Schulinterner Lehrplan zum Kernlehrplan für die gymnasiale Oberstufe

Biologie

(Fassung vom 03.08.2023)

Inhalt

Seite

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit 4

2 Entscheidungen zum Unterricht 7

2.1 Unterrichtsvorhaben 7

2.1.1 Übersichtsraster Inhalte und Kompetenzen 7

2.1.2 Mögliche Konkretisierte Unterrichtsvorhaben 7

2.1.2.1 Einführungsphase 8

UV Z1: Aufbau und Funktion der Zelle 9
UV Z2: Biomembranen 13
UV Z3: Mitose, Zellzyklus und Meiose 17
UV Z4: Energie, Stoffwechsel und Enzyme 21

2.1.2.2 Qualifikationsphase – Grundkurs (in Bearbeitung: Fachschaftsinterne Absprachen: werden fortlaufend ergänzt, rot: noch nicht in FK abgestimmt) 25

QUALIFIKATIONSPHASE: GRUNDKURS 25

UV GK-N1: Informationsübertragung durch Nervenzellen 25
UV GK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen 29
UV GK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen 30
UV GK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie 33
UV GK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen 36
UV GK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften 39
UV GK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen 41
UV GK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information 44
UV GK-G2: Humangenetik und Gentherapie 48
UV GK E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie 50
UV GK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft 52

2.1.2.3 Qualifikationsphase – Leistungskurs 55

UV LK-N1: Erregungsentstehung und Erregungsleitung an einem Neuron 55
UV LK-N2: Informationsweitergabe über Zellgrenzen 58
UV LK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen 62
UV LK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen 64

UV LK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie 67
UV LK-S4: Fotosynthese – natürliche und anthropogene Prozessoptimierung 71
UV LK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen 73
UV LK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften 77
UV LK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen 80
UV LK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information 84
UV LK-G2: DNA – Regulation der Genexpression und Krebs 88
UV LK-G3: Humangenetik, Gentechnik und Gentherapie 91
UV LK-E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie 93
UV LK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft 96
UV LK-E3: Humanevolution und kulturelle Evolution 99

2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit 101
2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung 102
2.4 Lehr- und Lernmittel 111

3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen 112

4 Qualitätssicherung und Evaluation 113

1 Rahmenbedingungen der fachlichen Arbeit

Der Fachgruppe Biologie stehen zusammen mit der Fachgruppe Chemie vier Fachräume zur Verfügung, von denen ein Raum als Differenzierungsraum für eigenverantwortliche, experimentelle Schülerarbeiten gestaltet ist.

Die Ausstattung der Sammlung mit Geräten und Materialien für Demonstrationszwecke (DNA-Modelle, Modell einer Nervenzelle, Magnet-Tafelbilder, etc.) ist sehr gut. Durch die Zusammenlegung der Sammlung mit dem Fachbereich Chemie stehen außerdem eine große Menge an Geräten und Chemikalien für Experimente zur Verfügung. Für die Gewässer- und Bodenanalyse sind einige Testkoffer für die Arbeit in Kleingruppen vorhanden. Die Fachkonferenz Biologie stimmt sich bezüglich in der Sammlung vorhandener Gefahrstoffe mit der dazu beauftragten Lehrkraft der Schule ab.

Ein Fachraum ist außerdem mit einer ausreichenden Anzahl regelmäßig gewarteter Lichtmikroskope und Fertigpräparate zu verschiedenen Zell- und Gewebetypen ausgestattet.

In jedem Fachraum gibt es einen fest installierten Beamer sowie eine Dokumentenkamera. Die Biochemie-Sammlung verfügt über zwei eigene Laptops sowie einen Smartboard-PC. Den Schülern können jederzeit internetfähige Laptops oder IPads für digitale Arbeitsaufträge ausgehändigt werden. Für größere Projekte stehen auch zwei Informatikräume mit jeweils 15 Computern zur Verfügung, die im Vorfeld reserviert werden müssen.

Das ländlich gelegene Aggertal-Gymnasium im Oberbergischen Kreis verfügt über eine gute Verkehrsanbindung nach Köln oder Gummersbach. Exkursionen können innerhalb des Oberbergischen Kreises, aber auch im Rheinland problemlos mit dem öffentlichen Nahverkehr durchgeführt werden.

Die Lehrerbesetzung der Schule ermöglicht einen ordnungsgemäßen Fachunterricht in der Sekundarstufe I, ein NW-AG-Angebot und Wahlpflichtkurse mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt (BC Diff).

In der Oberstufe sind durchschnittlich ca. 90 Schülerinnen und Schüler pro Stufe. Das Fach Biologie ist in der Regel in der Einführungsphase mit 3-4 Kursen vertreten. In der Qualifikationsphase können auf Grund der Schülerwahlen in der Regel 2 – 3 Grundkurse und ein Leistungskurs gebildet werden.

Die Verteilung der Wochenstundenzahlen in der Sekundarstufe I und II ist wie folgt:

	G9 (ab 2019/20 aufsteigend)
Jg.	**Fachunterricht von 5 bis 6**
5	BI (2)
6	BI (1)
	Fachunterricht von 7 bis 10

7	-
8	BI (1)
9	BI (2)/ BC Diff (3)
10	BI (2)/ BC Diff (3)
	Fachunterricht in der EF und in der Q
EF	BI (3)
Q1	BI (3/5)
Q2	BI (3/5)

Die Unterrichtstaktung an der Schule folgt einem 45 Minutenraster, wobei angestrebt wird, dass der naturwissenschaftliche Unterricht möglichst in Doppelstunden stattfindet. Die Schule ist eine Ganztagsschule.

Insgesamt werden überwiegend kooperative, die Selbstständigkeit des Lerners fördernde Unterrichtsformen genutzt, sodass ein individualisiertes Lernen in der Sekundarstufe I und II kontinuierlich unterstützt wird. Hierzu eignen sich besonders Doppelstunden. Um die Qualität des Unterrichts nachhaltig zu entwickeln, vereinbart die Fachkonferenz dieses Dokument als vorläufige Arbeitsgrundlage zu verstehen, sie zu erproben und sie in den folgenden Schuljahren weiter zu überarbeiten. Dabei soll sie noch stärker auf die in der Fachschaft und der Schule vorhandenen Materialien und Möglichkeiten konkretisiert werden. Aus diesem Grunde wird am Ende eines Schuljahres überprüft, ob die bisherigen Entwicklungsziele weiterhin gelten und ob Unterrichtsmethoden, Diagnoseinstrumente und Fördermaterialien ersetzt oder ergänzt werden sollen.

Der Biologieunterricht soll Interesse an naturwissenschaftlichen Fragestellungen wecken und die Grundlage für das Lernen in Studium und Beruf in diesem Bereich vermitteln. Dabei werden fachlich und bioethisch fundierte Kenntnisse die Voraussetzung für einen eigenen Standpunkt und für verantwortliches Handeln gefordert und gefördert. Hervorzuheben sind hierbei die Aspekte Ehrfurcht vor dem Leben in seiner ganzen Vielfältigkeit, Nachhaltigkeit, Umgang mit dem eigenen Körper und ethische Grundsätze. Nachhaltigkeit ist auch ein Leitgedanke des Schulkonzepts. Dementsprechend trägt die Schule seit 2014 das Fair Trade-Siegel.

Schülerinnen und Schüler der Schule nehmen bisher unregelmäßig am Wettbewerb „Biologieolympiade“ und „Jugend forscht/Schüler experimentieren“ teil. Eine stärkere Förderung der Teilnahme wird angestrebt.

Folgende Kooperationen bestehen an der Schule:

- BAV – Bergischer Abfallwirtschaftsverband mit dem außerschulischen Lernort METABOLON und dem zdi-Schülerlabor MINT LAB

Folgende Exkursionen werden regelmäßig in der Sekundarstufe II in den Unterricht integriert:

- Genetik-Schülerlabor bzw. Science to class
- Kläranlage der Gemeinde Engelskirchen
- Neanderthal-Museum und Werkstatt
- Gewässeranalyse der Agger und des Schulbiotops

- Kölner Zoo/Zooschule

2 Entscheidungen zum Unterricht

2.1 Unterrichtsvorhaben

Die Darstellung der Unterrichtsvorhaben im schulinternen Lehrplan besitzt den Anspruch, sämtliche im Kernlehrplan angeführten Kompetenzen auszuweisen. Dies entspricht der Verpflichtung jeder Lehrkraft, den Lernenden Gelegenheiten zu geben, alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans auszubilden und zu entwickeln.

Die entsprechende Umsetzung erfolgt auf zwei Ebenen: der Übersichts- und der Konkretisierungsebene.

In den Dateien „EF auf einen Blick“ und Q auf einen Blick“ werden die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindlichen Kontexte sowie Verteilung und Reihenfolge der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Diese Übersicht dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzerwartungen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten zu verschaffen.

Die Ausarbeitung der möglichen unterrichtsbezogenen Konkretisierungen (Kapitel 2.1.2) besitzen abgesehen von den in der vierten Spalte hervorgehobenen verbindlichen Fachkonferenzbeschlüssen nur empfehlenden Charakter. Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dienen diese vor allem zur standardbezogenen Orientierung in der neuen Schule, aber auch zur Verdeutlichung von unterrichtsbezogenen fachgruppeninternen Absprachen zu didaktisch-methodischen Zugängen, fächerübergreifenden Kooperationen, Lernmitteln und -orten sowie vorgesehenen Leistungsüberprüfungen, die im Einzelnen auch den Kapiteln 2.2 bis 2.4 zu entnehmen sind. Abweichungen von den vorgeschlagenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit und eigenen Verantwortung der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden.

2.1.1 Übersichtsraster Inhalte und Kompetenzen

2.1.2 Mögliche Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

2.1.2.1 Einführungsphase

Absprache der Fachkonferenz: Operatorentraining (z.B. in der Form von Probeklausur-Aufgaben), Glossararbeit

Inhaltsfeld: 1 Zellbiologie

- **Unterrichtsvorhaben Z1: Aufbau und Funktion der Zelle**
- **Unterrichtsvorhaben Z2: Biomembranen**
- **Unterrichtsvorhaben Z3**: **Mitose, Zellzyklus und Meiose**
- **Unterrichtsvorhaben Z4: Energie, Stoffwechsel und Enzyme**

Inhaltliche Schwerpunkte:

- Aufbau der Zelle, Fachliche Verfahren: Mikroskopieren
- Biochemie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von osmotischen Vorgängen
- Genetik der Zelle, Fachliche Verfahren: Analyse von Familienstammbäumen
- Physiologie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von Enzymaktivitäten

Basiskonzepte:

Struktur und Funktion
Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle

Stoff- und Energieumwandlung
Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauendem Stoffwechsel

Information und Kommunikation
Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen

Steuerung und Regelung
Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation

Individuelle und evolutive Entwicklung
Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben

Mögliche unterrichtsvorhabenbezogene Konkretisierung:

UV Z1: Aufbau und Funktion der Zelle **Inhaltsfeld 1: Zellbiologie** Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	**Fachschaftsinterne Absprachen** • Lichtmikroskopie, Präparation und wissenschaftliche Zeichnungen werden praktisch durchgeführt
Inhaltliche Schwerpunkte: Aufbau der Zelle, Fachliche Verfahren: Mikroskopie	**Beiträge zu den Basiskonzepten:** Struktur und Funktion: • Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle Individuelle und evolutive Entwicklung: • Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben
Schwerpunkte der Kompetenzbereiche: • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E) • Informationen erschließen (K) • Informationen aufbereiten (K)	

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Mikroskopie • prokaryotische Zelle • eukaryotische Zelle	• vergleichen den Aufbau von prokaryotischen und eukaryotischen Zellen (S1, S2, K1, K2, K9). • begründen den Einsatz unterschiedlicher mikroskopischer Techniken für verschiedene Anwendungsgebiete (S2, E2, E9, E16, K6).	***Welche Strukturen können bei prokaryotischen und eukaryotischen Zellen mithilfe verschiedener mikroskopischer Techniken sichtbar gemacht werden?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Vergleich eines probiotischen Getränks und des Bodensatzes von Hefeweizen** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I: Pflanzenzelle, Tierzelle, Bakterienzelle • Vergleich der Zellgrößen durch Mikroskopieren verschiedener Präparate von Prokaryoten und Eukaryoten mit dem Lichtmikroskop (S1) • Recherche in analogen sowie digitalen Medien etwa zu Zellgrößen bei Bakterien, Einzellern und anderen eukaryotischen Zellen (K1, K2) • Vergleich des Grundbauplans von pro- und eukaryotischen Zellen unter Berücksichtigung der Kompartimentierung (Basiskonzept Struktur und Funktion) (S2) → **Vorentlastung Genetik (UV)** • Erläuterung des Verfahrens der Lichtmikroskopie und Begründung der Grenzen lichtmikroskopischer Auflösung (K6) • 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) • Reflexion der Wissensproduktion zum Beispiel unter Berücksichtigung möglicher Artefakte bei der Elektronenmikroskopie (E16)
• eukaryotische Zelle: Zusammenwirken von Zellbestandteilen, Kompartimentierung, Endosymbiontentheorie	• erklären Bau und Zusammenwirken der Zellbestandteile eukaryotischer Zellen und erläutern die Bedeutung der Kompartimentierung (S2, S5, K5, K10).	***Wie ermöglicht das Zusammenwirken der einzelnen Zellbestandteile die Lebensvorgänge in einer Zelle?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **„System Zelle“ – Die Zelle als kleinste lebensfähige Einheit** [1] *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I: Kennzeichen des Lebendigen • Erläuterung von Aufbau und Funktion von verschiedenen Zellbestandteilen pflanzlicher und tierischer Zellen anhand von Modellen und elektronenmikroskopischen Aufnahmen (S2, K10) • Erklärung des Zusammenwirkens von Organellen, die am Membranfluss beteiligt sind (K5) • Vergleich des Aufbaus von Mitochondrien und Chloroplasten und Ableitung der jeweiligen Kompartimente (S2) → **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S2 + S3)** • Erläuterung der Bedeutung der Kompartimentierung der eukaryotischen Zelle (Basiskonzept Struktur und Funktion) auch im Hinblick auf gegenläufige Stoffwechselprozesse (S5)

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			→ Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S2 + S3)
	• erläutern theoriegeleitet den prokaryotischen Ursprung von Mitochondrien und Chloroplasten (E9, K7).	***Welche Erkenntnisse über den Bau von Mitochondrien und Chloroplasten stützen die Endosymbiontentheorie?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Mitochondrien und Chloroplasten – Nachfahren von Prokaryoten?** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Analyse der Besonderheiten von Mitochondrien und Chloroplasten (äußere und innere Membran, Vermehrung durch Teilung, Genom, Ribosomen) unter Einbezug proximater Erklärungen und Vergleich mit prokaryotischen Systemen (E9, K7) • modellhafte Darstellung des hypothetischen Ablaufs unter Fokussierung auf der Herkunft der Doppelmembran sowie der Aspekte einer Endosymbiose (E9) **→ Vorentlastung Evolution (UV E1 + E2)** • ultimate Erklärung des prokaryotischen Ursprungs der Mitochondrien und Chloroplasten mithilfe der Endosymbiontentheorie (K7) **→ Vorentlastung Evolution (UV E1 + E2)**
• Vielzeller: Zelldifferenzierung und Arbeitsteilung • Mikroskopie	• analysieren differenzierte Zelltypen mithilfe mikroskopischer Verfahren (S5, E7, E8, E13, K10).	***Welche morphologischen Angepasstheiten weisen verschiedene Zelltypen von Pflanzen und Tieren in Bezug auf ihre Funktionen auf?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Lichtmikroskopie von differenzierten Tier- und Pflanzenzellen in Geweben** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Mikroskopie von Fertigpräparaten verschiedener Tierzellen im Gewebeverband: Muskelzellen, Nervenzellen, Drüsenzellen (E7, E8) • Herstellung von Präparaten und Mikroskopie von ausdifferenzierten Pflanzenzellen: Blattgewebe, Leitgewebe, Festigungsgewebe, Brennhaar (E8) • Analyse der Angepasstheiten von verschiedenen Laubblättern (Blattquerschnitte von Sonnen- und Schattenblättern, Kiefernnadeln, Maisblatt) im Hinblick auf Fotosynthese und Transpiration (K10) **→ Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV) und Ökologie (UV)** • Anfertigung wissenschaftlicher Zeichnungen zur Dokumentation und Interpretation der beobachteten Strukturen unter Berücksichtigung der Angepasstheit der Zelltypen (Basiskonzept Struktur und Funktion) und Vergleich mit Fotografien (E13) • Reflexion der Systemebenen (Zelle, Gewebe, Organ, Organismus) unter Bezug zur Zelldifferenzierung bei der Bildung von Geweben (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung) (S5)
	• vergleichen einzellige und vielzellige Lebewesen und erläutern die jeweiligen Vorteile ihrer	***Welche Vorteile haben einzellige und vielzellige Organisationsformen?***	*Kontext:* **Vielfalt der Organisationsformen von Lebewesen**

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
	Organisationsform (S3, S6, E9, K7, K8).	(ca. 4 Ustd.)	*zentrale Unterrichtssituationen:* • Differenzierung zwischen unterschiedlichen Systemebenen: Moleküle – Zelle – Gewebe – Organ – Organismus (S6) • Erläuterung der unterschiedlichen Organisationsformen innerhalb der *Chlamydomonadales* (Grünalgen-Reihe) und Ableitung der Eigenschaften von Vielzellern (Arbeitsteilung, Kommunikation, Fortpflanzung) anhand von *Volvox* [2] (S3, E9) • fakultativ: Differenzierung der Begriffe Einzeller / Bakterien und Darstellung der Vielfalt der Bakterien hinsichtlich der Angepasstheiten ihres Stoffwechsels an unterschiedliche Lebensräume [3] • Diskussion der Vorteile verschiedener Organisationsformen bei Berücksichtigung der Unterschiede zwischen proximaten und ultimaten Erklärungen sowie funktionalen und kausalen Erklärungen [2] [3] (K7, K8)

Weiterführende Materialien

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6050	Der alternative Kontext bietet für die Lehrkraft die Möglichkeit, das „System Zelle“ als kleinste lebensfähige Einheit am Beispiel von *Chlamydomonas* und *Paramecium* im Unterricht erarbeiten zu lassen. Die zentralen Unterrichtssituationen werden anhand der Beispiele der beiden Einzeller entwickelt und dann verallgemeinert.
2	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6048	Anregungen für die Lehrkraft, um die Unterschiede zwischen proximaten und ultimaten Erklärungen sowie funktionalen und kausalen Erklärungen im Kontext mit den Organisationsformen von *Chlamydomonas* und *Volvox* zu verdeutlichen.
3	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6049	Anregungen für die Lehrkraft, um die Unterschiede zwischen proximaten und ultimaten Erklärungen sowie funktionalen und kausalen Erklärungen im Kontext mit den Organisationsformen von *Thermus aquaticus* und Mensch zu verdeutlichen.

UV Z2: Biomembranen

Inhaltsfeld 1: Zellbiologie

Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Fachschaftsinterne Absprachen

- ggf. Experimente zu den biochemischen Eigenschaften der Stoffgruppen
- Experimente zu Diffusion und Osmose

Inhaltliche Schwerpunkte:

Biochemie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von osmotischen Vorgängen

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)
- Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Information und Kommunikation:

- Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen

Steuerung und Regelung:

- Prinzip der Homöostase bei der Osmoregulation

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Stoffgruppen: Kohlenhydrate, Lipide, Proteine	• erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).	***Wie hängen Strukturen und Eigenschaften der Moleküle des Lebens zusammen?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Moleküle des Lebens – biochemische Grundlagen für die Erklärung zellulärer Phänomene** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung von Vorwissen aus der Chemie → Sek I (Elemente, kovalente Bindungen, polare Bindungen, Wasser als polares Molekül, Ionen) • fakultativ: Planung und Durchführung von Experimenten zur Löslichkeit verschiedener Stoffe in Wasser, Ethanol und Waschbenzin zur Ableitung der Begriffsdefinitionen von hydrophil und hydrophob • 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) → **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S2 + S3)**
• Biomembranen: Transport, Prinzip der	• stellen den Erkenntniszuwachs zum Aufbau von Biomembranen durch technischen Fortschritt und	***Wie erfolgte die Aufklärung der Struktur von Biomembranen und welche Erkenntnisse***	*Kontext:* **Modellentwicklung zum Aufbau von Biomembranen** [1]

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
Signaltransduktion, Zell-Zell-Erkennung • physiologische Anpassungen: Homöostase • Untersuchung von osmotischen Vorgängen	Modellierungen an Beispielen dar (E12, E15–17).	***führten zur Weiterentwicklung der jeweiligen Modelle?*** (ca. 6 Ustd.)	*zentrale Unterrichtssituationen:* • Ableitung des Modells von Gorter und Grendel aus der Analyse von Erythrocyten-Membranen • Erklärung der Veränderungen zum Sandwich-Modell von Davson und Danielli aufgrund chemischer Analysen und elektronenmikroskopischer Bilder von Zellmembranen • 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 • Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der einzelnen Membranmodelle auch anhand selbst hergestellter Membranmodelle (E12) • Reflektion des Erkenntnisgewinnungsprozesses ausgehend vom technischen Fortschritt der Analyseverfahren und Weiterentwicklung des Membranmodells zum modernen Fluid-Mosaik-Modell (E15–17)
	• erklären experimentelle Befunde zu Diffusion und Osmose mithilfe von Modellvorstellungen (E4, E8, E10–14). • erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6). • erklären die Bedeutung der Homöostase des osmotischen Werts für zelluläre Funktionen und leiten mögliche Auswirkungen auf den Organismus ab (S4, S6, S7, K6, K10).	***Wie können Zellmembranen einerseits die Zelle nach außen abgrenzen und andererseits doch durchlässig für Stoffe sein?*** (ca. 8 Ustd.)	*Kontext:* **Abgrenzung und Austausch – (k)ein Widerspruch?** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Hypothesengeleitete Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten zu Diffusion und Osmose, sodass ausgehend von der Beschreibung der Phänomene anhand von Modellvorstellungen zum Aufbau von Biomembranen die experimentellen Befunde erklärt werden können (E4, E8) • Einbezug von Experimenten zur Diffusion, zur qualitativen und quantitativen Ermittlung von Daten zur Osmose, zur mikroskopischen Analyse osmotischer Prozesse bei in pflanzlichen Geweben (E10, E11, E14) • Erläuterung von Modellvorstellungen zu verschiedenen Transportprozessen durch Biomembranen unter Berücksichtigung von Kanalproteinen, Carrierproteinen und Transport durch Vesikel (S7, E12, E13) → **Vorentlastung Neurobiologie (UV N1)** (bei Bedarf UPP-Material von Ulla) • Ableitung der Eigenschaften der Transportsysteme auch im Hinblick auf energetische Aspekte (aktiver und passiver Transport) (S5, K6) → **Vorentlastung Neurobiologie (UV N1)** • Erläuterung der Bedeutung zellulärer Transportsysteme am Beispiel von Darmepithelzellen und Nervenzellen, Drüsenzellen und der Blut-Hirn-Schranke (S6, S7) → **Vorentlastung Neurobiologie (UV N1)** • 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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			Osmoregulation von Süß- und Salzwasserfischen (S4, S7, K10)
	• erläutern die Funktionen von Biomembranen anhand ihrer stofflichen Zusammensetzung und räumlichen Organisation (S2, S5–7, K6).	***Wie können extrazelluläre Botenstoffe, wie zum Beispiel Hormone, eine Reaktion in der Zelle auslösen?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Signaltransduktion am Beispiel des Hormons Insulin** [2] *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I zur Wirkung des Hormons Insulin auf die Glucosekonzentration im Blut • Erläuterung des Schlüssel-Schloss-Prinzips am Beispiel der Bindung des Insulins an den Insulinrezeptor und Erarbeitung der Signaltransduktion sowie der ausgelösten Signalkette in der Zielzelle (S2, S5) • Ableitung der Auswirkungen des Insulins auf die Glucosekonzentration im Blut unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Information und Kommunikation (Prinzip der Signaltransduktion an Zellmembranen) (S6, S7)
		Welche Strukturen sind für die Zell-Zell-Erkennung in einem Organismus verantwortlich? (ca. 1 Ustd.)	*Kontext:* **Organtransplantation** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen aus der → Sek I zur Immunantwort auf körperfremde Organe • Ableitung der Vielzahl von Oberflächenstrukturen einer Zelle aufgrund der Variationsmöglichkeiten von Glykolipiden und Glykoproteinen und Erklärung der Spezifität dieser Oberflächenstrukturen (S2) • Erläuterung der Möglichkeiten der Zell-Zell-Erkennung aufgrund spezifischer Bindung von Oberflächenstrukturen nach dem Schüssel-Schloss-Prinzip und Unterscheidung zwischen körpereigenen und körperfremden Oberflächenstrukturen (S5, S7) • 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)

Weiterführende Materialien

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	https://www.schulentwicklung.nrw.de/sinus/front_content.php?idcat=2904&lang=9	Die durch SINUS.NRW bereitgestellten Materialien (2017) legen den Schwerpunkt im Bereich der Erkenntnisgewinnungskompetenz und hier beim Wechselspiel zwischen Modellen und ihrer Überprüfung.
2	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6051	Hier sind Sachinformationen zum Insulinrezeptorprotein und der durch Insulinbindung ausgelösten Signalkette sowie didaktische Hinweise etwa für die Einbindung der Basiskonzepte zusammengefasst. Neben essentiellen Informationen sind auch mögliche Vertiefungen angegeben, die eine Anwendung des Vorwissens der Lerngruppe ermöglichen.

UV Z3: Mitose, Zellzyklus und Meiose **Inhaltsfeld 1: Zellbiologie** Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	**Fachschaftsinterne Absprachen** • ggf. Mikroskopie von Wurzelspitzen (*Allium cepa*)
Inhaltliche Schwerpunkte: Genetik der Zelle, Fachliche Verfahren: Analyse von Familienstammbäumen **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K) • Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B) • Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)	**Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten:** Stoff- und Energieumwandlung: • Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauendem Stoffwechsel

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Mitose: Chromosomen, Cytoskelett • Zellzyklus: Regulation	• erklären die Bedeutung der Regulation des Zellzyklus für Wachstum und Entwicklung (S1, S6, E2, K3).	***Wie verläuft eine kontrollierte Vermehrung von Körperzellen?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Wachstum bei Vielzellern geschieht durch Zellvermehrung und Zellwachstum** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung von Vorwissen zur Mitose und zum Zellzyklus (→ Sek I) • fakultativ: Mikroskopieren von Präparaten einer Wurzelspitze von *Allium cepa,* Vergleich von Chromosomenanordnungen im Zellkern mit modellhaften Abbildungen, Schätzung der Häufigkeit der verschiedenen Phasen (Mitose und Interphase) im Präparat • Erläuterung der Phasen des Zellzyklus, dabei Fokussierung auf die Entstehung genetisch identischer Tochterzellen. Berücksichtigung des Basiskonzepts Struktur und Funktion: Abhängigkeit der Chromatin-Struktur von der jeweiligen Funktion • Erstellung eines Schemas zum Zellzyklus als Kreislauf mit Darstellung des Übergangs von Zellen in die G_0-Phase. Dabei Unterscheidung der ruhenden Zellen und Beachtung unterschiedlich langer G_0-Phasen verschiedener Zelltypen: nie wieder sich teilende Zellen (wie Nervenzellen) und Zellen, die z. B. nach Verletzung wieder in die G_1-Phase zurückkehren können

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Erläuterung der Regulation des Zellzyklus durch Signaltransduktion: Wachstumsfaktor und wachstumshemmender Faktor wirken an bestimmten Kontrollpunkten des Zellzyklus. (Basiskonzept: Information und Kommunikation), Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung: Kontrolle des Zellzyklus • fakultativ: Bedeutung der Apoptose (programmierter Zelltod)
	• begründen die medizinische Anwendung von Zellwachstumshemmern (Zytostatika) und nehmen zu den damit verbundenen Risiken Stellung (S3, K13, B2, B6–9).	***Wie kann unkontrolliertes Zellwachstum gehemmt werden und welche Risiken sind mit der Behandlung verbunden?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Behandlung von Tumoren mit Zytostatika** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Definition des Krankheitsbildes Krebs und Bedeutung von Tumoren [1] • Recherche zu einem Zytostatikum und Erstellung eines Infoblattes mit Wirkmechanismus und Nebenwirkungen zur Erläuterung der Wirkungsweise (das Infoblatt sollte auch fachübergreifende Aspekte beinhalten) [2] • konstruktiver Austausch über die Ergebnisse, Fokussierung auf die unspezifische Wirkung von Zytostatika (→ Ausblick auf Möglichkeiten personalisierter Medizin) (K13) • Abschätzung von Nutzen und Risiken einer Zytostatikatherapie basierend auf den erhaltenen Ergebnissen, dabei sollen unterschiedliche Perspektiven eingenommen und Handlungsoptionen berücksichtigt werden (B8)
	• diskutieren kontroverse Positionen zum Einsatz von embryonalen Stammzellen (K1-4, B1–6, B10–12).	***Welche Ziele verfolgt die Forschung mit embryonalen Stammzellen und wie wird diese Forschung ethisch bewertet?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Unheilbare Krankheiten künftig heilen?** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Beschreibung der Pluripotenz embryonaler Stammzellen und Erklärung der Bedeutung im Zusammenhang mit dem Zellzyklus sowie der Entstehung unterschiedlicher Gewebe • Recherche von Zielen der embryonalen Stammzellforschung [3-6] • Identifikation der Gründe für die besondere ethische Relevanz des Einsatzes von embryonalen Stammzellen • Benennung von Werten, die verschiedenen Positionen zugrunde liegen können und Beurteilung von Interessenlagen (B4, B5) • Entwicklung von notwendigen Bewertungskriterien, um zu einem begründeten Urteil zu kommen. • Reflexion von kurz- und langfristigen Folgen von Entscheidungen sowie

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			Reflexion des Bewertungsprozesses (B10, B11) • Hinweis: Der Fokus liegt hier nicht auf der detaillierten Kenntnis von Stammzelltypen, sondern auf der Frage, welche Argumente für und gegen die Nutzung von embryonalen Stammzellen für die Medizin möglich sind. Voraussetzung dafür ist im Wesentlichen das Wissen um die Pluripotenz der embryonalen Stammzellen.
• Karyogramm: Genommutationen, Chromosomen-mutationen • Meiose • Rekombination	• erläutern Ursachen und Auswirkungen von Chromosomen- und Genommutationen (S1, S4, S6, E11, K8, K14).	***Nach welchem Mechanismus erfolgt die Keimzellbildung und welche Mutationen können dabei auftreten?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Karyogramm einer an Trisomie 21 erkrankten Person** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen: Beschreibung und Analyse des Karyogramms einer Person mit Trisomie 21 unter Verwendung der bisher gelernten Fachbegriffe (→Sek I) • 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 AbweichungGen • Erläuterung von Ursachen und Auswirkung der Genommutation → **Vorentlastung Genetik (UV G1)** • Definition der unterschiedlichen Formen von Chromosomenmutationen→ **Vorentlastung Genetik (UV G1)** • Reaktivierung des Vorwissens (→Sek I: Meiose und Befruchtung,) • Vertiefende Betrachtung der Meiose → **Vorentlastung Genetik (UV G1/G2/G3)** • Erläuterung der Ursachen der Trisomie 21 • Betrachtung der Unterschiede zur Mitose, vor allem im Hinblick auf die Reduktion des Chromosomensatzes bei der Gametenreifung. • Herausstellung der Vorteile sexueller Fortpflanzung: interchromosomale und intrachromosomale Rekombination (S6) → **Vorentlastung Genetik (UV G1/G2)**
• Analyse von Familienstammbäumen		***Inwiefern lassen sich Aussagen zur Vererbung genetischer Erkrankungen aus***	*Kontext:* **Familienfoto zeigt phänotypische Variabilität unter Geschwistern** *zentrale Unterrichtssituationen:*

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
		Familienstammbäumen ableiten? (ca. 4 Ustd.)	• Aktivierung des Vorwissens zu genetischer Verschiedenheit homologer Chromosomen • Modellhafte Darstellung der Rekombinationsmöglichkeiten durch Reduktionsteilung und Befruchtung, • Klärung des Zusammenhangs zwischen Meiose und Erbgang, dabei Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen → **Vorentlastung Genetik (UV G1/G2)** • Problematisierung der phänotypischen Ausprägung bei Heterozygotie
	• wenden Gesetzmäßigkeiten der Vererbung auf Basis der Meiose bei der Analyse von Familienstammbäumen an (S6, E1–3, E11, K9, K13).		*Kontext:* **Familienberatung mithilfe der Analyse eines Familienstammbaums zu einem genetisch bedingten Merkmal** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen: Regeln der Vererbung (Gen- und Allelbegriff, Familienstammbäume) (→Sek I) • Analyse von Familienstammbäumen, dabei Beachtung der Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung [7-8] → **Vorentlastung Genetik (UV G2)** • Ermittlung der Wahrscheinlichkeit für eine Erkrankung in Abhängigkeit des Genotyps der Eltern auf Grundlage der Möglichkeiten interchromosomaler Rekombination

Weiterführende Materialien

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	https://www.brd.nrw.de/system/files/migrated_documents/01_Cytologie-Krebstherapie_Jahrgang-EF_60a3feb654f1b.pdf	ausgearbeitetes Unterrichtsvorhaben „Kein Leben ohne Zelle – Auswirkungen einer Krebserkrankung und Möglichkeiten der Therapie“, aus dem Teile auch in diesem Zusammenhang verwendet werden können
2	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6052	Sachinformationen zu Zytostatika und didaktische Hinweise
3	https://www.dpz.eu/de/infothek/wissen/stammzellforschung.html	Leibniz-Institut für Primatenforschung
4	https://www.bmbf.de/bmbf/de/forschung/gesundheit/bioethik/bioethik-gesellschaftliche-her--modernen-lebenswissenschaften.html	Bundesministerium für Bildung und Forschung

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
5	https://zellux.net/	Max-Planck-Institut für molekulare Biomedizin
6	https://www.stammzellen.nrw.de/informieren/ethik-und-recht/ethische-fragestellungen	Stammzellnetzwerk.NRW
7	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9932	Arbeitsblatt Stammbaumanalyse, geeignet für Sek. I und Sek. II
8	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/9933	Hinweise und Lösungen zum Arbeitsblatt Stammbaumanalyse

UV Z4: Energie, Stoffwechsel und Enzyme **Inhaltsfeld 1: Zellbiologie** Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	**Fachschaftsinterne Absprachen**
Inhaltliche Schwerpunkte: Physiologie der Zelle, Fachliche Verfahren: Untersuchung von Enzymaktivitäten **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen aufbereiten (K)	**Ausgewählte Beiträge zu den Basiskonzepten:** Stoff- und Energieumwandlung: • Energetischer Zusammenhang zwischen auf- und abbauendem Stoffwechsel

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Anabolismus und Katabolismus • Energieumwandlung: ATP-ADP-System	• beschreiben die Bedeutung des ATP-ADP-Systems bei auf- und abbauenden Stoffwechselprozessen (S5, S6).	***Welcher Zusammenhang besteht zwischen aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel in einer Zelle stofflich und energetisch?*** (ca. 12 Ustd.)	*Kontext:* **„Du bist, was du isst" – Umwandlung von Nahrung in körpereigene Substanz** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen (→ Sek I, EF.1) durch Analyse einer Nährwerttabelle: Zusammenhang zwischen Nahrungsbestandteilen und Zellinhaltsstoffen • 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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Energieumwandlung: Redoxreaktionen			Fachsprache [1] → **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S)** • Verdeutlichung des Grundprinzips der energetischen Kopplung durch Energieüberträger • Erläuterung des ATP-ADP-Systems unter Verwendung einfacher Modellvorstellungen: ATP als Energieüberträger → **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S)** • *Kontext:* **„Chemie in der Zelle“– Redoxreaktionen ermöglichen den Aufbau und Abbau von Stoffen** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen (→Sek I Chemie): Redoxreaktion als Elektronenübertragungsreaktion, Donator-Akzeptor-Prinzip, Energieumsatz • Herstellen eines Zusammenhangs von exergonischer Oxidation und Katabolismus sowie endergonischer Reduktion und Anabolismus • Erläuterung des ($NADH+H^+$)-NAD^+-Systems und die Bedeutung von Reduktionsäquivalenten für den Stoffwechsel → **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S2)** • Vervollständigung des Schaubildes zum Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel durch Ergänzung des ($NADH+H^+$)-NAD^+-Systems und des ATP-ADP-Systems. Dabei Herausstellung des Recyclings der Trägermoleküle und der Kopplung von Stoffwechselreaktionen → **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S2)**
• Enzyme: Kinetik	• erklären die Regulation der Enzymaktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9).	***Wie können in der Zelle biochemische Reaktionen reguliert ablaufen?*** (ca. 12 Ustd.)	*Kontext:* **Enzyme ermöglichen Reaktionen bei Körpertemperatur.** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Demonstrationsexperiment zur Verbrennung eines Zuckerwürfels mit und ohne Asche. • Definition des Katalysators und Veranschaulichung der Wirkung im Energiediagramm. • Erarbeitung der Merkmale von Enzymen als Proteine (→ EF.1) mit spezifischer Raumstruktur und ihrer Eigenschaft als Biokatalysatoren

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Herstellen des Zusammenhangs mit Stoffwechselreaktionen im Organismus und Hervorheben der Bedeutung von kontrollierter Stoffumwandlung durch Zerlegung in viele Teilschritte (am Beispiel der Glykolyse)→ **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S2)** • Erarbeitung des Prinzips von Enzymreaktionen, dabei Berücksichtigung von Enzymeigenschaften wie Spezifität und Sättigung und Berücksichtigung des Schlüssel-Schloss-Prinzips (Basiskonzept Struktur und Funktion) (Betrachtung der Hexokinase) → **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S)** • Entwicklung einer Modellvorstellung als geeignete Darstellungsform (E12, K9)
• Untersuchung von Enzymaktivitäten	• entwickeln Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von verschiedenen Faktoren und überprüfen diese mit experimentellen Daten (E2, E3, E6, E9, E11, E14). • beschreiben und interpretieren Diagramme zu enzymatischen Reaktionen (E9, K6, K8, K11).		*Kontext:* **Die Enzymaktivität ist abhängig von Umgebungsbedingungen.** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Entwicklung von Hypothesen zur Abhängigkeit der Enzymaktivität von der Substratkonzentration (Sättigung) und der Temperatur (RGT-Regel, Denaturierung von Proteinen z.B. bei Fieber), Überprüfung durch Auswertung von Experimenten, wenn möglich selbst durchgeführt (E11, E14) • Anwendung der Kenntnisse zur Enzymaktivität auf die Auswirkungen eines weiteren Faktors wie etwa dem pH-Wert am Beispiel von Verdauungsenzymen • Interpretation grafischer Darstellungen zur Enzymaktivität, hierbei Fokussierung auf die korrekte Verwendung von Fachsprache und Vermeidung von Alltagssprache und ggf. Korrektur finaler Erklärungen (K6, K8) • fakultativ: Enzymaktivität in Abhängigkeit von der Salinität der Umgebung, Bezug zur Homöostase möglich (→ Osmoregulation).
• Enzyme: Regulation	• erklären die Regulation der Enzymaktivität mithilfe von Modellen (E5, E12, K8, K9).		*Kontext:* **„Alkohol verdrängt Alkohol“: Eine Methanol-Vergiftung kann mit Ethanol behandelt werden.** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Erweiterung der Modellvorstellung zu Enzymen durch die Darstellung der kompetitiven Hemmung (E12)

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Erläuterung der Modellvorstellung zur allosterischen Hemmung und Beurteilung von Grenzen der Modellvorstellungen • Erarbeitung der Enzymaktivität durch kompetitive und allosterische Hemmung anhand von Diagrammen (K9) • Erläuterung der Aktivierung von Enzymen und die Bedeutung von Cofaktoren [2], Beschreibung einer Reaktion mit ATP und ggf. $NADH+H^+$ als Cofaktor unter Nutzung modellhafter Darstellungen, dabei Rückbezug zur Darstellung des Zusammenhangs von katabolen und anabolen Stoffwechselwegen. [1] (am Beispiel der Hemmung und Aktivierung von Enzymen der Glykolyse durch ADP/ATP bzw. $NADH/NAD^+$) → **Vorentlastung Stoffwechselphysiologie (UV S)**

Weiterführende Materialien:

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

2.1.2.2 Qualifikationsphase – Grundkurs (in Bearbeitung: Fachschaftsinterne Absprachen: werden fortlaufend ergänzt, rot: noch nicht in FK abgestimmt)

Absprache der Fachkonferenz: Austeilen der Übersichtslisten der konkretisierten Kompetenzerwartungen, Glossararbeit

QUALIFIKATIONSPHASE: GRUNDKURS

UV GK-N1: Informationsübertragung durch Nervenzellen **Inhaltsfeld 2: Neurobiologie** Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	**Fachschaftsinterne Absprachen** • Erstellung von Erklärfilmen zur Synapse
Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlagen der Informationsverarbeitung, Fachliche Verfahren: Potenzialmessungen **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)	**Beiträge zu den Basiskonzepten:** Struktur und Funktion: • Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein Stoff- und Energieumwandlung: • Energiebedarf des neuronalen Systems Information und Kommunikation: • Codierung und Decodierung von Information an Synapsen Steuerung und Regelung: • Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotenzialen Individuelle und evolutive Entwicklung: • Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Bau und Funktionen von Nervenzellen:	• erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur	***Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die***	*Kontext:* **Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme**

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
Ruhepotenzial	und Funktion (S3, E12).	***Aufnahme und Weitergabe von Informationen?*** (ca. 12 Ustd.)	**(→ SI, → EF)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Vorstellung der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), ihinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon • Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion [1] • Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vergleich einer schematischen Abbildung mit Realaufnahmen von Nervenzellen
	• entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3).		*Kontext:* **Nervenzellen unter Spannung: Die Ionentheorie des Ruhepotenzials** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Wiederholung der Transportmechanismen an Membranen (→ EF) • Klärung der Bedeutung der Ladungsverteilung an der Axonmembran unter Berücksichtigung des chemischen und elektrischen Potenzials, z. B. am Beispiel Gemeiner Kalmar (*Loligo vulgaris*) • Entwicklung von Hypothesen zur Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials und Erläuterung der Bedeutung von Natrium-Kalium-Ionenpumpen • Auswertung eines Experiments zur Beeinflussung des Ruhepotenzials (z. B. USSING-Kammer: [2])
• Bau und Funktionen von Nervenzellen: Aktionspotenzial • Potenzialmessungen	• erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14).		*Kontext:* **Neuronen in Aktion: Schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung** *zentrale Unterrichtssituationen:* • ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal [3] • Erläuterung der Veränderungen der Ionenverteilung an der Membran beim Wechsel vom Ruhe- zum Aktionspotenzial, Phasen des Aktionspotenzials, korrekte Verwendung der Fachsprache • Beschreibung einer Versuchsanordnung zur Untersuchung von Potenzialänderungen an Neuronen • begründete Zuordnung von molekularen Vorgängen an der Axonmembran zu den passenden Kurven-Diagrammen (Potenzialmessung) [4, 5] • Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			Ionenkanäle • ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen [6]
• Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung	• vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).		*Kontext:* **Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen Schmerzwahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung [7] • modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen Aδ-Fasern und langsameren C-Fasern [8] • Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: Erhöhung des Axondurchmessers (Bsp. *Loligo vulgaris*) oder Myelinisierung
• Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse	• erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6). • erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14).	***Wie erfolgt die Informationsweitergabe zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?*** (ca. 8 Ustd.)	*Kontext:* **Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer chemischen Synapse und Überführung in eine andere Darstellungsform, z. B. Erklärfilm oder Fließschema [9] • Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und einer behandelten Synapse • Zuordnung des möglichen Wirkortes verschiedener exogener Stoffen an der Synapse, etwa am Beispiel der Conotoxine [10]; Ergänzung des Erklärfilms oder Fließschemas
• Stoffeinwirkung an Synapsen	• nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).		*Kontext:* **Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Vorstellung der Wirkungsweise des Cannabinoids THC Hinweis: Da die konkretisierte Kompetenzerwartung dem Kompetenzbereich Bewertung zugeordnet ist, soll auf eine detaillierte Darstellung der molekularen Wirkungsweise von Cannabis verzichtet werden. Im Fokus steht der Prozess der Bewertung mit anschließender Stellungnahme. • Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [11, 12, 13] Hinweis: Neben den übergeordneten Kompetenzerwartungen B5–9 bietet es sich hier an, [14], ggf. weitere Bewertungskompetenzen in den Blick zu nehmen.

Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8273	Arbeitsmaterial „Bau und Funktion von Neuronen“
2	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8268	Arbeitsmaterial „Ruhepotenzial - Theoretische Modellexperimente (Ussing-Kammer)“
3	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6081	Zusatzmaterial „Experiment Reaktionstest“
4	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366	Arbeitsmaterial „Entstehung eines Aktionspotenzials“
5	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6082	Zusatzmaterial „Aktionspotenzial“
6	https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p10^SchmerzgN^f20767	IQB-Aufgabe „Schmerz“: grundlegendes Niveau (M1 und M3)
7	https://www.dasgehirn.info/krankheiten/schmerz/wie-schmerz-ins-gehirn-gelangt	Informationen zur Schmerzwahrnehmung
8	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5366	Arbeitsmaterial zur Erregungsweiterleitung
9	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369	Arbeitsmaterial zur Funktionsweise einer chemischen Synapse
10	https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794	IQB-Aufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“
11	https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen,cannabis212.html	Informationen und kurzer Film zu Cannabis in der Schmerztherapie
12	https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie	FAQ des Kantonsspitals St. Gallen zur Schmerztherapie mit Cannabis
13	https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?__blob=publicationFile	Hintergrundinformationen zu Cannabis als Medizin aus der Begleiterhebung zum Gesetz von 2017
14	https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getPoolFile?id=p01^pf21740	Erläuterungen des IQB zum Kompetenzbereich Bewertung

UV GK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen

Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 5 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle.

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Energieumwandlung • Energieentwertung • Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel • ATP-ADP-System • Stofftransport zwischen den Kompartimenten • Chemiosmotische ATP-Bildung	• stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).	***Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Leben und Energie - Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen**. *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (→EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle $NADH+H^+$ und ATP • Erarbeitung des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (→Physik Sek I) [1] • Beschreibung der grundlegenden Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen • Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP, die Turbine entspricht der ATP-Synthase [2]

Weiterführende Materialien:

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

UV GK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen

Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 11 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Informationen erschließen (K)
- Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle.

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Steuerung und Regelung:

- Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Feinbau Mitochondrium • Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäure-zyklus und Atmungskette • Redoxreaktionen	• stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).	***Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt. [1]** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung des Vorwissens zum Feinbau von Mitochondrien und Skizze eines Schaubildes mit den wesentlichen Schritten der Zellatmung und deren Verortung in Zellkompartimenten, sukzessive Ergänzung des Schaubildes im Verlauf des Unterrichts (K9) • Beschreibung der Glykolyse als ersten Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierung auf die Entstehung von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse • Beschreibung des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den Mitochondrien durch oxidative Decarboxylierung und die Prozesse im Tricarbonsäurezyklus, dabei Fokussierung auf die Reaktionen, in denen Reduktionsäquivalente und ATP gebildet werden • Aufstellung einer Gesamtbilanz aus den ersten drei Schritten und Abgleich mit der Bruttogleichung der Zellatmung Hinweis: Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können. • Veranschaulichung des Elektronentransports in der Atmungskette und des Protonentransports durch die Membran anhand einer vereinfachten Darstellung (K9) • Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und $NADH+H^+$ als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten • Vervollständigung des Übersichtsschemas und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9)
• Stoffwechselregulation auf Enzymebene	• erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12). • nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9).	***Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren unter Verwendung einfache, modellhafter Abbildungen (→EF) • Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2, 3] • angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4) [4] • Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete

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

UV GK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie

Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel,
Fachliche Verfahren: Chromatografie

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Biologische Sachverhalte betrachten (S)
- Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)
- Informationen aufbereiten (K)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Zelldifferenzierung bei fotosynthetisch aktiven Zellen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren	• analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11).	***Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ Sek I) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität. • Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6) • Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9–11)
• Funktionale Angepasstheiten: Blattaufbau	• erklären funktionale Angepasstheiten an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen	***Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?***	*Kontext:* **Stärkenachweis in panaschierten Blättern – die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt**

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
	(S4, S5, S6, E3, K6–8).	(ca. 4 Ustd.)	*Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind • Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie • Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3] • Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Angepasstheiten von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate • ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Angepasstheiten (K7)
• Funktionale Angepasstheiten: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Feinbau Chloroplast • Chromatografie	• erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13).	***Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Der ENGELMANN-Versuch- Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts.** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4] • Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese • Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4) • Wiederholung des Feinbaus eines Chloroplasten und Verortung der Pigmente in der Thylakoidmembran • Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)
• Chemiosmotische ATP-Bildung • Zusammenhang von Primär- und	• erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9).	***Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?*** (ca. 7 Ustd.)	*Kontext:* **Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Erstellung eines Übersichtsschemas für die Fotosynthese mit einer Unterteilung in

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
Sekundärreaktionen, • Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration • Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel			Primärreaktion und Sekundärreaktion unter Berücksichtigung der Energieumwandlung von Lichtenergie in ATP und der Bildung von Glucose unter ATP-Verbrauch (K9) • Erläuterung der wesentlichen Vorgänge in der Lichtreaktion (Fotolyse des Wassers, Elektronentransport und Bildung von NADPH+ H^+) anhand eines einfachen Schaubildes, Reaktivierung der Kenntnisse zur chemiosmotischen ATP-Bildung (→UV1) • Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse • Vervollständigung des Übersichtsschemas zur Veranschaulichung des stofflichen und energetischen Zusammenhangs der Teilreaktionen • Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle

Weiterführende Materialien:

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

UV GK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen

Inhaltsfeld 4: Ökologie

Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtstunden à 45 Minuten

Fachschaftsinterne Absprachen:

Inhaltliche Schwerpunkte:

Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliche Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)
- Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)
- Informationen aufbereiten (K)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:
- Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Steuerung und Regelung:
- Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz

Individuelle und evolutive Entwicklung:

Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren.	• erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8).	***Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Modellökosysteme, z.B. Flaschengarten** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ SI) • Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem mit Hilfe einer Concept Map • Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8) • Präsentation zentraler Fragestellungen und Forschungsgebiete der Ökologie, die bei der Untersuchung des Zusammenwirkens von abiotischen und biotischen Faktoren im Verlauf der Unterrichtsvorhaben zur Ökologie eine Rolle spielen (Advance Organizer)

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven	• untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1-3, E9, E13).	***Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Herstellung eines Zusammenhangs zwischen einer langfristigen standortspezifischen Verfügbarkeit / Intensität eines Umweltfaktors und den entsprechenden Angepasstheiten bei Tieren am Beispiel des Umweltfaktors Wasser (ggf. Reaktivierung des Vorwissens zu morphologischen und physiologischen Angepasstheiten bei Pflanzen → UV 3 Stoffwechselphysiologie) • Interpretation von Toleranzkurzen eurythermer und stenothermer Lebewesen. • Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperaturtoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung • Erweiterung des Konzepts der physiologischen Toleranz durch die Analyse von Daten aus Mehrfaktorenexperimenten, kritische Betrachtung der Übertragbarkeit der in Laborversuchen gewonnenen Daten auf die Situation im Freiland (E13)
• Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, • Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz • Ökologische Nische	• analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–K8). • erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8).	***Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen Standorten auf die Verbreitung von Arten?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur** *Zentrale Unterrichtssituationen*: • Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz, z. B. von Baumarten oder Gräsern in Mono- und Mischkultur (S7) • Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (E9, K6–8) • Erläuterung des Konzepts der „ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller biotischen und abiotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV 2 Ökologie) • Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und der ultimaten Erklärung der Einnischung (K7, E17)

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, • Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal	• bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8). • analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).	***Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?*** (ca. 3 Ustd.) (ggf. + Exkursion)	*Kontext:* **Wie geht es der Agger? – Zeigerarten geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Erfassung von Arten auf einer schulnahen Wiese unter Verwendung eines Bestimmungsschlüssels (ggf. digital) und Recherche der Zeigerwerte dominanter Arten, Aufstellen von Vermutungen zur Gewässerbeschaffenheit (E3, E4, E7–9) • Sensibilisierung für den Zusammenhang von Korrelation und Kausalität (K8) und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses (E15) • Internetrecherche zur ökologischen Problematik von intensiver Grünlandbewirtschaftung in Gewässernähe oder Kanalisierungsmaßnahmen und Begründung von Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen von heimischen Gewässern (z. B. Emscher) (K11–14)

Weiterführende Materialien:

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

UV GK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften **Inhaltsfeld 4: Ökologie** **Zeitbedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten**	**Fachschaftsinterne Absprachen**
Inhaltliche Schwerpunkte: Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Informationen aufbereiten (K) • Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K) • Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B)	**Beiträge zu den Basiskonzepten:** Struktur und Funktion: • Kompartimentierung in Ökosystemebenen Individuelle und evolutive Entwicklung: • Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Interspezifische Beziehungen: Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen	• analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6-K8).	***In welcher Hinsicht stellen Organismen selbst einen Umweltfaktor dar?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Gut vernetzt – Wechselwirkungen in Biozönosen** *Zentrale Unterrichtssituationen*: • Beschreibung der charakteristischen Merkmale von Konkurrenz (→ UV1 Ökologie), Räuber-Beute-Beziehung, Parasitismus, Mutualismus und Symbiose an aussagekräftigen Beispielen. Ggf. Präsentationen zu den Wechselwirkungen unter Berücksichtigung der Fachsprache und der Unterscheidung von funktionalen und kausalen Erklärungen (K6, K8) • Analyse der Angepasstheiten ausgewählter interagierenden Arten auf morphologischer und physiologischer Ebene, z. B. bei Symbiose (K7) • Analyse von Daten zu Wechselwirkungen und Bildung von Hypothesen zur vorliegenden Beziehungsform [1], Reflexion der Datenerfassung (z. B. Diskrepanz zwischen Labor- und Freilandbedingungen, Methodik) (E9)

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Ökosystemmanagement: nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität	• erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10).	***Wie können Aspekte der Nachhaltigkeit im Ökosystemmanagement verankert werden?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Pestizideinsatz in der Landwirtschaft** *Zentrale Unterrichtssituationen*: • Analyse eines Fallbeispiels zur chemischen Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz (K12) • Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umweltnutzung und Biodiversitätsschutz beim Einsatz von Pestiziden in der Landwirtschaft und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14, B2, B5, B10) [2]

Weiterführende Materialien:

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

UV GK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen

Inhaltsfeld 4: Ökologie

Zeitbedarf: ca. 9 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel,
Fachliche Verfahren

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)
- Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)
- Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)
- Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Stoff- und Energieumwandlung:

- Stoffkreisläufe in Ökosystemen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz	• analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).	***In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • 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) • Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie) • Interpretation der Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14) • Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene • Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der modellhaften Darstellungen (E12) • ggf. Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbefunden (E14) [1]
• Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf		***Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Darstellung der Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) [2,3] • Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14)
• Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts	• 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).	***Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Angeleitete Recherche zu den geografischen, zeitlichen und sozialen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts sowie zu den beschlossenen Maßnahmen [4] • Entwicklung von Kriterien für die Bewertung der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Dimensionen für globale Entwicklung (Umwelt, Soziales, Wirtschaft) sowie Abschätzung der Wirksamkeit der Maßnahmen (B4, B7, K14, B12)

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Erkennen der Grenzen der wissenschaftlichen Wissensproduktion und der Akzeptanz vorläufiger und hypothetischer Aussagen, die auf einer umfassenden Datenanalyse beruhen (E16)

Weiterführende Materialien:

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

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

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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
	Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).	***Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?*** (ca. 6 Ustd.)	*zentrale Unterrichtssituationen:* • 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) • Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen • Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache • Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien • Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema [ggf. 3] • Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung) • Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA
		Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten? (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Transkription und Translation bei Eukaryoten** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten • Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation • Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten • Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben (Basiskonzept Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung)
• Zusammenhänge	• erklären die Auswirkungen von	***Wie können sich***	*Kontext:*

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen	Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).	***Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?*** (ca. 5 Ustd.)	**Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ Sek I, → EF) • Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus) • Ableitung der verschiedenen Typen von Genmutationen unter Berücksichtigung der molekularen Ebenen (DNA, RNA, Protein) sowie der phänotypischen Auswirkungen auf Ebene der Zelle bzw. des Organismus (Einbezug der Basiskonzepte Struktur und Funktion und Information und Kommunikation) • Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblem Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen • Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien
• Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung	• erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).	***Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?*** (ca. 7 Ustd.)	*Kontext:* **Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität • Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums (Basiskonzept Steuerung und Regelung) • Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der Modellierungen [ggf. 6] • Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung

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

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

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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen 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	http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt2.html	Das Unterrichtsmaterial „GENial einfach!“ wurde in Abstimmung mit Wissenschaftlern des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) sowie Didaktikern und Lehrkräften erstellt. Zu jedem Modul gibt es Arbeitsblätter mit Abbildungen und Aufgaben. Die Druckvorlagen der Arbeitsblätter sind komplett gestaltet. Jedes Modul schließt mit einer gestalteten Lernkontrolle – ebenfalls als PDF-Datei – ab.

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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift	• begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).	***Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen • Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion • Analyse der Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelenvielfalt von Populationen • Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimater und proximater Ursachen und der Vermeidung finaler Begründungen
• Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-	• erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7,	***Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Angepasstheiten?***	*Kontext:* **Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)** *zentrale Unterrichtssituationen:*

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness	K7, K8).	(ca. 2 Ustd.) ***Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?*** (ca. 2 Ustd.)	• Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwen-Kolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1] • Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximater und ultimater Ursachen und Vermeidung finaler Begründungen [1] • Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen
		Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären? (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Rothirsch-Geweih und Pfauenrad** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus • Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen • Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimater und proximater Ursachen
• 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).	***Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen • Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimater und proximater Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen • Zusammenfassung der Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache

Weiterführende Materialien:

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

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

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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung • Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen • Reflexion der ultimaten und proximaten Ursachen für Artwandel und Artbildung und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der genutzten Modelle
• 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).	***Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese • Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen • 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).	***Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche [1] • Deutung der molekularen Ähnlichkeiten des Kollagens und Analyse des phylogenetischen Stammbaums unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen • Erläuterung der Verwendung morphologischer und molekularer Daten zur Erstellung von Stammbäumen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen *Kontext:* **Vielfalt einer Genfamilie (z. B. Hämoglobin-Gene)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Darstellung der molekularen Ähnlichkeiten auf DNA- und Proteinebene • Erklärung der Entstehung einer Genfamilie ausgehend von Genduplikationen und

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			unabhängiger Entwicklung der einzelnen Genvarianten • Diskussion der Evolution von Genfamilien anhand von Gen-Stammbäumen und Abgrenzung zur Analyse von phylogenetischen Verwandtschaften zwischen Lebewesen
	• deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).	***Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Deutung der Übereinstimmungen im Hinblick auf die phylogenetische Verwandtschaft von Arten auf der einen Seite und den unabhängig voneinander entstandenen Mutationen auf der anderen Seite • Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung)
• Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen	• begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5).	***Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Erläuterung der Merkmale naturwissenschaftlicher Theorien unter Berücksichtigung der Evidenzbasierung sowie Begründung der Einordnung des Intelligent Design als Pseudowissenschaft • Reflexion der verschiedenen Betrachtungsweisen evolutiver Prozesse durch Religion, Philosophie und Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Intentionen der jeweiligen Quellen

Weiterführende Materialien:

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

2.1.2.3 Qualifikationsphase – Leistungskurs (in Bearbeitung: Fachschaftsinterne Absprachen: werden fortlaufend ergänzt, rot: noch nicht in FK abgestimmt)

Absprache der Fachkonferenz: Austeilen der Übersichtslisten der konkretisierten Kompetenzerwartungen, Glossararbeit

UV LK-N1: Erregungsentstehung und Erregungsleitung an einem Neuron **Inhaltsfeld 2: Neurobiologie** Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtstunden à 45 Minuten	**Fachschaftsinterne Absprachen**
Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlagen der Informationsverarbeitung, Fachliche Verfahren: Potenzialmessungen, neurophysiologische Verfahren **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B)	**Beiträge zu den Basiskonzepten:** Struktur und Funktion: • Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein Stoff- und Energieumwandlung: • Energiebedarf des neuronalen Systems Steuerung und Regelung: • Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotenzialen Individuelle und evolutive Entwicklung: • Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial	• erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12).	***Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?*** (ca. 12 Ustd.)	*Kontext:* **Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Vorstellung der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion [1] • Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vergleich einer schematischen Abbildung mit Realaufnahmen von Nervenzellen
	• entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3).		*Kontext:* **Nervenzellen unter Spannung: Die Ionentheorie des Ruhepotenzials** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Wiederholung der Transportmechanismen an Membranen (→ EF) • Klärung der Bedeutung der Ladungsverteilung an der Axonmembran unter Berücksichtigung des chemischen und elektrischen Potenzials, z. B. am Beispiel Gemeiner Kalmar (*Loligo vulgaris*) • Entwicklung von Hypothesen zur Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials und Erläuterung der Bedeutung von Natrium-Kalium-Ionenpumpen • Auswertung eines Experiments zur Beeinflussung des Ruhepotenzials (z. B. USSING-Kammer: [2])
• Bau und Funktionen von Nerven-zellen: Aktionspotenzial • neurophysiologische Verfahren, Potenzialmessungen	• erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14).		*Kontext:* **Neuronen in Aktion: schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung** *zentrale Unterrichtssituationen:* • ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal [3] • Erläuterung der Veränderungen der Ionenverteilung an der Membran beim Wechsel vom Ruhe- zum Aktionspotenzial, Phasen des Aktionspotenzials, korrekte Verwendung der Fachsprache • Beschreibung einer Versuchsanordnung zur Untersuchung von Potenzialänderungen an Neuronen • begründete Zuordnung von molekularen Vorgängen an der Axonmembran zu den passenden Kurven-Diagrammen (Potenzialmessung) [4, 5] • Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten Ionenkanäle • ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen [6]
• Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung	• vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).		*Kontext:* **Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			Schmerzwahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung [7] • modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen Aδ-Fasern und langsameren C-Fasern [8] • Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: Erhöhung des Axondurchmessers (Bsp. *Loligo vulgaris*) oder Myelinisierung • fakultativ: Ableitung ultimater 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).	***Wie kann eine Störung des neuronalen Systems die Informationsweitergabe beeinflussen?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Multiple Sklerose als Beispiel für eine neurodegenerative Erkrankung** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Erarbeitung des Krankheitsbildes: Autoimmunerkrankung, bei der die Myelinscheiden im ZNS zerstört werden [9] • Analyse der Folgen einer neurodegenerativen Erkrankung für Individuum und Gesellschaft (B2, B6)
• Bau und Funktionen von Nervenzellen: primäre und sekundäre Sinneszelle, Rezeptorpotenzial	• erläutern das Prinzip der Signaltransduktion bei primären und sekundären Sinneszellen (S2, K6, K10).	***Wie werden Reize aufgenommen und zu Signalen umgewandelt?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **„Das sieht aber lecker aus!“ – Sinneszellen und ihre adäquaten Reize** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Sensibilisierung für die biologischen Voraussetzungen einer Reizaufnahme und die damit verbundenen Einschränkungen der Wahrnehmung • Erarbeitung der Entstehung eines Rezeptorpotenzials in einer primären Sinneszelle (z. B. einer Riechsinneszelle), Darstellung der Signaltransduktion, die zur Auslösung von Aktionspotenzialen führt • Vergleich der Funktionsweise mit einer sekundären Sinneszelle, z. B. einer Geschmackssinneszelle • Hypothesenbildung zur Codierung der Reizstärke, Visualisierung der Zusammenhänge zwischen Reizstärke, Rezeptorpotenzial und Frequenz der Aktionspotenziale

Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/download/8273	Arbeitsmaterial „Bau und Funktion von Neuronen“

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

UV LK-N2: Informationsweitergabe über Zellgrenzen

Inhaltsfeld 2: Neurobiologie

Zeitbedarf: ca. 14 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Fachschaftsinterne Absprachen

- Erstellung von Erklärfilmen zur Synapse

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlagen der Informationsverarbeitung, Neuronale Plastizität

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Informationen aufbereiten (K)
- Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:
- Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein

Stoff- und Energieumwandlung:
- Energiebedarf des neuronalen Systems

Information und Kommunikation:
- Codierung und Decodierung von Information an Synapsen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Synapse: Funktion	• erklären die Erregungsübertragung	***Wie erfolgt die***	**Kontext:**

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse	an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6). • erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14).	***Erregungsleitung vom Neuron zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?*** (ca. 8 Ustd.)	**Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer erregenden chemischen Synapse (z. B. cholinerge Synapse) [1] • Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und behandelten Synapse *Kontext:* **Warum hilft Kratzen gegen Juckreiz?** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Vergleich von erregender und hemmender Synapse sowie Verrechnung von EPSP und IPSP (z. B. anhand des Modells einer Glühlampe, die abhängig vom Füllstand der leitenden Flüssigkeit leuchtet [2]) • Auswertung von Potenzialdarstellungen hinsichtlich der Verrechnung von Potenzialen [3,4] • Anwendung der Hemmung am Beispiel der Linderung des Juckreizes durch Kratzen [5] • ggf. Einsatz der Lernaufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“ zur Vertiefung der Stoffeinwirkung an Synapsen [6]
• Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation	• erläutern die Bedeutung der Verrechnung von Potenzialen für die Erregungsleitung (S2, K11).		
• Stoffeinwirkung an Synapsen	• nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).		*Kontext:* **Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Vorstellung der Wirkungsweise von Cannabis. Hinweis: Da die konkretisierte Kompetenzerwartung vorwiegend dem Kompetenzbereich Bewertung zugeordnet ist, soll auf eine detaillierte Darstellung der molekularen Wirkungsweise von Cannabis verzichtet werden. Im Fokus steht der Prozess der Bewertung mit anschließender Stellungnahme. • Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [7, 8, 9]
• Zelluläre Prozesse des Lernens	• erläutern die synaptische Plastizität auf der zellulären Ebene und leiten ihre Bedeutung für den Prozess des	***Wie kann Lernen auf neuronaler Ebene erklärt werden?***	*Kontext:* **Lernen verändert das Gehirn** *zentrale Unterrichtssituationen:*

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
	Lernens ab (S2, S6, E12, K1).	(ca. 4 Ustd.)	• Erarbeitung der synaptischen Plastizität auf zellulärer Ebene als aktivitätsabhängige Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung (S6, E12, K1) [10] • Erläuterung der Modellvorstellung vom Lernen durch Plastizität des neuronalen Netzwerks (Bahnung) und Ableitung von Strategien für den eigenen Lernprozess: Strukturierung und Kontextualisierung, Wiederholung, Nutzung verschiedener Eingangskanäle (multisensorisch, v.a. Visualisierung), Belohnung [11] • ggf. Planung und Durchführung von Lernexperimenten (Zusammenhang zwischen Wiederholung und Lernerfolg, Einfluss von Ablenkung auf erfolgreiches Lernen) • ggf. Analyse der eigenen Einstellung zum Lernen bzw. zum Lerngegenstand, hier auch kritische Reflexion von geschlechterspezifischen Stereotypen möglich
• Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung	• beschreiben die Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung am Beispiel der Stressreaktion (S2, S6).	***Wie wirken neuronales System und Hormonsystem bei der Stressreaktion zusammen?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Körperliche Reaktionen auf Schulstress** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung von Wissen zu Hormonen (→ Sek I) • Erarbeitung der wesentlichen Merkmale des hormonellen Systems beim Menschen • Vergleich der Unterschiede zwischen dem neuronalen und dem hormonellen System und Ableitung der Verschränkung beider Systeme [12] • ggf. Vertiefung durch Recherche der Bedeutung von Eustress oder der Bedeutung von Entspannungsphasen z. B. in Prüfungszeiten

Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369	Arbeitsmaterial zur Funktionsweise einer chemischen Synapse
2	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6083	Zusatzmaterial „Modell zur neuronalen Verrechnung“
3	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5452	Arbeitsmaterial „Neuronale Informationsverarbeitung“
4	https://asset.klett.de/assets/3df4d75/Neuronale-Verschaltung.pdf	Arbeitsblatt zur neuronalen Verschaltung und Verrechnung
5	https://www.spektrum.de/frage/warum-hilft-kratzen-gegen-jucken/1288571	Informationen zur Wirkung von Schmerzreizen auf Juckreiz
6	https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794	IQB-Aufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
7	https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen,cannabis212.html	Informationen und kurzer Film zu Cannabis in der Schmerztherapie
8	https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie	FAQ des Kantonsspitals St. Gallen zur Schmerztherapie mit Cannabis
9	https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?__blob=publicationFile	Hintergrundinformationen zu Cannabis als Medizin aus der Begleiterhebung zum Gesetz von 2017
10	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5862	Unterrichtsreihe „Plastizität und Lernen“ (SINUS), hieraus einzelne Materialien
11	https://www.max-wissen.de/max-media/synaptische-plastizitaet-wie-synapsen-funken-max-planck-cinema/	Link zu einem Informationsvideo und weiterführende Materialhinweise
12	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6084	Zusatzmaterial „Hormon- und Nervensystem“

UV LK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen **Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie** Zeitbedarf: ca. 6 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	
Inhaltliche Schwerpunkte: Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)	**Beiträge zu den Basiskonzepten:** Struktur und Funktion: • Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle. Stoff- und Energieumwandlung: • Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Energieumwandlung • Energieentwertung • Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel • ATP-ADP-System • Stofftransport zwischen den Kompartimenten • Chemiosmotische ATP-Bildung	• vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).	***Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?*** (ca. 6 Ustd)	*Kontext:* **Leben und Energie – Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen**. *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (→EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle $NADH+H^+$ und ATP • Erarbeitung des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (→ Physik Sek I) [1] • Erarbeitung der Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen [1] • Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP. Die Turbine entspricht der ATP-Synthase. Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen von Modellen (E12) [2] • Vernetzung und Ausblick: Benennung der Mitochondrien und Chloroplasten als Orte der membranbasierten Energieumwandlung in eukaryotischen Zellen. Aufstellen von Vermutungen zur Energiequelle für die Aufrechterhaltung des Protonengradienten in Chloroplasten (Lichtenergie) und Mitochondrien (chemische Energie aus der Oxidation von Nährstoffen)

Weiterführende Materialien:

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

UV LK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen

Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)
- Informationen erschließen (K)
- Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle.

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Steuerung und Regelung:

- Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Feinbau Mitochondrium • Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäure-zyklus und Atmungskette • Energetisches Modell der Atmungskette • Redoxreaktionen	• stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9), • vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).	***Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?*** (ca. 8 Ustd)	*Kontext:* **Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt** [1] *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung des Vorwissens zum Feinbau von Mitochondrien und Skizze eines Schaubildes mit den wesentlichen Schritten der Zellatmung und deren Verortung in Zellkompartimenten. Sukzessive Ergänzung des Schaubildes im Verlauf des Unterrichts (K9) • Beschreibung der Glykolyse als ersten Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierung auf die Entstehung von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse • Beschreibung des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den Mitochondrien durch oxidative Decarboxylierung und die Prozesse im Tricarbonsäurezyklus, dabei Fokussierung auf die Reaktionen, in denen Reduktionsäquivalente und ATP gebildet werden • Aufstellung einer Gesamtbilanz aus den ersten drei Schritten und Abgleich mit der Bruttogleichung der Zellatmung

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			Hinweis: Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können. *Kontext:* **Knallgasreaktion in den Mitochondrien?** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Demonstration der stark exergonischen Knallgasreaktion (ggf. Video) und Aufstellung der Reaktionsgleichung, Hypothesenbildung zum Ablauf der analogen Reaktion in den Mitochondrien • Vertiefung des Feinbaus von Mitochondrien bezüglich der Proteinausstattung der inneren Mitochondrienmembran • Veranschaulichung der Redoxreaktionen und des Gefälles der Redoxpotenziale in einem energetischen Modell der Atmungskette (E12) • Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und $NADH+H^+$ als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten • Vervollständigung des Schaubilds und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9) • fakultative Vertiefung weiterer kataboler Reaktionswege, die für den Energiestoffwechsel relevant sind: Oxidation anderer Nährstoffe sowie Abbau eigener Körpersubstanz, Tricarbonsäurezyklus als Stoffwechseldrehscheibe
• Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung	• stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9),	***Welche Bedeutung haben Gärungsprozesse für die Energiegewinnung?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **PASTEUR-Effekt: Höherer Glucoseverbrauch von Hefezellen unter anaeroben Bedingungen** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Problematisierung der Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Glykolyse: Regeneration des NAD^+ bleibt aus (fehlender Endakzeptor für Elektronen in der Atmungskette) • Erläuterung der Stoffwechselreaktionen der alkoholischen Gärung und Milchsäuregärung und deren Bedeutung für die Regeneration von NAD^+ • Verwendung geeigneter Darstellungsformen für den stofflichen und energetischen Vergleich der behandelten Stoffwechselwege (K9) • ggf. Vertiefung: Vergleich der Prozesse bei fakultativen und obligaten Anaerobiern

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Stoffwechselregulation auf Enzymebene	• erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12), • nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9)	***Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren (→EF) • Anwendung des Konzepts der enzymatischen Regulation auf ausgewählte enzymatische Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels (z.B. Feedbackhemmung der Phosphofructokinase) (E12) • Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2,3] • angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4) [4] • Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5]

Weiterführende Materialien:

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

UV LK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie

Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel, Fachliche Verfahren: Chromatografie, Tracer-Methode

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Biologische Sachverhalte betrachten (S)
- Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)
- Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)
- Informationen aufbereiten (K)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Zelldifferenzierung bei C_3- und C_4-Pflanzen

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren	• analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11),	***Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ SI) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität • Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6) • Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9-11)
• Funktionale Angepasstheiten: Blattaufbau	• erklären funktionale Angepasstheiten an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen	***Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?***	*Kontext:* **Stärkenachweis in panaschierten Blättern – Die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt**

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
	Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8),	(ca. 4 Ustd.)	*Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind • Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie • Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3] • Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Angepasstheiten von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate • ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Angepasstheiten (K7)
• Funktionale Angepasstheiten: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Lichtsammelkomplex, Feinbau Chloroplast • Chromatografie	• erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13),	***Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Der ENGELMANN-Versuch – Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4] • Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese • Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4) • Beschreibung des Aufbaus der Reaktionszentren in der Thylakoidmembran von Chloroplasten • Erläuterung der Funktionsweise von Lichtsammelkomplexen und ihrer Organisation zu Fotosystemen unter Verwendung von Modellen • Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)
• Chemiosmotische ATP-Bildung • Energetisches Modell der	• vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von	***Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?***	*Kontext:* **Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?**

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
Lichtreaktionen • Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen, • Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration • Tracer-Methode • Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel	energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11). • erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9), • werten durch die Anwendung von Tracermethoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).	(ca. 12 Ustd.)	*Zentrale Unterrichtssituationen:* • Erstellung eines übersichtlichen Schaubildes für die Fotosynthese auf Grundlage des Vorwissens (Edukte, Produkte, Reaktionsbedingungen) (K9) • Beschreibung des EMERSON-Effekts anhand eines Diagramms zur Fotosyntheseleistung bei unterschiedlichen Wellenlängen, Identifizierung von Fragestellungen zur Funktionsweise der Fotosysteme (E2) • Entwicklung einer vereinfachten Darstellung der Lichtreaktion in einem energetischen Modell, welche den Energietransfer in den beiden Fotosystemen, die Fotolyse des Wassers, den Elektronentransport über Redoxsysteme mit Redoxpotenzialgefälle und die Bildung von NADPH+ H^+ berücksichtigt (K11) [5] • Vergleich des membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in der Atmungskette und der Primärreaktion (E12) (→UV 2) • Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse • Erläuterung des Tracer- Experiments von CALVIN und BENSON zur Aufklärung der Synthesereaktion und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse (E10, E15) • Ergänzung des Schaubildes zur Fotosynthese durch den stofflichen und energetischen Zusammenhang der Teilreaktionen (S2, E9) • Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle (S7, E9)

Weiterführende Materialien:

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

UV LK-S4: Fotosynthese – natürliche und anthropogene Prozessoptimierung

Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)
- Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Zelldifferenzierung bei C_3- und C_4-Pflanzen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Funktionale Angepasstheiten: Blattaufbau • C_4-Pflanzen • Stofftransport zwischen Kompartimenten	• vergleichen die Sekundärvorgänge bei C_3- und C_4- Pflanzen und erklären diese mit der Angepasstheit an unterschiedliche Standortfaktoren (S1, S5, S7, K7),	***Welche morphologischen und physiologischen Angepasstheiten ermöglichen eine effektive Fotosynthese an heißen und trockenen Standorten?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Verhungern oder Verdursten? – Angepasstheiten bei Mais und Hirse** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Erläuterung der Standortfaktoren von C_4-Pflanzen, Hypothesenbildung zu Angepasstheiten, auch unter Berücksichtigung der höheren FS-Leistung • Identifizierung der anatomischen Unterschiede im schematischen Blattquerschnitt von C_3- und C_4-Pflanzen und Beschreibung der physiologischen Unterschiede • Erläuterung der höheren Fotosyntheseleistung der C_4-Pflanzen an warmen, trockenen Standorten, dabei Fokussierung auf die unterschiedliche CO_2-Affinität der Enzyme PEP-Carboxylase und Rubisco • fakultativ: Vergleich verschiedener Fotosyntheseformen inclusive CAM
• Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen	• beurteilen und bewerten multiperspektivisch Zielsetzungen einer biotechnologisch optimierten Fotosynthese im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung (E17, K2, K13, B2, B7, B12)	***Inwiefern können die Erkenntnisse aus der Fotosyntheseforschung zur Lösung der weltweiten CO_2-Problematik beitragen?***	*Kontext:* **Künstliche Fotosynthese – eine Maßnahme gegen den Klimawandel?** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • angeleitete Recherche zu einem Entwicklungsprozess der künstlichen Fotosynthese mit den Zielen der Fixierung überschüssigen Kohlenstoffdioxids und der Produktion

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
		(ca. 4 Ustd.)	nachhaltiger Rohstoffe (K2) [1,2] • Reflexion der Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung (E17) • Diskussion des Sachverhalts „biotechnologisch optimierte Fotosynthese“, Erkennen unterschiedlicher Interessen und ethischer Fragestellungen (B2) • Aufstellen von wertebasierten Bewertungskriterien innerfachlicher und gesellschaftlicher/ wirtschaftlicher Art (B7) • Bewertung der Zielsetzungen aus ökologischer, ökonomischer, politischer und sozialer Perspektive (B12)

Weiterführende Materialien:

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

UV LK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen **Inhaltsfeld 4: Ökologie** **Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtstunden à 45 Minuten**	**Fachschaftsinterne Absprachen:** • **Exkursion zur Agger - Gewässeranalyse**
Inhaltliche Schwerpunkte: Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliche Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und quantitative und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) • Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E) Informationen aufbereiten (K)	**Beiträge zu den Basiskonzepten:** Struktur und Funktion: • Kompartimentierung in Ökosystemebenen Steuerung und Regelung: • Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz Individuelle und evolutive Entwicklung: Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren	• erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5-7, K8).	***Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Modellökosysteme, z. B. Flaschengarten** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ SI) • Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem mit Hilfe einer Concept Map • Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8) • Präsentation zentraler Fragestellungen und Forschungsgebiete der Ökologie, die bei der Untersuchung des Zusammenwirkens von abiotischen und biotischen Faktoren im Verlauf der Unterrichtsvorhaben zur Ökologie eine Rolle spielen (Advance Organizer)
• Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven	• untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1-3, E9, E13).	***Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?*** (ca. 8 Ustd.)	*Kontext:* **Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum.** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • 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) • Untersuchung der Temperaturpräferenz bei Wirbellosen • Interpretation von Toleranzkurzen eurythermer und stenothermer Lebewesen (E9) • Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperaturtoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung. Berücksichtigung der unterschiedlichen Temperaturtoleranz für Überleben, Wachstum und Fortpflanzung • Erweiterung des Konzepts der physiologischen Toleranz durch die Analyse von Daten aus Mehrfaktorenexperimenten, kritische Betrachtung der Übertragbarkeit der in Laborversuchen gewonnenen Daten auf die Situation im Freiland (E13)

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Beschreibung des Wirkungsgesetzes der Umweltfaktoren • Reflexion der Methodik und Schlussfolgerung, dass die Auswirkungen veränderter Umweltbedingungen aufgrund des komplexen Zusammenwirkens vieler Faktoren nur schwer vorhersagbar sind (E13)
• Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, • Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz • Ökologische Nische	• analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–K8). • erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8).	***Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen Standorten auf die Verbreitung von Arten?*** (ca. 7 Ustd.)	*Kontext:* **Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur** *Zentrale Unterrichtssituationen*: • Analyse von Langzeitdaten zur Abundanz verschiedener Arten in Mischkultur im Freiland und Vergleich der Standortfaktoren mit in Laborversuchen erhobenen Standortpräferenzen (E9, E17) • Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz (S7) • Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (K6–8) • Erläuterung des Konzepts der „ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller abitischen und biotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV 2 Ökologie) • Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und ultimate Erklärung der Einnischung (K7,8)
• Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, • Erfassung ökologischer Faktoren und quantitative und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal	• bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8). • analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).	***Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?*** (ca. 4 Ustd.) + Exkursion	*Kontext:* **Wie geht es der Agger? – Zeigerarten geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Exkursion im Schulumfeld, Bestimmung und quantitative Erfassung von Arten und Einführung in das Prinzip des Biomonitorings, z.B. anhand des Saprobienindexes oder der Ermittlung von Zeigerpflanzen [1] (E4, E7–9) • Sensibilisierung für den Zusammenhang von Korrelation und Kausalität beim Biomonitoring (K8) und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses • Ableitung von Handlungsoptionen für das untersuchte Ökosystem (E15) • Internetrecherche zur ökologischen Problematik von intensiver Grünlandbewirtschaftung in Gewässernähe oder Kanalisierungsmaßnahmen und Begründung von Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen von heimischen Gewässern (z. B. Emscher) (K11–14)

Weiterführende Materialien:

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

UV LK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften

Inhaltsfeld 4: Ökologie

Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)
- Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)
- Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen (B)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum • Fortpflanzungsstrategien: r- und K-Strategien	• interpretieren grafische Darstellungen der Populationsdynamik unter idealisierten und realen Bedingungen auch unter Berücksichtigung von Fortpflanzungsstrategien (S5, E9, E10, E12, K9).	***Welche grundlegenden Annahmen gibt es in der Ökologie über die Dynamik von Populationen?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Sukzession – wie verändern sich die Populationsdichte und -zusammensetzung an Altindustriestandorten? [1]** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Analyse der Bedingungen für exponentielles und logistisches Wachstum, Interpretation von grafischen Darstellungen unter idealisierten und realen Bedingungen (E9, E10) • Erläuterung von dichtebegrenzenden Faktoren • Recherche der charakteristischen Merkmale von r- und K- Strategen und Analyse von grafischen Darstellungen der charakteristischen Populationsdynamik (K9), Bezug zur veränderten Biozönose in Sukzessionsstadien (z. B. überwiegend r-Strategen auf einer Industriebrache) • Kritische Reflexion der im Unterricht verwendeten vereinfachten Annahmen zur Populationsökologie (E12)
• Interspezifische Beziehungen: Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen	• analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6-K8).	***In welcher Hinsicht stellen Organismen selbst einen Umweltfaktor dar?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Gut vernetzt – Wechselwirkungen in Biozönosen** *Zentrale Unterrichtssituationen*: • Beschreibung der charakteristischen Merkmale von Konkurrenz (→ UV 1 Ökologie), Räuber-Beute-Beziehung, Parasitismus, Mutualismus und Symbiose an aussagekräftigen Beispielen. Ggf. Präsentationen zu Wechselwirkungen unter Berücksichtigung der Fachsprache und der Unterscheidung von funktionalen und kausalen Erklärungen (K6, K8) • Analyse der Angepasstheiten ausgewählter interagierenden Arten auf morphologischer und physiologischer Ebene, z. B. bei Symbiose oder Parasitismus (K7) • Analyse von Daten zu Wechselwirkungen und Bildung von Hypothesen zur vorliegenden Beziehungsform [2], Reflexion der Datenerfassung (z. B. Diskrepanz zwischen Labor- und Freilandbedingungen, Methodik) (E9) • Interpretation grafischer Darstellungen von Räuber-Beute-Systemen und kritische Reflexion der Daten auch im Hinblick auf Bottom Up- oder Top Down-Kontrolle (E9)
• Ökosystemmanagement: nachhaltige Nutzung,	• erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten	***Wie können Aspekte der Nachhaltigkeit im***	*Kontext:* **Pestizideinsatz in der Landwirtschaft**

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
Bedeutung und Erhalt der Biodiversität • Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt	Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10). • analysieren Schwierigkeiten der Risikobewertung für hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt unter Berücksichtigung verschiedener Interessenslagen (E15, K10, K14, B1, B2, B5).	***Ökosystemmanagement verankert werden?*** (ca. 6 Ustd.)	*Zentrale Unterrichtssituationen*: • Analyse eines Fallbeispiels zur Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz unter Berücksichtigung der kurzfristigen und langfristigen Populationsentwicklung des Schädlings • Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umweltnutzung und Biodiversitätsschutz, z. B. anhand der intensiven Landwirtschaft und dem Einsatz von Pestiziden für den Pflanzenschutz • Bewertung von Handlungsoptionen im Sinne eines nachhaltigen Ökosystemmanagements und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14) [3] • Angeleitete Recherche (z. B. auf den Seiten des Umweltbundesamtes [4]) zu den Auswirkungen hormonartig wirkender Pestizide auf Tiere und die Fruchtbarkeit des Menschen sowie der Anreicherung in Nahrungsketten (K10) • Nennung der Schwierigkeiten, die bei der Risikobewertung hormonartig wirkender Substanzen in der Umwelt auftreten und Diskussion der damit verbundenen Problematik eines Verbotsverfahrens (BfR Endokrine Disruptoren) (E15) • Analyse der Interessenslagen der involvierten Parteien (B1, B2) [5]

Weiterführende Materialien:

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

UV LK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen

Inhaltsfeld 4: Ökologie

Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

Inhaltliche Schwerpunkte:

Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität

Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)
- Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)
- Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)
- Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)

Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Stoff- und Energieumwandlung:

- Stoffkreisläufe in Ökosystemen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz	• analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).	***In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ SI) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4) • ggf. Analyse eines Fallbeispiels zur Entkopplung von Nahrungsketten durch die Erderwärmung [1] • Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie) • Interpretation der Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14) • Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene • Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der modellhaften Darstellungen (E12) • Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbefunden (E14) [2]
• Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf		***Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Darstellung der Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) und Identifikation von Kohlenstoffspeichern (K5) [3,4] • Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14) [5] • Recherche zu Kipppunkten (Tipping Points) des Klimawandels und Erläuterung eines Kippelements, z. B. Permafrostboden (K2) [6]

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts • Ökologischer Fußabdruck	• 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). • beurteilen anhand des ökologischen Fußabdrucks den Verbrauch endlicher Ressourcen aus verschiedenen Perspektiven (K13, K14, B8, B10, B12).	***Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Identifikation nicht wissenschaftlicher Aussagen im Vergleich zu wissenschaftlich fundierten Aussagen bezüglich des anthropogenen Einflusses auf den Treibhauseffekt (E16) [7] • Angeleitete Recherche zu den geografischen, zeitlichen und sozialen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts sowie zu den beschlossenen Maßnahmen [8] • Entwicklung von Kriterien für die Bewertung der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Dimensionen für globale Entwicklung (Umwelt, Soziales, Wirtschaft) sowie Abschätzung der Wirksamkeit der Maßnahmen (B4, B7, K14, B12) • Ermittlung eines ökologischen Fußabdrucks, Reflexion der verschiedenen zur Ermittlung herangezogenen Dimensionen, Sammlung von Handlungsoptionen im persönlichen Bereich (B8, K13) • Erkennen der Grenzen der wissenschaftlichen Wissensproduktion und der Akzeptanz vorläufiger und hypothetischer Aussagen, die auf einer umfassenden Datenanalyse beruhen (E16) • ggf. kritische Auseinandersetzung mit dem in der Wissenschaft diskutierten Begriffs des „Anthropozän“
• Stickstoffkreislauf • Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, nachhaltige Nutzung	• analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen den Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14). • analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).	***Wie können umfassende Kenntnisse über ökologische Zusammenhänge helfen, Lösungen für ein komplexes Umweltproblem zu entwickeln?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Umweltproblem Stickstoffüberschuss: Ursachen und Auswege** *Zentrale Unterrichtssituationen:* • Erarbeitung des natürlichen Stickstoffkreislaufs, Identifikation der Stoffspeicher und Austauschwege. Fokussierung auf die Anteile von molekularem Stickstoff und biologisch verfügbaren Verbindungen. • Fokussierung auf die anthropogene Beeinflussung des Stickstoffkreislaufs und Strukturierung von Informationen zur komplexen Umweltproblematik durch Stickstoffverbindungen (K2, K5) [9,10] • Recherche zu einem ausgewählten, ggf. lokalen Umweltproblem, welches auf einem zu hohen Stickstoffeintrag beruht und zu den unternommenen Renaturierungsmaßnahmen (K11–14).

Weiterführende Materialien:

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

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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation	• leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10).	***Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ SI, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4] • Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STAHL-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2] • Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos • Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynukleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
	• erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).	***Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?*** (ca. 8 Ustd.)	*Kontext:* **Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten** *zentrale Unterrichtssituationen:* • 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) • Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen • Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache) • Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien • Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema • Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung) • Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA
	• deuten Ergebnisse von Experimenten zum Ablauf der Proteinbiosynthese (u. a. zur Entschlüsselung des genetischen Codes) (S4, E9, E12, K2, K9).		• Analyse der Experimente von MATTHAEI und NIRENBERG zur Entschlüsselung des genetischen Codes nach dem naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung [3] und ggf. weiterer Experimente • Reflexion der Fragestellungen und Methoden der ausgewählten Experimente zum Ablauf der Proteinbiosynthese (z. B. hinsichtlich der technischen Möglichkeiten)
	• erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).	***Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Transkription und Translation bei Eukaryoten** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation • Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten • Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben (Basiskonzept Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung)
• Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen	• erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).	***Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?*** (ca. 5 Ustd.)	*Kontext:* **Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ SI, → EF) • Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus) • Ableitung der verschiedenen Typen von Genmutationen unter Berücksichtigung der molekularen Ebenen (DNA, RNA, Protein) sowie der phänotypischen Auswirkungen auf Ebene der Zelle bzw. des Organismus (Einbezug der Basiskonzepte Struktur und Funktion und Information und Kommunikation) • Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblem Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen • Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien
• PCR • Gelelektrophorese	• erläutern PCR und Gelelektrophorese unter anderem als Verfahren zur Feststellung von Genmutationen (S4, S6, E8–10, K11).	***Mit welchen molekularbiologischen Verfahren können zum Beispiel Genmutationen festgestellt werden?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Analyse von Genmutationen (z. B. SARS-CoV-2-Mutanten, Diagnose von Gendefekten oder Resistenzen) [5]** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Erläuterung der PCR-Methode unter Berücksichtigung der Funktionen der Komponenten eines PCR-Ansatzes und des Ablaufs der PCR [6] • Diskussion der möglichen Fehlerquellen und der Notwendigkeit von Negativkontrollen bei Anwendungen der PCR • Erläuterung des Grundprinzips der DNA-Gelelektrophorese und

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			Anwendung der Verfahren zur Identifikation von Genmutationen durch Wahl der Primer oder ggf. RFLP-Analyse (dann Erklärung der Funktion von Restriktionsenzymen als Werkzeug der Molekularbiologie); Benennung der DNA-Sequenzierung als Technik zur Analyse von Sequenzunterschieden [7]

Weiterführende Materialien:

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

UV LK-G2: DNA – Regulation der Genexpression und Krebs **Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution** Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	**Fachschaftsinterne Absprachen**
Inhaltliche Schwerpunkte: Molekulargenetische Grundlagen des Lebens **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)	**Beiträge zu den Basiskonzepten:** Stoff- und Energieumwandlung: • Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese Information und Kommunikation: • Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese Steuerung und Regelung: • Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen 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). • erläutern die Genregulation bei Eukaryoten durch RNA-Interferenz und Histon-Modifikation anhand von Modellen (S5, S6, E4, E5, K1, K10).	***Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?*** (ca. 10 Ustd.)	*Kontext:* **Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität • Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums (Basiskonzept Steuerung und Regelung) • Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung und z. B. Histon-Acetylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der verschiedenen Modellierungen auch unter Berücksichtigung des Variablengefüges [1]

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Erläuterung des natürlichen Mechanismus der RNA-Interferenz bei Pflanzen und Tieren anhand einer erarbeiteten Modellierung ausgehend von verschiedenen Darstellungen und Präsentation der Ergebnisse [2] • Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung
• Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin	• begründen Eigenschaften von Krebszellen mit Veränderungen in Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen (Tumor-Suppressor-Genen) (S3, S5, S6, E12).	***Wie können zelluläre Faktoren zum ungehemmten Wachstum der Krebszellen führen?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Krebsentstehung als Deregulation zellulärer Kontrolle des Zellzyklus [3]** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen zur Bedeutung des Zellzyklus und Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF) • Erläuterung der Eigenschaften von Krebszellen und medizinischer Konsequenzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen (Basiskonzept Steuerung und Regelung) • Modellierung der Wirkweise der von Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen codierten Faktoren (wie etwa RAS und p53) in Bezug auf die Kontrolle des Zellzyklus • Formulierung von Hypothesen zu deren Fehlfunktion aufgrund von Mutationen unter Bezug auf Mechanismen der Genregulation (Basiskonzept Steuerung und Regelung) unter Einbezug der verschiedenen Systemebenen
	• begründen den Einsatz der personalisierten Medizin in der Krebstherapie (S4, S6, E14, K13).	***Welche Chancen bietet eine personalisierte Krebstherapie?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Krebstherapie: Ermöglicht eine Personalisierung die Vermeidung von Nebenwirkungen?** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen zur Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF) • Erläuterung der Nebenwirkungen von Zytostatika ausgehend von generellen Eigenschaften der Tumorzellen • Formulierung von Hypothesen zu Therapieansätzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen und der Verminderung von Nebenwirkungen bei systemischer Behandlung • Begründung einer Genotypisierung zum Beispiel vor der Chemotherapie mit 5-Fluorouracil [4] und ggf. weiterer Ansätze zu individualisierten Behandlungsmethoden [5, 6] (auch Einbezug von mRNA-Techniken ist möglich) auch unter Berücksichtigung der entstehenden Kosten durch medizinische

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			Forschung und Produktion der Wirkstoffe

Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	https://www.youtube.com/watch?v=xshPL5hU0Kg&t=104s	Max-Planck-Video Epigenetik
2	https://www.youtube.com/watch?v=cL-IZnpY6Qg	Max-Planck-Video RNA-Interferenz
3	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5648	Arbeitsblätter und Materialien der SINUS-Gruppe zur Erarbeitung der Deregulation des Zellzyklus bei Krebszellen
4	https://www.bfarm.de/SharedDocs/Risikoinformationen/Pharmakovigilanz/DE/RV_STP/a-f/fluorouracil-neu.html https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30348537/ https://cdrjournal.com/article/view/2994	Genotypisierung vor Behandlung mit 5-Fluorouracil bzw. Capecitabin zur Feststellung der passenden Dosierung des Wirkstoffs
5	https://www.aerzteblatt.de/archiv/105880/Personalisierte-Medizin-in-der-Onkologie-Fortschritt-oder-falsches-Versprechen	Übersichtsartikel zu personalisierter Medizin
6	http://www.ngfn-2.ngfn.de/genialeinfach/htdocs/ngfn_modul3_arbeitsblatt5.html	Das Unterrichtsmaterial „GENial einfach!“ wurde in Abstimmung mit Wissenschaftlern des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) sowie Didaktikern und Lehrkräften erstellt. Zu jedem Modul gibt es Arbeitsblätter mit Abbildungen und Aufgaben. Die Druckvorlagen der Arbeitsblätter sind komplett gestaltet. Jedes Modul schließt mit einer gestalteten Lernkontrolle – ebenfalls als PDF-Datei – ab.

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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie	• analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8).	***Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF) • Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse • Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen • ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1]
• Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren	• erklären die Herstellung rekombinanter DNA und nehmen zur Nutzung gentechnisch veränderter Organismen Stellung (S1, S8, K4, K13, B2, B3, B9, B12).	***Wie wird rekombinante DNA hergestellt und vermehrt?*** ***Welche ethischen Konflikte treten bei der Nutzung gentechnisch veränderter Organismen auf?*** (ca. 8 Ustd.)	*Kontext:* **Insulinproduktion durch das Bakterium *Escherichia coli*** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Erläuterung der Eigenschaften und Funktionen von gentechnischen Werkzeugen wie Restriktionsenzymen, DNA-Ligase und den Grundelementen eines bakteriellen Vektors sowie der Herstellung rekombinanter DNA und ihrer Vermehrung in Bakterien, ggf. Blau-Weiß-Selektion • Ableitung der erhöhten Komplexität der gentechnischen Manipulation eukaryotischer Systeme

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie	• bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen und nehmen zum Einsatz gentherapeutischer Verfahren Stellung (S1, K14, B3, B7–9, B11).	***Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?*** (ca. 6 Ustd.)	• Diskussion der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen unter Berücksichtigung des Erhalts der Biodiversität, ökonomischer Aspekte, politischer und sozialer Perspektiven, ggf. Einbindung von [2] • Reflexion des Entscheidungsprozesses mit Unterscheidung zwischen deskriptiven und normativen Aussagen sowie Berücksichtigung der Intention der verwendeten Quellen *Kontext:* **Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen • Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen • Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive • ggf. Erläuterung der Möglichkeiten und Risiken gentherapeutischer Verfahren wie die Anwendung von CRISPR-Cas [3, 4] beim Menschen und Diskussion der relevanten Bewertungskriterien aus verschiedenen Perspektiven

Weiterführende Materialien:

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

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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift	• begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).	***Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?*** (ca. 6 Ustd.)	*Kontext:* **Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen • Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion • Analyse der Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelvielfalt von Populationen • Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimater und proximater Ursachen und der Vermeidung finaler Begründungen
• 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).	***Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Angepasstheiten?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwen-

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
reproduktive Fitness		***Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?*** (ca. 3 Ustd.)	Kolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1] • Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximater und ultimater Ursachen und Vermeidung finaler Begründungen [1] • Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen
		Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären? (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Rothirsch-Geweih und Pfauenrad** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus • Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen • Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimater und proximater Ursachen
• 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).	***Wie lassen sich die Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten erklären?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Variabilität der Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Ableitung der Zusammenhänge zwischen Reproduktionserfolg, ökologischer Situation und Paarungsstrategie für Männchen bzw. Weibchen und Entwicklung von Hypothesen zu den Strategien z. B. bei Krallenaffen [2] • Erläuterung der endogenen und exogenen Ursachen von Fortpflanzungsverhalten unter der Berücksichtigung proximater und ultimater 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).	***Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen • Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimater und proximater Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen • Zusammenfassung der Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache

Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6079	Dieses Zusatzmaterial beinhaltet Sachinformationen für die Lehrkraft sowie einen Entwurf für ein mögliches Vorgehen im Unterricht basierend auf den Verhaltensexperimenten bei Lachmöwen der Gruppe von N. TINBERGEN.
2	https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6080	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.

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

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation	• erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7).	***Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache • Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen • Ableitung des populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung • Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen • Reflexion der ultimaten und proximaten Ursachen für Artwandel und Artbildung und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der genutzten Modelle
• molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und	• deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und	***Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft***	*Kontext:* **Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?**

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
abgeleitete Merkmale	vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).	***hin?*** (ca. 3 Ustd.)	*zentrale Unterrichtssituationen:* • Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese • Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen • 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).	***Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?*** (ca. 4 Ustd.)	*Kontext:* **Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche [1] • Deutung der molekularen Ähnlichkeiten des Kollagens und Analyse des phylogenetischen Stammbaums unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen • Erläuterung der Verwendung morphologischer und molekularer Daten zur Erstellung von Stammbäumen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen *Kontext:* **Vielfalt einer Genfamilie (z. B. Hämoglobin-Gene)** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Darstellung der molekularen Ähnlichkeiten auf DNA- und Proteinebene • Erklärung der Entstehung einer Genfamilie ausgehend von Genduplikationen und unabhängiger Entwicklung der einzelnen Genvarianten • Diskussion der Evolution von Genfamilien anhand von Gen-Stammbäumen und Abgrenzung zur Analyse von phylogenetischen Verwandtschaften zwischen Lebewesen
	• deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9,	***Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Deutung der Übereinstimmungen im Hinblick auf die phylogenetische

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
	E12, K8).		Verwandtschaft von Arten auf der einen Seite und den unabhängig voneinander entstandenen Mutationen auf der anderen Seite • Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung)
• Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen	• begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5).	***Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?*** (ca. 2 Ustd.)	*Kontext:* **Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Erläuterung der Merkmale naturwissenschaftlicher Theorien unter Berücksichtigung der Evidenzbasierung sowie Begründung der Einordnung des Intelligent Design als Pseudowissenschaft • Reflexion der verschiedenen Betrachtungsweisen evolutiver Prozesse durch Religion, Philosophie und Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Intention der jeweiligen Quelle

Weiterführende Materialien:

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

•

UV LK-E3: Humanevolution und kulturelle Evolution **Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution** Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	**Fachschaftsinterne Absprachen** • ggf. Besuch des Neanderthal-Museums
Inhaltliche Schwerpunkte: Entstehung und Entwicklung des Lebens **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:** • Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E) • Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E) • Informationen aufbereiten (K)	**Beiträge zu den Basiskonzepten:** Individuelle und evolutive Entwicklung: • Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
• Evolution des Menschen und kulturelle Evolution: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen, Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung	• diskutieren wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution auch unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit (S4, E9, E12, E15, K7, K8).	***Wie kann die Evolution des Menschen anhand von morphologischen und molekularen Hinweisen nachvollzogen werden?*** (ca. 7 Ustd.)	*Kontext:* **Stammbusch des Menschen – ein dynamisches Modell** *zentrale Unterrichtssituationen:* • Formulierung von Hypothesen zu morphologischen Angepasstheiten des modernen Menschen an den aufrechten Gang im Vergleich zum Schimpansen unter Berücksichtigung proximater und ultimater Erklärungen und Vermeidung finaler Begründungen • Erläuterung von Trends in der Hominidenevolution auf Basis von Schädelvergleichen und Reflexion der Vorläufigkeit der Erkenntnisse aufgrund der lückenhaften Fossilgeschichte • Diskussion der „Out-of-Africa"-Theorie unter Einbezug der Fossilgeschichte und genetischer Daten zu Neandertaler und Denisova-Mensch und Erläuterung der genetischen Vielfalt des modernen Menschen
	• die Bedeutung der kulturellen Evolution für soziale Lebewesen analysieren (E9, E14, K7, K8, B2, B9).	***Welche Bedeutung hat die kulturelle Evolution für den Menschen und andere soziale Lebewesen?*** (ca. 3 Ustd.)	*Kontext:* **Kultur und Tradition – typisch Mensch?** *zentrale Unterrichtssituationen:* • 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 Schülerinnen und Schüler…	*Sequenzierung: Leitfragen*	**Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen**
			• Reflexion ultimater und proximater Erklärungen zur kulturellen Evolution des Menschen unter Vermeidung finaler Begründungen • Analyse von Kommunikation und Tradition bei sozial lebenden Tieren (Werkzeuggebrauch bei Schimpansen, Jagdtechniken bei Orcas oder Delfinen) und multiperspektivische Diskussion ihrer Bedeutung

2.2 Grundsätze der fachmethodischen und fachdidaktischen Arbeit

In Absprache mit der Lehrerkonferenz sowie unter Berücksichtigung des Schulprogramms hat die Fachkonferenz Biologie die folgenden fachmethodischen und fachdidaktischen Grundsätze beschlossen. Die Grundsätze 15 bis 25 sind fachspezifisch angelegt.

Überfachliche Grundsätze:

1.) Geeignete Problemstellungen zeichnen die Ziele des Unterrichts vor und bestimmen die Struktur der Lernprozesse.
2.) Inhalt und Anforderungsniveau des Unterrichts entsprechen dem Leistungsvermögen der Lerner.
3.) Die Unterrichtsgestaltung ist auf die Ziele und Inhalte abgestimmt.
4.) Medien und Arbeitsmittel sind lernernah gewählt.
5.) Die Schülerinnen und Schüler erreichen einen Lernzuwachs.
6.) Der Unterricht fördert und fordert eine aktive Teilnahme der Lerner.
7.) Der Unterricht fördert die Zusammenarbeit zwischen den Lernenden und bietet ihnen Möglichkeiten zu eigenen Lösungen.
8.) Der Unterricht berücksichtigt die individuellen Lernwege der einzelnen Lerner.
9.) Die Lerner erhalten Gelegenheit zu selbstständiger Arbeit und werden dabei unterstützt.
10.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Einzel-, Partner- bzw. Gruppenarbeit sowie Arbeit in kooperativen Lernformen.
11.) Der Unterricht fördert strukturierte und funktionale Arbeit im Plenum.
12.) Die Lernumgebung ist vorbereitet; der Ordnungsrahmen wird eingehalten.
13.) Die Lehr- und Lernzeit wird intensiv für Unterrichtszwecke genutzt.
14.) Es herrscht ein positives pädagogisches Klima im Unterricht.

Fachliche Grundsätze:

15.) Der Biologieunterricht orientiert sich an den im gültigen Kernlehrplan ausgewiesenen, obligatorischen Kompetenzen.
16.) Der Biologieunterricht ist problemorientiert und an Unterrichtsvorhaben und Kontexten ausgerichtet.
17.) Der Biologieunterricht ist lerner- und handlungsorientiert, d.h. im Fokus steht das Erstellen von Lernprodukten durch die Lerner.
18.) Der Biologieunterricht ist kumulativ, d.h. er knüpft an die Vorerfahrungen und das Vorwissen der Lernenden an und ermöglicht das Erlernen von neuen Kompetenzen.
19.) Der Biologieunterricht fördert vernetzendes Denken und zeigt dazu eine über die verschiedenen Organisationsebenen bestehende Vernetzung von biologischen Konzepten und Prinzipien mithilfe von Basiskonzepten auf.
20.) Der Biologieunterricht folgt dem Prinzip der Exemplarität und gibt den Lernenden die Gelegenheit, Strukturen und Gesetzmäßigkeiten möglichst anschaulich in den ausgewählten Problemen zu erkennen.
21.) Der Biologieunterricht bietet nach Produkt-Erarbeitungsphasen immer auch Phasen der Metakognition, in denen zentrale Aspekte von zu erlernenden Kompetenzen reflektiert werden.
22.) Der Biologieunterricht ist in seinen Anforderungen und im Hinblick auf die zu erreichenden Kompetenzen für die Lerner transparent.
23.) Im Biologieunterricht werden Diagnoseinstrumente zur Feststellung des jeweiligen Kompetenzstandes der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrkraft, aber auch durch den Lerner selbst eingesetzt.
24.) Der Biologieunterricht bietet immer wieder auch Phasen der Übung.

25.) Der Biologieunterricht bietet die Gelegenheit zum selbstständigen Wiederholen und Aufarbeiten von verpassten Unterrichtsstunden. Hierzu ist ein (geschlossener) virtueller Arbeitsraum auf der Lernplattform lo-net2 angelegt, in dem sowohl Protokolle und eine Linkliste mit „guten Internetseiten“ als auch die im Kurs verwendeten Arbeitsblätter bereitgestellt werden.

2.3 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Vorbemerkung
Grundsätze zur Leistungsbewertung im Fach Biologie finden sich in den „Richtlinien und Lehrplänen für die Sekundarstufe II – Gymnasium/Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen, Biologie“ (vgl. Kap. 4 „Lernerfolgsüberprüfungen“ und Kap. 5. „Die Abiturprüfung“, S. 88 ff).

Grundlagen der Leistungsbewertung sind in der Sekundarstufe II alle von der Schülerin bzw. dem Schüler im Beurteilungsbereich „Sonstige Leistungen im Unterricht“ und im Beurteilungsbereich „Schriftliche Arbeiten“ erbrachten Leistungen. Die vier Kompetenzbereiche Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung sollen dabei in hinreichender Form berücksichtigt werden.

Transparenz der Leistungserwartung
Die Grundsätze der Leistungsbewertung werden den Schülerinnen und Schülern immer zum Schuljahresbeginn, bei Lehrerwechsel auch zum Halbjahresbeginn mitgeteilt. Kriterien der Leistungsbewertung im Zusammenhang mit konkreten, insbesondere offenen Arbeitsformen werden den Schülerinnen und Schülern grundsätzlich vor deren Beginn transparent gemacht.
Jede Lehrerin/jeder Lehrer dokumentiert regelmäßig die von den Schülerinnen und Schülern erbrachten Leistungen. Die Leistungsrückmeldung erfolgt auf Nachfrage der Schülerinnen und Schüler außerhalb der Unterrichtszeit, sowie regelmäßig zum Quartalsende in mündlicher Form.
Bei schriftlichen Leistungen ist ein schriftlicher Erwartungshorizont (keine Musterlösung) an die Schülerinnen und Schüler auszuhändigen.

Die Anforderungsbereiche
Sowohl bei mündlichen als auch bei schriftlichen Leistungen sind die drei bekannten Anforderungsbereiche zu beachten:

Der **Anforderungsbereich I** umfasst
- die Wiedergabe von Sachverhalten (z.B. Daten, Fakten, Regeln, Formeln, Aussagen) aus einem abgegrenzten Gebiet im gelernten Zusammenhang
- die Beschreibung und Verwendung gelernter und geübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen in einem begrenzten Gebiet und in einem wiederholenden Zusammenhang
- (z.B. Wiedergeben einer im Unterricht behandelten Definition oder eines biologischen Prozesses, Beschreiben eines Graphen oder eines Experiments, Umsetzen von Daten, Tabellen oder Abbildungen in die Fachsprache)

Der **Anforderungsbereich II** umfasst

- selbstständiges Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang
- selbständiges Übertragen des Gelernten auf vergleichbare neue Situationen, wobei es entweder um veränderte Fragestellungen oder um veränderte Sachzusammenhänge oder um abgewandelte Verfahrensweisen gehen kann.
- (z.B. Zuordnen und Ergänzen der Aussagen eines Textes zu einem Graphen, Anfertigen einer Zeichnung nach einem Original, Beschreibung des selbstständigen Planens von Experimenten, Auswerten von unbekannten Untersuchungsergebnissen unter bekanntem Aspekt)

Der **Anforderungsbereich III** umfasst

- planmäßiges Verarbeiten komplexer Gegebenheiten mit dem Ziel, zu selbstständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Begründungen, Wertungen zu gelangen. Dabei werden aus den gelernten Methoden oder Lösungsverfahren die zur Bewältigung der Aufgaben geeigneten selbstständig ausgewählt und einer neuen Problemstellung angepasst.
- (z.B. Selbstständiges Entwickeln von Arbeitshypothesen aus Ergebnissen mehrerer Experimente oder Beobachtungen, Planmäßiges Auswählen und Entwickeln einer geeigneten Untersuchungsmethode, Methodenkritik, Stellungnahme)

Beurteilungsbereich: Sonstige Mitarbeit
Leistungsbewertung im Bereich „Sonstigen Leistungen im Unterricht“ Sekundarstufe I und II

Die Fachkonferenz Biologie beschließt, aus dem folgenden Katalog Beiträge zur Bewertung von Schülerleistungen in der Sekundarstufe I und II heranzuziehen.

Beurteilungsbereich	**Kriterien**
Mündliche Unterrichtsbeiträge Dazu zählen: - Hypothesenbildung - Lösungsvorschläge - Darstellung von fachlichen Zusammenhängen - qualitatives und quantitatives Beschreiben von Sachverhalten, unter korrekter Verwendung der Fachsprache - Bewertung von Ergebnissen - Analyse und Interpretation von Texten, Grafiken oder Diagrammen - Beiträge zur gemeinsamen Gruppenarbeit - Beiträge auf Grundlage der Hausaufgaben	**- Qualität (inhaltlich und kommunikativ)** **- Häufigkeit** **- Kontinuität** - Korrekte Verwendung der (Fach-)Sprache - Unterrichtsdienlichkeit
Heftführung (nur Sek I, hier bis Kl.7 verbindlich)	**- Kontinuität**/Vollständigkeit **- Sorgfalt/Übersichtlichkeit** - Korrekte Verwendung der Fachsprache - Gestaltung

Experimentalunterricht Dazu zählen: - Selbstständige Planung - Durchführung - Auswertung - Dokumentation/Protokollieren - Auf- und Abbau	- Genauigkeit bei der Durchführung - Grad der Selbstständigkeit - Verhalten bei der Durchführung - Qualität der Auswertung - Qualität des Protokolls - Teamfähigkeit
Schriftliche Lernerfolgskontrollen (angekündigt oder unangekündigt) Über den Inhalt der letzten zwei Unterrichtsstunden	**- Qualität** - Korrekte Verwendung der Fachsprache
Produkte in Einzel- oder Gruppenarbeit (z.B. Plakat, Referat, Portfolio, Herbarium, Forscherheft, Modelle, Protokoll, mikroskopische Zeichnungen, etc., mind. eines pro Halbjahr) Dazu zählen: - Erstellung - Dokumentation - Präsentation	**- Qualität** - Grad der Selbstständigkeit **- ggf. Verhalten in der Gruppe** - Korrekte Verwendung der Fachsprache
Beiträge zur Partner-/Gruppenarbeit	**- Qualität** **- Kontinuität** - Korrekte Verwendung der (Fach-)Sprache - Sachdienlichkeit - Verhalten/Teamfähigkeit
Hausaufgaben (nur Sek II)	- inhaltliche Richtigkeit - Vollständigkeit - Darstellungsleistung - Art der Ausführung von praktischen Arbeitsaufträgen

Das Anfertigen von Hausaufgaben gehört nach § 42 (3) SchG zu den Pflichten der Schülerinnen und Schüler. Die Kontrolle der Hausaufgaben dient vorrangig der Berichtigung von Fehlern, der Bestätigung konkreter Lösungen sowie der Anerkennung eigenständiger Schülerleistungen. In der Sekundarstufe II können Hausaufgaben bewertet werden.

Notendefinitionen zum Bereich „Sonstigen Leistungen im Unterricht“ gegliedert nach Kriterien der sonstigen Mitarbeit

	Häufigkeit und Kontinuität der Mitarbeit	Inhaltliche und kommunikative Qualität der Mitarbeit	Beherrschung der Fachsprache und der Fachmethoden	Unterrichtsdienlichkeit der Mitarbeit	Experimentalunterricht, Mikroskopieren, etc.	Zusammenarbeit in der Gruppe	Bereithalten, Vollständigkeit und Qualität der der Arbeitsmaterialien
sehr gut							
Die Leistung entspricht in diesem Bereich den Anforderungen in besonderem Maße	Ich arbeite in jeder Stunde immer mit.	Ich gebe Gelerntes sicher wieder und wende es, auch oft bei neuen Fragestellungen und komplexen Problemen, an. Ich steuere häufig neue Ideen zum Gespräch bei und entwickele neue Lösungswege.	Ich kann die gelernten Methoden sicher anwenden und beherrsche die Fachsprache in großem Umfang.	Ich höre immer zu und gehe sachlich auf andere ein. Ich arbeite immer konzentriert, zügig und zielgerichtet mit. Ich unterscheide Wesentliches von Unwesentlichem.	Ich plane mein Arbeiten vorher sorgfältig und arbeite immer gewissenhaft, sauber und zeiteffizient. Ich dokumentiere mein praktisches Arbeiten sorgfältig. Ich räume immer auf und behandele Geräte und Chemikalien stets vorschriftsmäßig.	Ich höre meinen Gruppenmitgliedern zu, gehe sachlich auf sie ein und ergreife bei der Arbeit auch die Initiative. Ich übernehme Verantwortung für das Ziel und bringe die Gruppe voran.	Ich habe immer alle Materialien mit und mache immer vollständig ausgearbeitete HA. Meine Mitschriften sind vollständig und ordentlich.
gut							
Die Leistung entspricht in diesem Bereich voll den Anforderungen.	Ich arbeite in jeder Stunde mehrfach mit.	Ich gebe Gelerntes wieder und wende es, auch bei neuen Fragestellungen und komplexen Problemen, an. Ich steuere neue Ideen zum Gespräch bei und entwickele manchmal neue Lösungswege.	Ich kann die gelernten Methoden meist sicher anwenden und beherrsche die Fachsprache.	Ich höre zu und gehe sachlich auf andere ein. Ich arbeite meist konzentriert, zügig und zielgerichtet mit. Ich unterscheide meist Wesentliches von Unwesentlichem.	Ich plane mein Arbeiten vorher und arbeite immer korrekt, sauber und zeiteffizient. Ich dokumentiere mein praktisches Arbeiten vollständig. Ich räume immer auf und behandele Geräte und Chemikalien stets vorschriftsmäßig.	Ich höre meinen Gruppenmitgliedern zu und gehe sachlich auf sie. Ich übernehme Verantwortung für das Ziel und bringe die Gruppe voran.	Ich habe fast immer alle Materialien mit und mache fast immer vollständig ausgearbeitete HA. Meine Mitschriften sind weitgehend vollständig.

befriedigend							
Die Leistung entspricht in diesem Bereich im Allgemeinen den Anforderungen.	Ich arbeite (wenn auch nicht in jeder Stunde) häufig mit.	Ich gebe Gelerntes wieder und wende es an. Ich steuere selten neue Ideen zum Gespräch bei.	Ich kann die gelernten Methoden vom Prinzip her anwenden und beherrsche die Fachsprache im Wesentlichen.	Ich gehe manchmal auf andere ein. Ich kann mich nicht immer auf die gestellten Aufgaben konzentrieren. Ich vermische Wesentliches mit Unwesentlichem.	Ich plane mein Arbeiten vorher und arbeite meist korrekt und sauber. Ich dokumentiere mein praktisches Arbeiten. Ich räume immer auf und behandele Geräte und Chemikalien stets vorschriftsmäßig.	Ich höre meinen Gruppenmitgliedern meist zu und gehe sachlich auf sie ein. Ich bringe die Gruppe voran.	Ich habe meist alle Materialien mit und mache meist hinreichend ausgearbeitete HA. Meine Mitschriften sind nicht ganz vollständig und/oder unordentlich.
ausreichend							
Die Leistung zeigt in diesem Bereich Mängel, entspricht im Ganzen jedoch den Anforderungen.	Ich arbeite nur selten mit oder muss (immer) aufgefordert werden.	Ich gebe Gelerntes grob wieder und kann es nicht immer anderen Beispielen anwenden.	Ich kann die gelernten Methoden nicht immer anwenden und beherrsche die Fachsprache nur wenig bzw. fehlerhaft.	Ich gehe selten auf andere ein. Meine Beiträge sind selten unterrichtsdienlich. Mein Verhalten zeigt wenig Wertschätzung für die Leistung anderer.	Ich plane mein Arbeiten nicht immer vorher. Ich arbeite nur teilweise korrekt und sauber und häufig nicht zeiteffizient. Ich dokumentiere mein praktisches Arbeiten lückenhaft. Ich räume nicht immer auf und behandele Geräte und Chemikalien teilweise nicht vorschriftsmäßig.	Ich höre meinen Gruppenmitgliedern nicht immer zu und gehe sachlich nicht immer auf sie ein. Ich arbeite nur wenig erfolgreich mit der Gruppe an der Erfüllung des Ziels.	Ich habe manchmal nicht die Materialien mit oder mache häufiger keine oder nur oberflächliche HA. Meine Mitschriften sind lückenhaft.
mangelhaft							
Die Leistung entspricht in diesem Bereich nicht den Anforderungen. Grundkenntnisse sind vorhanden, Mängel können in absehbarer Zeit behoben werden.	Ich arbeite ganz selten mit oder muss immer aufgefordert werden.	Ich gebe Gelerntes nur mit Lücken oder falsch wieder und kann es fast nie bei neuen Fragestellungen anwenden.	Ich kann die gelernten Methoden kaum anwenden und beherrsche die Fachsprache nicht.	Meine Beiträge sind nicht unterrichtsdienlich. Meine Reaktionen zeigen keine Wertschätzung für die Mitarbeit anderer. Ich verzögere den Arbeitsbeginn. Mein Sozialverhalten ist häufig destruktiv.	Ich plane mein Arbeiten kaum und arbeite eher oberflächlich. Ich dokumentiere mein praktisches Arbeiten unvollständig. Ich räume öfter nicht auf und behandele Geräte und Chemikalien öfter nicht vorschriftsmäßig.	Ich höre meinen Gruppenmitgliedern kaum zu und gehe nur selten auf sie ein. Ich übernehme keine Verantwortung für das Ziel. Ich lenke auch die Gruppe ab.	Ich habe oft die Materialien nicht mit oder mache oft keine HA. Welche Mitschriften?

Leistungsbewertung im Bereich „Schriftliche Arbeiten“

Klausuren

Jahrgangs-stufe	Grundkurs	Leistungskurs
EF.1	1 x 90 min	-
EF.2	2 x 90 min	-
Q1.1	2 x 90 min	2 x 150 min
Q1.2	2 x 90 min oder 1 x 90 min + Fach-arbeit	2 x 150 min Oder 1 x 150 min + Fach-arbeit
Q2.1	2 x 155 min	2 x 225 min
Q2.2	Abiturbedingungen	Abiturbedingungen

Klausuren müssen die drei Anforderungsbereiche (s. Anforderungsbereiche) abdecken. Der Anforderungsbereich II geht mit ca. 50% in die Bewertung ein. Der Anforderungsbereich I muss deutlich stärker gewertet werden (ca. 30%) als der Anforderungsbereich III (ca. 20%). Die Lösungen werden mit Lösungspunkten versehen und die erreichte Punktzahl wird mit der max. erreichbaren Punktzahl ins Verhältnis gesetzt. Die Darstellungsleistung wird bei der Bepunktung mit beachtet (max. 10% der Gesamtpunktzahl).
Eine Absenkung der Note kann gemäß APO-GOSt bei häufigen Verstößen gegen die Sprachrichtigkeit vorgenommen werden.

Das bei der Bewertung zugrunde liegende Punkteraster (Bewertungsschlüssel) orientiert sich spätestens ab der Q1 an den gegebenen Vorgaben zum Zentralabitur in NRW:

Note	Punkte	Prozent
sehr gut plus	15	95-100%
sehr gut	14	90-94%
sehr gut minus	13	85-89%
gut plus	12	80-84%
gut	11	75-79%
gut minus	10	70-74%
befriedigend plus	9	65-69%
befriedigend	8	60-64%
befriedigend minus	7	55-59%
ausreichend plus	6	50-54%
ausreichend	5	45-49%
ausreichend minus	4	39-44%
mangelhaft plus	3	33-38%
mangelhaft	2	27-32%
mangelhaft minus	1	20-26%
ungenügend	0	0-19%

Die Fachkonferenz hat sich zudem darüber geeinigt zur Vorbereitung auf die Abiturprüfung spätestens in der Qualifikationsphase die **Operatoren-Schreibweise** bei den Klausuraufgaben konsequent zu benutzen und das in der Jahrgangsstufe Q2 das im Zentralabitur verwendete Bewertungsverfahren an mindestens einem konkreten Klausurbeispiel aus den Vorjahren (mit fertigem Lösungsraster) zu erläutern.

Facharbeit
In der Jahrgangsstufe Q1.2 kann die erste Klausur durch die Anfertigung einer Facharbeit ersetzt werden. Sie sollte in der Biologie Elemente enthalten, die über eine Literaturbearbeitung hinausgehen. Bevorzugt sollten die Schülerinnen und Schüler Experimente konzipieren, durchführen und auswerten. Möglich sind aber auch die Dokumentation von Naturbeobachtungen, Durchführung und Auswertung von Umfragen, Bau und Evaluation von biologischen Modellen oder ähnliche praktische Aspekte.

Grundsätzlich wird bei der Bewertung zwischen einer praktischen und theoretischen Arbeit unterschieden:

I. Bewertungskriterien für eine theoretische Facharbeit im Fach Biologie

Vorbereitung in der Planungsphase (15)		
Die Materialsammlung erfolgte so eigenständig wie es in der Q1 zu erwarten ist.	**3**	
Die Themenfindung erfolgte so eigenständig wie es in der Q1 zu erwarten ist.	**3**	
Die Strukturierung bzw. Gliederung erfolgte eigenständig.	**3**	
Das Zeitmanagement in der Planungsphase war angemessen.	**3**	
Der Prüfling zeigte Zuverlässigkeit bei Terminabsprachen.	**3**	
Äußere Form und formale Darstellung (15)		
Die Arbeit…		
ist vollständig (Deckblatt, Inhaltsverzeichnis, Literaturverzeichnis, Erklärung).	**3**	
entspricht dem geforderten Umfang.	**2**	
enthält Zitate und Fußnoten, die gemäß den formalen Regeln eingesetzt werden.	**2**	
beinhaltet ein Literatur-, Internet- und ggf. Abbildungsverzeichnis nach vorgegebenem Muster.	**2**	
ist orthographisch und sprachlich gut umgesetzt (Rechtschreibung, Zeichensetzung, Grammatik).	**4**	
ist ansprechend gemäß den Vorgaben formatiert (Schriftart, -typ und -größe, Seitenzahlen, Ränder).	**2**	
Wissenschaftliche Arbeitsweise (70)		
A **Gedanklicher Aufbau der Arbeit (15)**		
These bzw. Forschungsfrage ist schlüssig erstellt und begründet.	**4**	
Die Gliederung des Stoffes (Kapiteleinteilung) ist sachlogisch: Die Kapitel sind inhaltlich aufeinander abgestimmt und aufeinander bezogen.	**4**	
Die Kapitel haben im Umfang eine angemessene Gewichtung.	**3**	
Der Text ist stringent in der Darstellung, d.h. er bezieht sich durchgängig auf das gestellte Thema.	**4**	
B Inhalt der Arbeit (40)		
Der Schwierigkeitsgrad der gewählten Schwerpunkte entspricht den Anforderungen.	**10**	
Die Arbeit enthält ein ausgewogenes Verhältnis von fremdem Material zur eigenen Arbeit.	**10**	
Eine angemessene fachliche Tiefe und Durchdringung des Themas wird durch die inhaltliche Auseinandersetzung erreicht.	**20**	
C Fachmethodik (15)		
Die Fachsprache wird angemessen verwendet, Fachbegriffe werden eingeführt und benutzt.	**3**	
Auswahl und Umgang mit Sekundärliteratur und Quelle sind angemessen und kritisch.	**5**	
Eigene und fremde Gedanken werden deutlich erkennbar unterschieden.	**4**	
In der Arbeit wird wissenschaftliche Distanz zum Thema und zu den Quellen deutlich.	**3**	
Erfüllung eines weiteren fachspezifischen Kriteriums	***5***	

II. Bewertungskriterien für eine praktische Facharbeit im Fach Biologie

Vorbereitung in der Planungsphase (15)		
Die Materialsammlung erfolgte so eigenständig wie es in der Q1 zu erwarten ist.	**3**	
Die Themenfindung erfolgte so eigenständig wie es in der Q1 zu erwarten ist.	**3**	
Die Strukturierung bzw. Gliederung erfolgte eigenständig.	**3**	
Das Zeitmanagement in der Planungsphase war angemessen.	**3**	
Der Prüfling zeigte Zuverlässigkeit bei Terminabsprachen.	**3**	
Äußere Form und formale Darstellung (15)		
Die Arbeit…		
ist vollständig (Deckblatt, Inhaltsverzeichnis, Literaturverzeichnis, Erklärung).	**3**	
entspricht dem geforderten Umfang.	**2**	
enthält Zitate und Fußnoten, die gemäß den formalen Regeln eingesetzt werden.	**2**	
beinhaltet ein Literatur-, Internet- und ggf. Abbildungsverzeichnis nach vorgegebenem Muster.	**2**	
ist orthographisch und sprachlich gut umgesetzt (Rechtschreibung, Zeichensetzung, Grammatik).	**4**	
ist ansprechend gemäß den Vorgaben formatiert (Schriftart, -typ und -größe, Seitenzahlen, Ränder).	**2**	
Wissenschaftliche Arbeitsweise (70)		
A **Gedanklicher Aufbau der Arbeit (15)**		
These bzw. Forschungsfrage ist schlüssig erstellt und begründet.	**4**	
Die Gliederung des Stoffes (Kapiteleinteilung) ist sachlogisch: Die Kapitel sind inhaltlich aufeinander abgestimmt und aufeinander bezogen.	**4**	
Die Kapitel haben im Umfang eine angemessene Gewichtung.	**3**	
Der Text ist stringent in der Darstellung, d.h. er bezieht sich durchgängig auf das gestellte Thema.	**4**	
B Inhalt der Arbeit (40)		
Der Schwierigkeitsgrad der gewählten Schwerpunkte entspricht den Anforderungen.	**10**	
Die Arbeit enthält ein ausgewogenes Verhältnis von fremdem Material zur eigenen Arbeit.	**10**	
Eine angemessene fachliche Tiefe und Durchdringung des Themas wird durch die inhaltliche Auseinandersetzung erreicht.	**20**	
C Fachmethodik (15)		
Die Fachsprache wird angemessen verwendet, Fachbegriffe werden eingeführt und benutzt.	**3**	
Auswahl und Umgang mit Sekundärliteratur und Quelle sind angemessen und kritisch.	**5**	
Eigene und fremde Gedanken werden deutlich erkennbar unterschieden.	**4**	
In der Arbeit wird wissenschaftliche Distanz zum Thema und zu den Quellen deutlich.	**3**	
Umsetzung praktischer Anteil/Experiment (50)		
Der Umfang und der Schwierigkeitsgrad des praktischen Anteils entsprechen dem Anspruch der Jahrgangsstufe Q1.	**5**	
Es erfolgt die Formulierung einer Frage bzw. Hypothese im Vorfeld der Durchführung des Experiments.	**5**	
Die angewendete Methodik wird nachvollziehbar beschrieben.	**5**	
Die Umsetzung des Experiments wurde frühzeitig, sorgfältig und selbständig geplant.	**5**	
Die Umsetzung und die Ergebnisse sind fachlich korrekt und genau dokumentiert.	**5**	
Die Ergebnisse sind fachlich korrekt ausgewertet und angemessen dargestellt.	**10**	
Die Ergebnisse, insbesondere Abweichungen von erwarteten Ergebnissen, werden kritisch hinterfragt und Fehler diskutiert.	**10**	

Eigenständige Ergebnisse durch Experimente, Beobachtungsstudien etc. werden sinnvoll mit Fachliteratur in Einklang gebracht.	**5**	
Erfüllung eines weiteren fachspezifischen Kriteriums	**8**	

Die Note ergibt sich jeweils aus dem Punkteraster (Bewertungsschlüssel) für schriftliche Arbeiten.

Für beide Formen der Facharbeiten im Fach Biologie gelten die von der Lehrerkonferenz allgemein abgestimmten Regelungen zum Plagiat sowie die in der APO-GOSt festgelegten Regelungen zur Richtigkeit der deutschen Sprache:

Plagiat
1. Die Facharbeit muss abweichend vom Bewertungsraster mit null Punkten bewertet werden, wenn sich herausstellt, dass ein Plagiat vorliegt.
2. Ein Plagiat liegt dann vor, wenn für prominente Textstellen der Eindruck eigener Urheberschaft erzeugt und fremde Urheberschaft planmäßig verschleiert wird. Gleiches gilt auch für Paraphrasen, diskontinuierliche Texte wie Tabellen und Grafiken oder für Bildquellen.

Es kann eine Abwertung nach der verschärften Auslegung der Regelung laut APO-GOSt § 13 (2) um bis zu 2 Notenpunkte erfolgen.

Bildung der Kursabschlussnote
Bei Schülerinnen und Schülern, die das Fach Biologie mit Klausur gewählt haben, setzt sich die Kursabschlussnote zu 50% aus der zusammengesetzten Note des schriftlichen Bereichs und zu 50% aus den beiden zusammengefassten Quartalsnoten des sonstigen Mitarbeitsbereichs zusammen. (Ausnahme: Stufe EF.1: Klausur etwa 50% Sonst. Mitarbeit etwa 50%)
Bei Schülerinnen und Schülern, die das Fach Biologie mündlich gewählt haben, setzt sich die Kursabschlussnote aus den beiden Quartalsnoten des sonstigen Mitarbeitsbereichs zusammen.

2.4 Lehr- und Lernmittel

Für den Biologieunterricht in der Sekundarstufe II werden am Aggertal-Gymnasium derzeit die jeweiligen Themenbände bzw. zunehmend der Gesamtband von „Biosphäre“ (Cornelsen Verlag) verwendet.

Die Fachkolleginnen und Kollegen werden zudem ermutigt, die Materialangebote des Ministeriums für Schule und Weiterbildung regelmäßig zu sichten und ggf. in den eigenen Unterricht oder die Arbeit der Fachkonferenz einzubeziehen. Die folgenden Seiten sind dabei hilfreich:

Der Lehrplannavigator:

http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/lehrplaene/lehrplannavigator-s-ii/

Die Materialdatenbank:

http://www.standardsicherung.schulministerium.nrw.de/materialdatenbank/

Die Materialangebote von SINUS-NRW:

http://www.standardsicherung.nrw.de/sinus/

3 Entscheidungen zu fach- und unterrichtsübergreifenden Fragen

Die Fachkonferenz Biologie hat sich im Rahmen des Schulprogramms für folgende zentrale Schwerpunkte entschieden:

Zusammenarbeit mit anderen Fächern

Im Rahmen des Unterrichtsvorhabens V: „Biologie und Sport – *Welchen Einfluss hat körperliche Aktivität auf unseren Körper?“ ist eine Kooperation mit dem* Sportunterricht möglich. Fitnesstests wie etwa der Münchener Belastungstest oder Multistage Belastungstest können hier durchgeführt und Trainingsformen vorgestellt werden, welche im Biologieunterricht interpretiert und mithilfe der Grundlagen des Energiestoffwechsels reflektiert werden.

Fortbildungskonzept

Die im Fach Biologie in der gymnasialen Oberstufe unterrichtenden Kolleginnen und Kollegen nehmen nach Möglichkeit regelmäßig an Fortbildungsveranstaltungen der umliegenden Universitäten, Zoos oder der Bezirksregierungen bzw. der Kompetenzteams und des Landesinstitutes QUALIS teil. Die dort bereitgestellten oder entwickelten Materialien werden von den Kolleginnen und Kollegen in den Fachkonferenzsitzungen vorgestellt und der Biologiesammlung zum Einsatz im Unterricht bereitgestellt.

Exkursionen

Abgesehen vom Abiturhalbjahr (Q 2.2) sollen in der Qualifikationsphase nach Möglichkeit und in Absprache mit der Stufenleitung unterrichtsbegleitende Exkursionen zu Themen des gültigen KLP durchgeführt werden. Aus Sicht der Biologie sind folgende Exkursionsziele und Themen denkbar:

Q1.1: Besuch eines Schülerlabors

- **„Baylab plants“** der Bayer CropScience AG am Standort Monheim (Isolation, PCR und Gel-Elektrophorese von Rapsgenen)

- **Schülerlabor des KölnPUB e.V.** (Isolierung von Erbsubstanz (DNA) aus Bakterien und Gemüsen, Analyse von DNA mit Restriktionsenzymen, Polymerasekettenreaktion (PCR), Gelelektrophorese und genetisches Transformationsexperiment, Experimente rund um Southern Blot")

  Zurzeit ersetzt durch den Besuch von Science to class am ATG

Q1.2: Untersuchungen an Ökosystemen

- Kölner Zoo – Thema Regenwald

- Gewässeranalyse Agger

Q2.1:

Besuch des Kölner Zoos

- Primatenevolution, Sozialsysteme der Primaten

Besuch des Neanderthalmuseums

- Bestimmung von phylogenetischen Stammbäumen auf der Basis von Schädelmerkmalen in der Abguss-Sammlung

4 Qualitätssicherung und Evaluation

Evaluation des schulinternen Curriculums

Das schulinterne Curriculum stellt keine starre Größe dar, sondern ist als „lebendes Dokument“ zu betrachten. Dementsprechend werden die Inhalte stetig überprüft, um ggf. Modifikationen vornehmen zu können. Die Fachkonferenz trägt durch diesen Prozess zur Qualitätsentwicklung und damit zur Qualitätssicherung des Faches Biologie bei.