8).                    | – <b>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?</b><br>– (ca. 4 Ustd.)                           | <b>Kontext:</b><br><b>Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen</b><br><b>zentrale Unterrichtssituationen:</b><br>Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF)<br>Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse<br>Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen<br>ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1] |
| Gentechnik:<br>Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren                  | erklären die Herstellung rekombinanter DNA und nehmen zur Nutzung gentechnisch veränderter Organismen Stellung (S1, S8, K4, K13, B2, B3, B9, B12). | <b>Wie wird rekombinante DNA hergestellt und vermehrt?</b><br>– <b>Welche ethischen Konflikte treten bei der Nutzung gentechnisch veränderter</b> | <b>Kontext:</b><br><b>Insulinproduktion durch das Bakterium <i>Escherichia coli</i></b><br><b>zentrale Unterrichtssituationen:</b><br>Erläuterung der Eigenschaften und Funktionen von gentechnischen Werkzeugen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

| Inhaltliche Aspekte                                                                         | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                        | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                         | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Genetik menschlicher Erkrankungen:<br>Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie | bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen <b>und nehmen zum Einsatz gentherapeutischer Verfahren Stellung</b> (S1, K14, B3, B7–9, B11). | <p><b>Organismen auf?</b></p> <p>– (ca. 8 Ustd.)</p><br><p><b>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?</b></p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p> | <p>wie Restriktionsenzymen, DNA-Ligase und den Grundelementen eines bakteriellen Vektors sowie der Herstellung rekombinanter DNA und ihrer Vermehrung in Bakterien, ggf. Blau-Weiß-Selektion</p> <p>Ableitung der erhöhten Komplexität der gentechnischen Manipulation eukaryotischer Systeme</p> <p>Diskussion der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen unter Berücksichtigung des Erhalts der Biodiversität, ökonomischer Aspekte, politischer und sozialer Perspektiven, ggf. Einbindung von [2]</p> <p>Reflexion des Entscheidungsprozesses mit Unterscheidung zwischen deskriptiven und normativen Aussagen sowie Berücksichtigung der Intention der verwendeten Quellen</p><br><p>Kontext:</p> <p><b>Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose)</b></p> <p>zentrale Unterrichtssituationen:</p> <p>Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen</p> <p>Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen</p> <p>Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive</p> <p>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</p> |

Weiterführende Materialien:

| Nr. | URL / Quellenangabe                                                                                                                                                       | Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | <a href="http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt2.html">http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt2.html</a> | 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   | <a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie">https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie</a>                 | IQB-Seite mit Lernaufgaben: Die Aufgabe „Transgener Bt-Mais“ bietet insbesondere Materialien zur Entwicklung der Bewertungskompetenz, die gentechnischen Grundlagen wurden adressatengerecht vereinfacht.                                                                                                                                                                                             |
| 3   | <a href="https://www.mpg.de/10766665/crispr-cas9">https://www.mpg.de/10766665/crispr-cas9</a>                                                                             | CRISPR-Cas Film Max-Planck-Gesellschaft                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4   | <a href="https://www.transgen.de/forschung/2564.crispr-genome-editing-pflanzen.html">https://www.transgen.de/forschung/2564.crispr-genome-editing-pflanzen.html</a>       | CRISPR-Cas Seite Genom-Editierung Pflanzen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

|                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV LK-E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie</b><br><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b><br>Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                  | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b><br>ggf. Zoobesuch                                                                                 |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Entstehung und Entwicklung des Lebens<br><br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Biologische Sachverhalte betrachten (S)<br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Informationen aufbereiten (K) | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Individuelle und evolutive Entwicklung:<br>Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |

| Inhaltliche Aspekte                                                                                       | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                  | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift                   | begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).                                    | <b>Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?</b><br>(ca. 6 Ustd.)                                                                                                                                                                                                                       | <b>Kontext:</b><br><b>Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen<br>Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion<br>Analyse der Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelvielfalt von Populationen<br>Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimer und proximaler Ursachen und der Vermeidung finaler Begründungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness | erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8). | <b>Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Angepasstheiten?</b><br>(ca. 2 Ustd.)<br><b>Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?</b><br>(ca. 3 Ustd.)<br><br><b>Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären?</b><br>(ca. 3 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwen-Kolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1]<br>Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximaler und ultimer Ursachen und Vermeidung finaler Begründungen [1]<br>Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen<br><br><b>Kontext:</b><br><b>Rothirsch-Geweih und Pfauenrad</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus<br>Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen<br>Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimer und proximaler Ursachen |

| Inhaltliche Aspekte                                                                  | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                  | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                             | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten | erläutern das Fortpflanzungsverhalten von Primaten datenbasiert auch unter dem Aspekt der Fitnessmaximierung (S3, S5, E3, E9, K7).                  | <b>Wie lassen sich die Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten erklären?</b><br>(ca. 4 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Variabilität der Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>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]<br>Erläuterung der endogenen und exogenen Ursachen von Fortpflanzungsverhalten unter der Berücksichtigung proximaler und ultimativer Erklärungen und der Vermeidung finaler Begründungen                                                                                                                                                                                |
| Synthetische Evolutionstheorie: Koevolution                                          | erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8). | – <b>Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?</b><br>– (ca. 2 Ustd.)                              | <b>Kontext:</b><br><b>Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution)</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen<br>Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimativer und proximaler Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen<br>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   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6079">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6079</a> | 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.                                                               |
| 2   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6080">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6080</a> | 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. |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>UV LK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft</b><br><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b><br>Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>                                                                                                   |
| <b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b><br>Entstehung und Entwicklung des Lebens<br><br><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b><br>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)<br>Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)<br>Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)<br>Informationen aufbereiten (K) | <b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b><br>Individuelle und evolutive Entwicklung:<br>Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels |

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                          | – Sequenzierung: Leitfragen                                                            | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Stammbäume und Verwandtschaft:<br>Artbildung,<br>Biodiversität,<br>populationsgenetischer Artbegriff,<br>Isolation | erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7). | – <b>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?</b><br>– (ca. 4 Ustd.) | Kontext:<br><b>Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln</b><br>zentrale Unterrichtssituationen:<br>Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache<br>Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen<br>Ableitung des populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung<br>Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen<br>Reflexion der ultimativen und proximalen Ursachen für Artwandel und Artbildung und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der genutzten Modelle |

| Inhaltliche Aspekte                                                     | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                    | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                   | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale | deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8). | <b>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?</b><br>(ca. 3 Ustd.)                                       | <b>Kontext:</b><br><b>Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese<br>Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen<br>Ableitung phylogenetischer Verwandtschaften auf Basis des Sparsamkeitsprinzips und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen   |
|                                                                         | analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).                      | – <b>Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?</b><br>– (ca. 4 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche [1]<br>Deutung der molekularen Ähnlichkeiten des Kollagens und Analyse des phylogenetischen Stammbaums unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen<br>Erläuterung der Verwendung morphologischer und molekularer Daten zur Erstellung von Stammbäumen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen |
|                                                                         | deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12,      | – <b>Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?</b><br>– (ca. 3 Ustd.)                                                               | <b>Kontext:</b><br><b>Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| Inhaltliche Aspekte                                                                        | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                   | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                              | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen | K8).<br><br>begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5). | – <b>Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?</b><br>– (ca. 2 Ustd.) | 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<br><br>Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung)<br><br>Kontext:<br><b>Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft</b><br>zentrale Unterrichtssituationen:<br>Erläuterung der Merkmale naturwissenschaftlicher Theorien unter Berücksichtigung der Evidenzbasierung sowie Begründung der Einordnung des Intelligent Design als Pseudowissenschaft<br><br>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   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6092">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6092</a> | 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   | <a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6077">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6077</a> | Dieses Zusatzmaterial erläutert durch Sachinformationen für Lehrkräfte, wie ausgehend von einer vorliegenden Klausuraufgabe die konvergente Entwicklung molekularer Anpassungen im Unterricht erarbeitet werden kann.                                    |

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

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

| Inhaltliche Aspekte                                                                                                                                                | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler...                                                                                                                                                                                        | – Sequenzierung: Leitfragen                                                                                                                                                                                                                                                | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Evolution des Menschen und kulturelle Evolution: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen, Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung | diskutieren wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution auch unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit (S4, E9, E12, E15, K7, K8).<br><br>die Bedeutung der kulturellen Evolution für soziale Lebewesen analysieren (E9, E14, K7, K8, B2, B9). | – <b>Wie kann die Evolution des Menschen anhand von morphologischen und molekularen Hinweisen nachvollzogen werden?</b><br>– (ca. 7 Ustd.)<br><br>– <b>Welche Bedeutung hat die kulturelle Evolution für den Menschen und andere soziale Lebewesen?</b><br>– (ca. 3 Ustd.) | <b>Kontext:</b><br><b>Stammbusch des Menschen – ein dynamisches Modell</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Formulierung von Hypothesen zu morphologischen Anpassungen des modernen Menschen an den aufrechten Gang im Vergleich zum Schimpanse unter Berücksichtigung proximaler und ultimer Erklärungen und Vermeidung finaler Begründungen<br>Erläuterung von Trends in der Hominidenevolution auf Basis von Schädelvergleichen und Reflexion der Vorläufigkeit der Erkenntnisse aufgrund der lückenhaften Fossilgeschichte<br>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<br><br><b>Kontext:</b><br><b>Kultur und Tradition – typisch Mensch?</b><br><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i><br>Erläuterung der Begriffe Kultur und Tradition im Kontext der Humanevolution mit Einbezug des Werkzeuggebrauchs und der Sprachentwicklung unter Unterscheidung funktionaler und kausaler Erklärungen |

| Inhaltliche Aspekte | Konkretisierte Kompetenzerwartungen<br>Schülerinnen und Schüler... | – Sequenzierung: Leitfragen | Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                                                    |                             | Reflexion ultimer und proximer Erklärungen zur kulturellen Evolution des Menschen unter Vermeidung finaler Begründungen<br>Analyse von Kommunikation und Tradition bei sozial lebenden Tieren<br>(Werkzeuggebrauch bei Schimpansen, Jagdtechniken bei Orcas oder Delfinen)<br>und multiperspektivische Diskussion ihrer Bedeutung |

## Glossar

Kursiv = fakultativ

BNE = Bildung zur Nachhaltigen Entwicklung

MKR = Medienkompetenzrahmen

VB = Verbraucherbildung aus Leitlinie Bildung für nachhaltige Entwicklung, Schule in NRW Nr. 9052, Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 9052, 1. Auflage 2019

KLP = Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen Biologie, Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 3413 1. Auflage 2019

LC = Lesecurriculum

ES = Europaschule

WS = Wochenstunde

Grüne Markierung: Ergänzungen aus der Fachschaft

Blaue Markierung: nur im LK

## **2.2 Grundsätze der fachdidaktischen und fachmethodischen Arbeit**

Die Fachschaft Biologie hat sich unter Rückgriff auf den Kernlehrplan Biologie des Landes NRW auf die folgenden fachlichen Grundsätze geeinigt:

- 1.) Der Biologieunterricht orientiert sich an den im gültigen Kernlehrplan ausgewiesenen, obligatorischen Kompetenzen.
- 2.) Der Biologieunterricht ist problemorientiert und an Unterrichtsvorhaben und Kontexten ausgerichtet. Die Problemstellungen sind authentisch und motivierend. Hinsichtlich der Komplexität sind sie altersgemäß eingegrenzt und angepasst.
- 3.) Der Biologieunterricht ist lerner- und handlungsorientiert, d.h. im Fokus steht das Erstellen von Lernprodukten durch die Lerner.
- 4.) Der Biologieunterricht ist kumulativ, d.h. er knüpft an die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden an und ermöglicht das Erlernen von neuen Kompetenzen.
- 5.) Der Biologieunterricht fördert vernetzendes Denken und zeigt dazu eine über die verschiedenen Organisationsebenen bestehende Vernetzung von biologischen Konzepten und Prinzipien mithilfe von Basiskonzepten auf.
- 6.) Der Biologieunterricht ist fachübergreifend anschlussfähig. Er zeigt zentrale Ideen und Konzepte unter Nutzung von Synergien zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern auf.
- 7.) Der Biologieunterricht folgt dem Prinzip der Exemplarizität und gibt den Lernenden die Gelegenheit, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten möglichst anschaulich in den ausgewählten Problemen zu erkennen.
- 8.) Der Biologieunterricht bietet nach Produkt-Erarbeitungsphasen immer auch Phasen der Metakognition, in denen zentrale Aspekte von zu erlernenden Kompetenzen reflektiert werden.
- 9.) Im Biologieunterricht spielen Experimente eine wichtige Rolle. Experimente werden überlegt und zielgerichtet eingesetzt und dienen dem Erkenntnisprozess und der Klärung von Fragestellungen. Systematisch versucht der Biologieunterricht bei den Schülerinnen und Schülern nach und nach Kompetenzen zur selbstständigen Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten aufzubauen.
- 10.) Der Biologieunterricht schafft, wenn möglich, Begegnungen mit dem lebendigen Objekt (z.B. durch Nutzung der Präparate in der Sammlung) und ermöglicht den Aufbau einer unmittelbaren Beziehung zur Natur (z.B. durch Unterrichtsgänge).
- 11.) Der Biologieunterricht verfolgt das Ziel, alle Lernenden kognitiv zu aktivieren, indem es eine Variation hinsichtlich der Lernaufgaben und Lernformen gibt. Im Sinne der individuellen Förderung werden sowohl Lernhilfen im Hinblick auf Lernschwierigkeiten als auch herausfordernde zusätzliche Angebote für besonders leistungsstarke Schülerinnen und Schüler bereitgehalten.
- 12.) Im Biologieunterricht kommen immer wieder auch kooperative Lernformen zum Einsatz, die die Interaktion und Kommunikation der Schülerinnen und Schüler in fachlichen Kontexten fördern.
- 13.) Der Biologieunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen für die Lerner transparent.
- 14.) Im Biologieunterricht werden Diagnoseinstrumente zur Feststellung des jeweiligen Kompetenzstandes der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrkraft, aber auch durch den Lerner selbst eingesetzt.
- 15.) Der Biologieunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung.
- 16.) Digitale Medien und Werkzeuge werden im Biologieunterricht u.a. zur Verständnisförderung und Unterstützung des Lernprozesses (z.B. bei der Erarbeitung eines Gegenstands) sowie zur Erstellung von Lernprodukten (z.B. Erklärvideos, Präsentationen, usw.) genutzt.

- 17.) Der Biologieunterricht bietet die Gelegenheit zum selbstständigen Wiederholen und Aufarbeiten von verpassten Unterrichtsstunden, indem z.B. der Kursraum in IServ zum Bereitstellen von Unterrichtsmaterialien für erkrankte Schülerinnen und Schüler genutzt wird.

## 2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung

Das HVG möchte die Leistungsüberprüfung und –bewertung so transparent, realistisch und nachvollziehbar wie möglich gestalten. Hierzu hat die Fachkonferenz auf Grundlage von § 48 SchulG und § 13 APO-GOST sowie den Angaben in Kapitel 3 Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung des Kernlehrplans die folgenden Vereinbarungen zu Bewertungskriterien sowie deren Gewichtung getroffen:

1. Die Leistungsüberprüfung orientiert sich sowohl an **festgelegten Normen** als auch an den tatsächlich **erreichten Ergebnissen**. Dabei ist sie nicht allein auf den kognitiven Bereich ausgerichtet, also auf die Wiedergabe von Sachverhalten aus einem abgegrenzten Themenfeld, sondern soll vor allem problemlösendes Denken fördern und den Aufbau von neuen Kompetenzen ermöglichen, also alltagstauglich sein. Der Sinn einer Prüfung soll den Schülerinnen und Schülern deutlich sein und sie sollen erfahren, was sie bereits beherrschen und in welchen Bereichen sie sich noch verbessern können bzw. müssen. In diesem Sinne orientiert sich die Leistungsbewertung am HVG zunächst vor allem an bereits vorhandenen **Stärken**. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Möglichkeit haben, Gelerntes erfolgreich anzuwenden und die Fehler zu nutzen, sich weiter zu verbessern. Es geht also grundsätzlich eher um das „Heben von Schätzen“ als um die Suche nach Defiziten.

2. Auf der **inhaltlich-fachlichen sowie auf der methodisch-strategischen Ebene** können Leistungen in **drei Anforderungsbereiche** unterteilt werden, die in der Praxis in enger Beziehung zueinander stehen. Im ersten Anforderungsbereich geht es darum, eine Sache zu wissen bzw. zu beherrschen und wiedergeben zu können. Im zweiten Anforderungsbereich kommt es darauf an, das Wissen anzuwenden, indem es z.B. auf die Lösung einer anderen Fragestellung übertragen wird. Im dritten Anforderungsbereich geht es schließlich darum, sich noch weiter vom ursprünglichen Lerngegenstand zu lösen und einen Sachverhalt umfassender zu begründen, zu beurteilen oder abzuwägen, Probleme zu vernetzen und neue Fragen zu stellen.

3. Weiterhin sind die **sozial-kommunikativen Lernziele** zu berücksichtigen und werden natürlich ebenfalls bewertet. Zuhören, im Team arbeiten, sich in andere einfühlen, Konflikte lösen, präsentieren oder Gespräche leiten sind Schlüsselqualifikationen, die im Arbeitsleben und allen anderen sozialen Gemeinschaften von zentraler Bedeutung sind. Sie müssen deshalb auch in der Schule trainiert und entwickelt werden.

4. Neben der Norm- und Ergebnisorientierung ist bei der Leistungsbeurteilung der Bezug zur **individuellen Förderung** wichtig. Dabei geht es darum, ganz persönliche Lernfortschritte, aber auch Entwicklungsbedarfe aufzuzeigen und Anreize für die weitere eigene Lernentwicklung zu geben. In diesem Zusammenhang spielt auch die eigene **Anstrengungsbereitschaft** eine wichtige Rolle.

5. Man muss sich darüber bewusst sein, dass die Leistungsbewertung in der Schule bis zu einem gewissen Grad auch über die Zukunftschancen der Schülerinnen und Schüler entscheidet und ihr damit auch eine **Selektionsfunktion** zukommt. Deshalb

ist es wichtig, neben der regelmäßigen Fremdbeurteilung auch immer wieder Anlässe zur **Selbsteinschätzung** zu schaffen, um zu lernen, die eigene Leistung realistisch wahrzunehmen und zunehmend selbstständig verbessern zu können.

6. Schließlich hat Leistungsbeurteilung auch eine **Kontrollfunktion**, denn das Arbeitsverhalten und die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler müssen von den Lehrkräften regelmäßig überprüft werden. Dabei gilt es u.a. herauszufinden, ob die erwarteten Unterrichtsziele erreicht werden konnten und welche Fördermaßnahmen und Verbesserungen für den weiteren Lernprozess ggf. sinnvoll sind.

### Beurteilungsbereich: Sonstige Mitarbeit

Folgende Aspekte sollen bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit u.a. eine Rolle spielen:

- Verfügbarkeit biologischen Grundwissens
- Sicherheit und Richtigkeit in der Verwendung der biologischen Fachsprache
- Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen (z. B. beim Aufstellen von Hypothesen, bei Planung und Durchführung von Experimenten, beim Umgang mit Modellen, ...)
- Zielgerichtetheit bei der themenbezogenen Auswahl von Informationen und Sorgfalt und Sachrichtigkeit beim Belegen von Quellen
- Sauberkeit, Vollständigkeit und Übersichtlichkeit der Unterrichtsdokumentation, ggf. Portfolio
- Sachrichtigkeit, Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Ziel- und Adressatenbezogenheit in mündlichen und schriftlichen Darstellungsformen, auch mediengestützt
- Sachbezogenheit, Fachrichtigkeit sowie Differenziertheit in verschiedenen Kommunikationssituation (z. B. Informationsaustausch, Diskussion, Feedback, ...)
- Reflexions- und Kritikfähigkeit
- Schlüssigkeit und Differenziertheit der Werturteile, auch bei Perspektivwechsel
- Fundiertheit und Eigenständigkeit der Entscheidungsfindung in Dilemmasituationen

Die folgende Übersicht soll eine knappe Orientierung und beispielhaft Indikatoren hinsichtlich der Zuordnung mündlicher Leistungen zu Notenstufen bieten. Wichtig ist dabei die Feststellung, dass nicht allein die Häufigkeit der Beteiligung den Ausschlag gibt, sondern dass vor allem die Qualität der Beiträge entscheidend ist. Dazu gehört auch die Verwendung einer angemessenen, klaren (Fach-)Sprache.

| Beschreibung                                                                                                                                                                                                                                            | Ergebnis                                                           | Zensur                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- verlässliche und rege freiwillige Mitarbeit im Unterricht</li> <li>- Erkennen des Problems und dessen Einordnung in einen größeren Zusammenhang</li> <li>- sachgerechte und ausgewogene Beurteilung</li> </ul> | Die Leistung entspricht den Anforderungen in ganz besonderem Maße. | Note: 1<br>Punkte: 13-15 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                             |                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| - eigenständige gedankliche Leistung als Beitrag zur Problemlösung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                             |                          |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- verlässliche und rege freiwillige Mitarbeit im Unterricht</li> <li>- Verständnis schwieriger Sachverhalte und deren Einordnung in den Gesamtzusammenhang des Themas</li> <li>- Erkennen des Problems, Unterscheidung zwischen Wesentlichem und Unwesentlichem</li> <li>- Kenntnisse, die über die Unterrichtsreihe hinausreichen</li> </ul> | Die Leistung entspricht in vollem Umfang den Anforderungen.                                                                                                 | Note: 2<br>Punkte: 10-12 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- insgesamt regelmäßige freiwillige Mitarbeit im Unterricht</li> <li>- im Wesentlichen richtige Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus unmittelbar behandeltem Stoff</li> <li>- Verknüpfung mit Kenntnissen des Stoffes der gesamten Unterrichtsreihe</li> </ul>                                                                   | Die Leistung entspricht im Allgemeinen den Anforderungen.                                                                                                   | Note: 3<br>Punkte: 7-9   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- nur gelegentlich freiwillige Mitarbeit im Unterricht</li> <li>- Äußerungen beschränkt auf Wiedergabe einfacher Fakten und Zusammenhänge aus dem unmittelbar behandelten Stoffgebiet</li> <li>- im Wesentlichen richtig</li> </ul>                                                                                                           | Die Leistung weist zwar Mängel auf, entspricht im Ganzen aber noch den Anforderungen.                                                                       | Note: 4<br>Punkte: 4-6   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine freiwillige Mitarbeit im Unterricht</li> <li>- Äußerungen nach Aufforderung nur zum Teil richtig</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                           | Die Leistung entspricht den Anforderungen nicht, einzelne Grundkenntnisse sind jedoch vorhanden und die Mängel können in absehbarer Zeit behoben werden.    | Note: 5<br>Punkte: 1-3   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine freiwillige Mitarbeit im Unterricht</li> <li>- Äußerungen nach Aufforderung falsch</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                         | Die Leistung entspricht den Anforderungen nicht. Selbst Grundkenntnisse sind so lückenhaft, dass die Mängel in absehbarer Zeit nicht behoben werden können. | Note: 6<br>Punkte: 0     |

## Beurteilungsbereich: Klausuren

### Einführungsphase:

1 Klausur im ersten Halbjahr (90 Minuten), im zweiten Halbjahr werden 2 Klausuren (je 90 Minuten) geschrieben.

### **Qualifikationsphase 1:**

2 Klausuren pro Halbjahr (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK), ggf. Ersatz einer Biologieklausur (Q1.2, erste Klausur) durch eine Facharbeit.

### **Qualifikationsphase 2.1:**

2 Klausuren pro Halbjahr (je 135 Minuten im GK und je 180 Minuten im LK).

### **Qualifikationsphase 2.2:**

1 Klausur, die – was den formalen Rahmen angeht – unter Abiturbedingungen geschrieben wird.

Mit den Klausuren sollen die Schülerinnen und Schüler sukzessiv auf die Anforderungen in der Abiturprüfung vorbereitet werden. Sie enthalten Aufgaben, die mithilfe von Operatoren<sup>1</sup> formuliert sind und die drei in Kapitel 4 des Kernlehrplans formulierten Anforderungsbereiche widerspiegeln:

*Anforderungsbereich I* umfasst das Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang, die Verständnissicherung sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren.

*Anforderungsbereich II* umfasst das selbstständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbstständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte

*Anforderungsbereich III* umfasst das Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei wählen die Schülerinnen und Schüler selbstständig geeignete Arbeitstechniken und Verfahren zur Bewältigung der Aufgabe, wenden sie auf eine neue Problemstellung an und reflektieren das eigene Vorgehen.<sup>2</sup>

Während auf den Anforderungsbereich I in etwa 30% des Umfangs einer Biologieklausur entfallen, machen Anforderungsbereich II in etwa 50% und Anforderungsbereich III in etwa 20% aus.

In der Regel bestehen Biologieklausuren aus zwei großen Aufgaben, mit im Grundkurs drei und im Leistungskurs – je nach Komplexitätsgrad – drei bis fünf Teilaufgaben.

Die Leistungsbewertung in den Klausuren wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters („Erwartungshorizont“) durchgeführt, welches neben den inhaltsbezogenen Teilleistungen auch darstellungsbezogene

---

<sup>1</sup> Vgl. Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Übersicht Operatoren Biologie (<https://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/cms/zentralabitur-wbk/faecher/getfile.php?file=2233>, letzter Zugriff 15.01.2023).

<sup>2</sup> Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen: Kernlehrplan für die Sekundarstufe II Biologie 2022, S. 58.

Leistungen ausweist. Dieses Kriterienraster wird den korrigierten Klausuren beigelegt und Schülerinnen und Schülern auf diese Weise transparent gemacht.

Die Zuordnung der Punkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs. Die Note ausreichend soll bei Erreichen von ca. 50 % der Punkte erteilt werden. Eine Absenkung der Note kann gemäß APO-GOST bei häufigen Verstößen gegen die Sprachrichtigkeit vorgenommen werden.

### **Zeugnisnote**

In die Zeugnisnote fließen die Leistungen im Bereich der Sonstigen Mitarbeit und die Leistungen in den Klausuren grundsätzlich zu gleichen Teilen mit ein. Letztlich soll die Note aber nicht rein arithmetisch gebildet werden, sondern immer auch die individuelle Entwicklung des Schülers/der Schülerin in den Blick nehmen.

### **Facharbeit**

Im zweiten Halbjahr der Qualifikationsphase 1 wird die erste Klausur durch eine Facharbeit ersetzt. Die Facharbeit dient dazu, Schüler/-innen mit Prinzipien und Formen selbstständigen und wissenschaftspropädeutischen Arbeitens vertraut zu machen. Bei der Facharbeit handelt es sich um eine umfangreichere schriftliche Arbeit, die selbstständig zu verfassen ist. Am HVG nehmen alle Schülerinnen und Schüler der Qualifikationsphase 1 an einem fachspezifischen Workshop teil, der zur Information und Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler dient. Die Facharbeit wird wie eine Klausur gewertet. Sie wird mithilfe des Bewertungsbogens für Facharbeiten am HVG kriteriengeleitet bewertet.

### **Abiturprüfung**

#### **Schriftliche Abiturprüfung**

Die Aufgaben für die schriftliche Abiturprüfung werden landesweit zentral gestellt. Die jährlichen Abiturvorgaben für das Fach Biologie, die den Kernlehrplan konkretisieren (Fokussierungen), sind auf der Internetseite des Schulministeriums einsehbar.

In der Abiturprüfung erhalten die Schülerinnen und Schüler zwei Aufgaben mit im Grundkurs drei und im Leistungskurs 3-5 Teilaufgaben. Es gibt keine Schülerauswahl. Das Land NRW legt für den Grund- und Leistungskurs eine Aufgabe landesweit fest. Die zweite Aufgabe wird durch die Lehrkraft eines jeden Kurses aus zwei Vorschlägen ausgewählt.

#### **Mündliche Abiturprüfung**

Die Aufgaben für die mündliche Abiturprüfung werden dezentral in Absprache mit dem Fachprüfungsausschuss durch die Kurslehrerin/den Kurslehrer gestellt. Genau wie in der schriftlichen Abiturprüfung enthält die mündliche Abiturprüfung Aufgaben, die die drei Anforderungsbereiche umfassen und lediglich – aufgrund der geringeren Zeit – hinsichtlich des Umfangs eingeschränkt sind. Die mündliche Abiturprüfung beschränkt sich nicht nur auf ein Kurshalbjahr innerhalb der Qualifikationsphase. Eine Auswahlmöglichkeit für die Schülerin bzw. den Schüler besteht nicht. Nach einer

Vorbereitungszeit von dreißig Minuten für die Aufgabe erfolgt die Prüfung durch den Fachprüfungsausschuss, die zwischen zwanzig und dreißig Minuten dauert.

Für jede mündliche Abiturprüfung (im 4. Fach oder bei Abweichungs- bzw. Bestehensprüfungen im 1. bis 3. Fach) wird ein Erwartungshorizont für den ersten und zweiten Prüfungsteil vorgelegt, aus dem auch deutlich die Kriterien für eine gute und eine ausreichende Leistung hervorgehen.

### **Grundsätzliches**

Die Grundsätze der Leistungsbewertung werden regelmäßig auf den Fachkonferenzen diskutiert und ggf. angepasst.

Die Bewertungskriterien für Leistungsbeurteilungen werden den Schülerinnen und Schülern im Vorfeld bekanntgegeben.

Die Leistungsrückmeldung erfolgt in mündlicher Form im Rahmen der Schülerberatungswoche des HVG, die jeweils zum Ende eines Quartals stattfindet. Hier erhalten die Schülerinnen und Schüler eine differenzierte Rückmeldung zum erreichten Lernstand und eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.

## **2.4 Lehr- und Lernmittel**

- Lehrwerke, die an Schülerinnen und Schüler für den ständigen Gebrauch ausgeliehen werden:
- Biologie Oberstufe (Gesamtband), Cornelsen
- Lehrwerke, die im Klassensatz für den temporären Einsatz im Unterricht zur Verfügung stehen:
- Grüne Reihe: Genetik, Schroedel

## **3 Fachübergreifende und außerunterrichtliche Aktivitäten**

Das Hermann-Vöchting-Gymnasium ist als MINT-EC-Schule zertifiziert, was eine fachübergreifende Arbeit in den MINT-Fächern bedingt. Der Fachbereich Biologie arbeitet hier besonders eng mit dem Fachbereich Chemie zusammen. Hieraus resultiert das Angebot Biologie-Chemie im Wahlpflichtbereich II, welches den Schülerinnen und Schülern eine Vertiefung unterrichtlicher Inhalte bzw. die Thematisierung außerunterrichtlicher Inhalte bietet. Ebenso wird auch die enge Verbindung von Sport und Biologie durch das entsprechende Angebot im Wahlpflichtbereich II berücksichtigt. Hinzu ergeben sich mit dem Fach Erdkunde weitere Schnittpunkte (z.B. Regenwald).

Die Fachschaft Biologie fördert die Teilnahme der Schülerinnen und Schüler an jährlichen Wettbewerben, wie der Internationalen Biologie-Olympiade und bio-

logisch. Außerdem werden auch weitere Wettbewerbe, die den Bereich der Biologie betreffen, beworben.

Die Umweltschutz-AG und die MINT-AG bieten interessierten Schülerinnen und Schülern eine weitere Möglichkeit, sich intensiver mit den Naturwissenschaften und ihrer Bedeutung in der Gesellschaft zu beschäftigen.

Der NABU-Ortsverband Blomberg ist ein wichtiger außerschulischer Kooperationspartner. Hieraus ergeben sich zusätzliche, teils außerschulische (Aufräumaktionen, Anbringen von Fledermauskästen, öffentliche NABU-Angebote), aber auch in den Unterricht eingebundene Angebote im Umweltschutz und der Erkundung der Umwelt (Bsp. Aktiver Nistkastenbau, Vogelstimmenexkursion, Besuch eines Imkers).

Experimentelle Laborarbeit wird in Tageskursen am teutolab der Universität Bielefeld an Schülerinnen und Schüler der Oberstufe vermittelt. Hinzu kommen verschiedene Tagesexkursionen, z.B. zur Adlerwarte Berlebeck und einem nahe gelegenen landwirtschaftlichen Betrieb.

## **4 Qualitätssicherung und Evaluation**

Die Fachschaft Biologie hat das Ziel, den Unterricht an unserem Gymnasium zu verbessern und weiterzuentwickeln.

Das Fachkollegium überprüft kontinuierlich, inwieweit die im schulinternen Lehrplan vereinbarten Maßnahmen zum Erreichen der im Kernlehrplan vorgegebenen Ziele geeignet sind.

Die intensive Kommunikation des Fachkollegiums über Unterrichtseinheiten, die gemeinsame Erarbeitung von Materialien und teils auch Klausuren sowie der rege Austausch von im Unterricht bewährten Materialien sind daher für die Fachschaft grundlegend.

Kolleginnen und Kollegen der Fachschaft (ggf. auch die gesamte Fachschaft) nehmen regelmäßig an Fortbildungen teil, um fachliches Wissen zu aktualisieren und pädagogische sowie didaktische Handlungsalternativen zu vertiefen. Zudem werden die Erkenntnisse und Materialien aus fachdidaktischen Fortbildungen und Implementationen zeitnah in der Fachgruppe vorgestellt und für alle verfügbar gemacht.

Die Fachkonferenzen werden kontinuierlich genutzt, um die fachlichen und didaktischen Konzepte zu diskutieren und ggf. anzupassen.

Der Austausch mit Schülerinnen und Schülern (u.a. durch Unterrichtsevaluation) sowie die Ergebnisse der Leistungskontrollen sind ein wichtiges Instrument zur Evaluation und Qualitätsentwicklung des eigenen Unterrichts.

### **Evaluation:**

Eine Evaluation des schulinternen Lehrplans erfolgt regelmäßig. In den Dienstbesprechungen der Fachgruppe zu Schuljahresbeginn werden die Erfahrungen des vorangehenden Schuljahres ausgewertet und diskutiert sowie eventuell notwendige Konsequenzen formuliert.