

Konrad-Duden-Gymnasium  
Wesel

Schulinternes Curriculum  
Sekundarstufe II  
im Fach Biologie  
G9

(Stand 06/2023 – Stufen Q1-Q2)

# Inhaltsverzeichnis

1.	Rahmenbedingungen am KDG .....	3
2.	Entscheidungen zum Unterricht .....	4
2.1.	Unterrichtsvorhaben .....	5
2.1.1.	Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben .....	6
2.1.2.	Konkretisierte Unterrichtsvorhaben .....	13

# 1. Rahmenbedingungen am KDG

Das Konrad-Duden-Gymnasium Wesel (AMG) ist eine öffentliche Schule und liegt am Stadtrand von Wesel. Die Schule ist in der Sekundarstufe 1 meist fünfzügig und wird als gebundene Ganztagschule geführt. Neben dem KDG gibt es noch ein weiteres öffentliches Gymnasium in der Innenstadt von Wesel. Der Einzugsbereich der ca. 1200 Schülerinnen und Schüler am KDG erstreckt sich über die Stadtgrenzen hinaus noch auf weitere umliegende kleinere Städte und Ortschaften. Es handelt sich um eine heterogene Schülerschaft.

Ziele des Biologieunterrichtes sind das Interesse an naturwissenschaftliche Fragen zu wecken und die Grundlage für das Lernen in Studium und Beruf in diesem Bereich vermitteln. Dabei werden die fachlich und bioethisch fundierten Kenntnisse, welche die Voraussetzung für einen eigenen Standpunkt und für verantwortliches gesellschaftliches Handeln sind, gefordert und gefördert. Besonders hervorzuheben sind hierbei die Aspekte Ehrfurcht vor dem Leben in seiner ganzen Vielfalt, Nachhaltigkeit, ein gesunder Umgang mit dem eigenen Körper und ethische Grundsätze.

Das Schulgebäude verfügt über vier Biologiefachräume, alle mit digitaler Technik ausgerüstet. Es gibt eine ausreichende Anzahl regelmäßig gewarteter Lichtmikroskope und zahlreiche Fertigpräparate zu verschiedenen Zell- und Gewebetypen. Außerdem beinhaltet die Sammlung umfangreiches Experimentier-, Modell- und Anschauungsmaterial, um abstrakte Prozesse und Strukturen der verschiedenen Fachdisziplinen zu veranschaulichen.

Die Sammlungsleiterin Frau Ketteler stimmt sich bezüglich der in der Sammlung befindlichen Gefahrstoffe mit der Gefahrstoffbeauftragten Frau Gossen ab.

Fachliche Exkursionen können innerhalb des Münsterlandes und des angrenzenden Ruhrgebietes, aber auch in Richtung Niederrhein durchgeführt werden.

Der Unterricht am KDG findet in 45- minütigen Stunden statt, wobei wenn möglich Doppelstunden erteilt werden.

In der Einführungsphase (EF) ist der Biologieunterricht häufig mit 4 Grundkursen vertreten. In der Qualifikationsphase (Q1+Q2) können auf der Basis der Schülerwahlen in der Regel 2-3 Grundkurse und 1 Leistungskurs gebildet werden.

## 2. Entscheidungen zum Unterricht

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

Im Folgenden sind die im Kernlehrplan (KLP) aufgeführten Kompetenzen näher aufgeschlüsselt. Zur besseren Orientierung erfolgt die Umsetzung auf zwei Ebenen: **der Übersichts- und der Konkretisierungsebene**. Im „**Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben**“ (**Kapitel 2.1**) wird die für alle Lehrerinnen und Lehrer gemäß Fachkonferenzbeschluss verbindliche Verteilung der Unterrichtsvorhaben dargestellt. Das Übersichtsraster dient dazu, den Kolleginnen und Kollegen einen schnellen Überblick über die Zuordnung der Unterrichtsvorhaben zu den einzelnen Jahrgangsstufen sowie den im Kernlehrplan genannten Kompetenzen, Inhaltsfeldern und inhaltlichen Schwerpunkten zu verschaffen. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann und Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen und individuelle Förderung bietet.

Die „**konkretisierten Unterrichtsvorhaben**“ (**Kapitel 2.2**), die in den Tabellen aufgeführten sind, sind dem KLP für das Gymnasium SII Biologie entnommen und enthalten neben den Inhaltsfeldern die Schwerpunkte in der Kompetenzentwicklung und vorhabenbezogene Absprachen und Empfehlungen. Diese Darstellungsweise unterstützt den Prozess, die Ziele des KLPs vollständig zu erreichen. Auf eine Neuerung sei an dieser Stelle hingewiesen: Gemäß den Vorgaben wurde auch der Medienkompetenzrahmen in das schulinterne Curriculum aufgenommen, um den Beitrag des Fachs Biologie zur Bildung in der digitalen Welt zu benennen. Die entsprechenden Kompetenzen sind zu finden unter der Abkürzung MKR.

Referendarinnen und Referendaren sowie neuen Kolleginnen und Kollegen dient das Curriculum 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. Abweichungen von den vorgeschlagenen Vorgehensweisen bezüglich der konkretisierten Unterrichtsvorhaben sind im Rahmen der pädagogischen Freiheit der Lehrkräfte jederzeit möglich. Sicherzustellen bleibt allerdings auch hier, dass im Rahmen der Umsetzung der Unterrichtsvorhaben insgesamt alle inhalts- und prozess-bezogenen Kompetenzen des Kernlehrplans Berücksichtigung finden. Die von der Fachschaft Biologie festgelegten Rahmenbedingungen für die Konzeption von Klausuren in der Oberstufe sind im Leistungsbewertungskonzept der Fachschaft Biologie festgehalten.

2023																																			
KW	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Ferien									Herbst									Weihnacht						Ost											
UV GK	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1					Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö2	Ö2	Ö2						Ö3	Ö3	Ö3	S1	S1	S2	S2	S2	S2
UV LK	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2					Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö2	Ö2	Ö2				Ö3	Ö3	Ö3	Ö3	S1	S1	S2	S2	S2	S2	
Klausur								<b>N</b>									<b>S</b>						<b>s/Ö</b>												

2024																																						
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Sommer												Herbst									Weihn.																
					G1	G1	G1	G1	G1	G1	G1					G2	G2	G2				E1	E1	E1	E1						E1	E2	E2	E2	E2	E2	E2	
					G1	G1	G1	G1	G2	G2	G2	G2					G3	G3	G3	G3				E1	E1	E1						E1	E2	E2	E2	E2	E3	E3
								<b>G</b>									<b>G/E</b>										<b>E</b>											

## 2.1.1. Übersichtsraster Unterrichtsvorhaben

### Jahrgangsstufe Q1 - GK Übersichtsraster

Planungsgrundlage: 120 Ustd. (3 Stunden pro Woche, 40 Wochen), davon 75% entsprechen 90 Ustd. pro Schuljahr.

#### N.1. Informationsübertragung an Nervenzellen

##### **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)

##### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

##### **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

**Zeitbedarf:** ca. 20 Ustd.

#### Ö.2. Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften

##### **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)

##### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

##### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Struktur und Funktion: Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Individuelle und evolutive Entwicklung: Anpasstheit an abiotische und biotische Faktoren

**Zeitbedarf:** ca.9 Ustd.

#### Ö.1. Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen

##### **Inhaltliche Schwerpunkte:**

Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliches 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)

##### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

##### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Struktur und Funktion: Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Steuerung und Regelung: Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz

Individuelle und evolutive Entwicklung: Anpasstheit an abiotische und biotische Faktoren

**Zeitbedarf:** ca.16 Ustd.

#### Ö.3. Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen

##### **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)

##### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

##### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Struktur und Funktion: Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Stoff- und Energieumwandlung: Stoffkreisläufe in Ökosystemen

**Zeitbedarf:** ca.9 Ustd.

### S.1. Energieumwandlung in lebenden Systemen

#### **Inhaltliche Schwerpunkte:**

Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen

#### **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:**

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Struktur und Funktion: Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle.

Stoff- und Energieumwandlung: Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

**Zeitbedarf:** ca.5 Ustd.

### S.2. Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **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

**Zeitbedarf:** ca.11 Ustd.

### S.3. Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Stoff- und Energieumwandlung: Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Individuelle und evolutive Entwicklung: Zelldifferenzierung bei fotosynthetisch aktiven Zellen

**Zeitbedarf:** ca.18 Ustd.

## Jahrgangsstufe Q1 - LK Übersichtsraster

Planungsgrundlage: 200 Ustd. (5 Stunden pro Woche, 40 Wochen), davon 75% entsprechen 150 Ustd. pro Schuljahr.

### N.1. Erregungsentstehung und Erregungsleitung an einem Neuron

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **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

**Zeitbedarf:** ca. 18 Ustd.

### N.2. Informationsweitergabe über Zellgrenzen

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen:**

#### **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

**Zeitbedarf:** ca. 14 Ustd

### Ö.1. Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen

#### **Inhaltliche Schwerpunkte:**

Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliches 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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen:** wünschenswert:

Lumbricus-Exkursion

#### **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

**Zeitbedarf:** ca. 22 Ustd.

### Ö.2. Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Struktur und Funktion: Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Individuelle und evolutive Entwicklung: Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren

**Zeitbedarf:** ca. 18 Ustd



### Ö.3. Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Struktur und Funktion: Kompartimentierung in Ökosystemebenen  
Stoff- und Energieumwandlung: Stoffkreisläufe in Ökosystemen

**Zeitbedarf:** ca. 18 Ustd

### Ö.3. Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Struktur und Funktion: Kompartimentierung in Ökosystemebenen  
Stoff- und Energieumwandlung: Stoffkreisläufe in Ökosystemen

**Zeitbedarf:** ca. 18 Ustd

### S.1. Energieumwandlung in lebenden Systemen

#### **Inhaltliche Schwerpunkte:**

Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen

#### **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:**

- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Struktur und Funktion: Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle.  
Stoff- und Energieumwandlung: Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

**Zeitbedarf:** ca.6 Ustd.

### S.2. Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **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

**Zeitbedarf:** ca.16 Ustd.

### S.3. Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie

#### **Inhaltliche Schwerpunkte:**

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

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Stoff- und Energieumwandlung: Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen  
Individuelle und evolutive Entwicklung: Zelldifferenzierung bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen

**Zeitbedarf:** ca.24 Ustd.

## Jahrgangsstufe Q2 - GK Übersichtsraster

Planungsgrundlage: 90 Ustd. (3 Stunden pro Woche, 30 Wochen), davon 75% entsprechen ca. 68 Ustd. pro Schuljahr.

### G.1. DNA – Speicherung und Expression genetischer Information

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **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

**Zeitbedarf:** ca.27 Ustd.

### G.2. Humangenetik und Gentherapie

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **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

**Zeitbedarf:** ca.8 Ustd.

### E1. Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie

#### **Inhaltliche Schwerpunkte:**

Entstehung und Entwicklung des Lebens

#### **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:**

- Biologische Sachverhalte betrachten (S)
- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Informationen aufbereiten (K)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen:** ggf. Zoobesuch

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Individuelle und evolutive Entwicklung: Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

**Zeitbedarf:** ca.13 Ustd.

### E2. Stammbäume und Verwandtschaft

#### **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)

#### **Fachschaftsinterne Absprachen: -**

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Individuelle und evolutive Entwicklung: Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

**Zeitbedarf:** ca.16 Ustd.

## Jahrgangsstufe Q2 - LK Übersichtsraster

Planungsgrundlage: 150 Ustd. (5 Stunden pro Woche, 30 Wochen), davon 75% entsprechen ca. 112 Ustd. pro Schuljahr.

### G1. DNA – Speicherung und Expression genetischer Information

#### **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)

**Fachschaftsinterne Absprachen:** wünschenswert: Besuch eines molekularbiologischen Labors und Durchführung von PCR und Gelelektrophorese

#### **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

**Zeitbedarf:** ca. 28 Ustd.

### G2.: DNA – Regulation der Genexpression und Krebs

#### **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)

**Fachschaftsinterne Absprachen:** -

#### **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

**Zeitbedarf:** ca. 20 Ustd.

### G3. Fotosynthese – Humangenetik, Gentechnik und Gentherapie

#### **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)

**Fachschaftsinterne Absprachen:** -

#### **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

**Zeitbedarf:** ca. 18 Ustd.

### E1. Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie

#### **Inhaltliche Schwerpunkte:**

Entstehung und Entwicklung des Lebens

#### **Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:**

- Biologische Sachverhalte betrachten (S)
- Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)
- Informationen aufbereiten (K)

**Fachschaftsinterne Absprachen:** -

#### **Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Individuelle und evolutive Entwicklung: Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

**Zeitbedarf:** ca. 20 Ustd.

### E2. Stammbäume und Verwandtschaft

#### **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)

### E3. Humanevolution und kulturelle Evolution

#### **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)

**Fachschaftsinterne Absprachen: -**

**Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Individuelle und evolutive Entwicklung: Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

**Zeitbedarf:** ca.18 Ustd.

**Fachschaftsinterne Absprachen: -**

**Beiträge zu den Basiskonzepten:**

Individuelle und evolutive Entwicklung: Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

**Zeitbedarf:** ca.10 Ustd.

## 2.1.2. Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

Unterrichtsvorhaben Q1.GK.N1. „Informationsübertragung durch Nervenzellen“		
Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial</li> <li>- Bau und Funktionen von Nervenzellen: Aktionspotenzial</li> <li>- Potenzialmessungen</li> <li>- Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung</li> </ul> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<p>erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12).</p> <p>entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3).</p> <p>erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF)</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon</li> <li>• Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion [1]</li> </ul> <p>Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vergleich einer schematischen Abbildung mit Realaufnahmen von Nervenzellen</p> <p><i>Kontext:</i> <b>Nervenzellen unter Spannung: Die Ionentheorie des Ruhepotenzials</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung der Transportmechanismen an Membranen (→ EF)</li> <li>• Klärung der Bedeutung der Ladungsverteilung an der Axonmembran unter Berücksichtigung des chemischen und elektrischen Potenzials, z. B. am Beispiel Gemeiner Kalmar (<i>Loligo vulgaris</i>)</li> <li>• Entwicklung von Hypothesen zur Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials und Erläuterung der Bedeutung von Natrium-Kalium-Ionenpumpen</li> </ul> <p>Auswertung eines Experiments zur Beeinflussung des Ruhepotenzials (z. B. USSING-Kammer: [2])</p> <p><i>Kontext:</i> <b>Neuronen in Aktion: Schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal [3]</li> <li>• Erläuterung der Veränderungen der Ionenverteilung an der Membran beim Wechsel vom Ruhe- zum Aktionspotenzial, Phasen des Aktionspotenzials, korrekte Verwendung der Fachsprache</li> <li>• Beschreibung einer Versuchsanordnung zur Untersuchung von Potenzialänderungen an Neuronen</li> <li>• begründete Zuordnung von molekularen Vorgängen an der Axonmembran zu den passenden Kurven-Diagrammen (Potenzialmessung) [4, 5]</li> <li>• Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten Ionenkanäle</li> </ul>

	<p>vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).</p>	<p>ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen [6]</p> <p><i>Kontext:</i>  <b>Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen Schmerzwahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung [7]</li> <li>• modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen A<math>\delta</math>-Fasern und langsameren C-Fasern [8]</li> </ul> <p>Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle:  Erhöhung des Axondurchmessers (Bsp. <i>Loligo vulgaris</i>) oder Myelinisierung</p>
<p><b>Wie erfolgt die Informationsweitergabe zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse</li> <li>- Stoffeinwirkung an Synapsen</li> </ul> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p>erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6).</p> <p>erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14).</p> <p>nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox)</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer chemischen Synapse und Überführung in eine andere Darstellungsform, z. B. Erklärfilm oder Fließschema [9]</li> <li>• Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und einer behandelten Synapse</li> <li>• Zuordnung des möglichen Wirkortes verschiedener exogener Stoffe an der Synapse, etwa am Beispiel der Conotoxine [10]; Ergänzung des Erklärfilms oder Fließschemas</li> </ul> <p><i>Kontext:</i>  <b>Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung der Wirkungsweise des Cannabinoids THC</li> </ul> <p>Hinweis: Da die konkretisierte Kompetenzerwartung dem Kompetenz-bereich Bewertung zugeordnet ist, soll auf eine detaillierte Darstellung der molekularen Wirkungsweise von Cannabis verzichtet werden. Im Fokus steht der Prozess der Bewertung mit anschließender Stellungnahme.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [11, 12, 13]</li> </ul> <p>Hinweis: Neben den übergeordneten Kompetenzerwartungen B5–9 bietet es sich hier an, [14], ggf. weitere Bewertungskompetenzen in den Blick zu nehmen.</p>

## Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q1.LK.N1. „Erregungsentstehung und Erregungsleitung an einem Neuron“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial</li> <li>- Bau und Funktionen von Nervenzellen: Aktionspotenzial</li> <li>- neurophysiologische Verfahren, Potenzialmessungen</li> <li>- Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung</li> </ul> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<p>erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12).</p> <p>entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3).</p> <p>erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge (S3, E14).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme (→ SI, → EF)</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung der strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon</li> <li>• Darstellung des Zusammenhangs von Struktur und Funktion [1]</li> </ul> <p>Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vergleich einer schematischen Abbildung mit Realaufnahmen von Nervenzellen</p> <p><i>Kontext:</i>  <b>Nervenzellen unter Spannung: Die Ionentheorie des Ruhepotenzials</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholung der Transportmechanismen an Membranen (→ EF)</li> <li>• Klärung der Bedeutung der Ladungsverteilung an der Axonmembran unter Berücksichtigung des chemischen und elektrischen Potenzials, z. B. am Beispiel Gemeiner Kalmar (<i>Loligo vulgaris</i>)</li> <li>• Entwicklung von Hypothesen zur Aufrechterhaltung des Ruhepotenzials und Erläuterung der Bedeutung von Natrium-Kalium-Ionenpumpen</li> </ul> <p>Auswertung eines Experiments zur Beeinflussung des Ruhepotenzials (z. B. USSING-Kammer: [2])</p> <p><i>Kontext:</i>  <b>Neuronen in Aktion: Schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal [3]</li> <li>• Erläuterung der Veränderungen der Ionenverteilung an der Membran beim Wechsel vom Ruhe- zum Aktionspotenzial, Phasen des Aktionspotenzials, korrekte Verwendung der Fachsprache</li> <li>• Beschreibung einer Versuchsanordnung zur Untersuchung von Potenzialänderungen an Neuronen</li> <li>• begründete Zuordnung von molekularen Vorgängen an der Axonmembran zu den passenden Kurven-Diagrammen (Potenzialmessung) [4, 5]</li> <li>• Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten Ionenkanäle</li> </ul>



	<p>vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).</p>	<p>ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen [6]</p> <p><i>Kontext:</i>  <b>Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen Schmerzwahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung [7]</li> <li>• modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen A<math>\delta</math>-Fasern und langsameren C-Fasern [8]</li> <li>• Erarbeitung der zwei grundsätzlichen Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: Erhöhung des Axondurchmessers (Bsp. <i>Loligo vulgaris</i>) oder Myelinisierung</li> </ul>
<p><b>Wie kann eine Störung des neuronalen Systems die Informationsweitergabe beeinflussen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Störungen des neuronalen Systems</li> </ul> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>analysieren die Folgen einer neuronalen Störung aus individueller und gesellschaftlicher Perspektive (S3, K1–4, B2, B6).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Multiple Sklerose als Beispiel für eine neurodegenerative Erkrankung</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erarbeitung des Krankheitsbildes: Autoimmunerkrankung, bei der die Myelinscheiden im ZNS zerstört werden [9]</li> <li>• Analyse der Folgen einer neurodegenerativen Erkrankung für Individuum und Gesellschaft (B2, B6)</li> </ul>
<p><b>Wie werden Reize aufgenommen und zu Signalen umgewandelt?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bau und Funktionen von Nervenzellen: primäre und sekundäre Sinneszelle, Rezeptorpotenzial</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>erläutern das Prinzip der Signaltransduktion bei primären und sekundären Sinneszellen (S2, K6, K10).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>„Das sieht aber lecker aus!“ – Sinneszellen und ihre adäquaten Reize</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensibilisierung für die biologischen Voraussetzungen einer Reizaufnahme und die damit verbundenen Einschränkungen der Wahrnehmung</li> <li>• Erarbeitung der Entstehung eines Rezeptorpotenzials in einer primären Sinneszelle (z. B. einer Riechsinneszelle), Darstellung der Signaltransduktion, die zur Auslösung von Aktionspotenzialen führt</li> <li>• Vergleich der Funktionsweise mit einer sekundären Sinneszelle, z. B. einer Geschmackssinneszelle</li> <li>• Hypothesenbildung zur Codierung der Reizstärke, Visualisierung der Zusammenhänge zwischen Reizstärke, Rezeptorpotenzial und Frequenz der Aktionspotenziale</li> </ul>

**Weiterführende Materialien:**

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q1.LK.N2. „Informationsweitergabe über Zellgrenzen“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie erfolgt die Erregungsleitung vom Neuron zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse</li> <li>- Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation</li> <li>- Stoffeinwirkung an Synapsen</li> </ul> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p>erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6).</p> <p>erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14).</p> <p>erläutern die Bedeutung der Verrechnung von Potenzialen für die Erregungsleitung (S2, K11).</p> <p>nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer erregenden chemischen Synapse (z. B. cholinerge Synapse) [1]</li> <li>• Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und behandelten Synapse</li> </ul> <p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Warum hilft Kratzen gegen Juckreiz?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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])</li> <li>• Auswertung von Potenzialdarstellungen hinsichtlich der Verrechnung von Potenzialen [3,4]</li> <li>• Anwendung der Hemmung am Beispiel der Linderung des Juckreizes durch Kratzen [5]</li> <li>• ggf. Einsatz der Lernaufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“ zur Vertiefung der Stoffeinwirkung an Synapsen [6]</li> </ul> <p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung der Wirkungsweise von Cannabis. Hinweis: Da die konkretisierte Kompetenzerwartung vorwiegend dem Kompetenzbereich Bewertung zugeordnet ist, soll auf eine detaillierte Darstellung der molekularen Wirkungsweise von Cannabis verzichtet werden. Im Fokus steht der Prozess der Bewertung mit anschließender Stellungnahme.</li> <li>• Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können [7, 8, 9]</li> </ul>
<p><b>Wie kann Lernen auf neuronaler Ebene erklärt werden?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zelluläre Prozesse des Lernens</li> </ul>	<p>erläutern die synaptische Plastizität auf der zellulären Ebene und leiten ihre Bedeutung für den Prozess des Lernens ab (S2, S6, E12, K1).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Lernen verändert das Gehirn</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erarbeitung der synaptischen Plastizität auf zellulärer Ebene als aktivitätsabhängige</li> </ul>

<p>(ca. 4 Ustd.)</p>		<p>Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung (S6, E12, K1) [10]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung der Modellvorstellung vom Lernen durch Plastizität des neuronalen Netzwerks (Bahnung) und Ableitung von Strategien für den eigenen Lernprozess: Strukturierung und Kontextualisierung, Wiederholung, Nutzung verschiedener Eingangskanäle (multisensorisch, v.a. Visualisierung), Belohnung [11]</li> <li>• ggf. Planung und Durchführung von Lernexperimenten (Zusammenhang zwischen Wiederholung und Lernerfolg, Einfluss von Ablenkung auf erfolgreiches Lernen)</li> <li>• ggf. Analyse der eigenen Einstellung zum Lernen bzw. zum Lerngegenstand, hier auch kritische Reflexion von geschlechterspezifischen Stereotypen möglich</li> </ul>
<p><b>Wie wirken neuronales System und Hormonsystem bei der Stressreaktion zusammen?</b></p> <p>Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung</p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>beschreiben die Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung am Beispiel der Stressreaktion (S2, S6).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Körperliche Reaktionen auf Schulstress</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung von Wissen zu Hormonen (→ Sek I)</li> <li>• Erarbeitung der wesentlichen Merkmale des hormonellen Systems beim Menschen</li> <li>• Vergleich der Unterschiede zwischen dem neuronalen und dem hormonellen System und Ableitung der Verschränkung beider Systeme [12]</li> <li>• ggf. Vertiefung durch Recherche der Bedeutung von Eustress oder der Bedeutung von Entspannungsphasen z. B. in Prüfungszeiten</li> </ul>

## Weiterführende Materialien:

Nr.	URL / Quellenangabe	Kurzbeschreibung des Inhalts / der Quelle
1	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5369</a>	Arbeitsmaterial zur Funktionsweise einer chemischen Synapse
2	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6083">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6083</a>	Zusatzmaterial „Modell zur neuronalen Verrechnung“
3	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5452">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5452</a>	Arbeitsmaterial „Neuronale Informationsverarbeitung“
4	<a href="https://asset.klett.de/assets/3df4d75/Neuronale-Verschaltung.pdf">https://asset.klett.de/assets/3df4d75/Neuronale-Verschaltung.pdf</a>	Arbeitsblatt zur neuronalen Verschaltung und Verrechnung
5	<a href="https://www.spektrum.de/frage/warum-hilft-kratzen-gegen-jucken/1288571">https://www.spektrum.de/frage/warum-hilft-kratzen-gegen-jucken/1288571</a>	Informationen zur Wirkung von Schmerzreizen auf Juckreiz
6	<a href="https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794">https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getTaskFile?id=p01^giftcocktailmeeresschnecke^f21794</a>	IQB-Aufgabe „Giftcocktail von Meeresschnecken“
7	<a href="https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen,cannabis212.html">https://www.ndr.de/ratgeber/gesundheit/Cannabis-Wirksames-Medikament-bei-chronischen-Schmerzen,cannabis212.html</a>	Informationen und kurzer Film zu Cannabis in der Schmerztherapie
8	<a href="https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie">https://www.kssg.ch/schmerzzentrum/fuer-patienten-besucher/faq-cannabis-der-schmerztherapie</a>	FAQ des Kantonsspitals St. Gallen zur Schmerztherapie mit Cannabis
9	<a href="https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?blob=publicationFile">https://www.bfarm.de/SharedDocs/Downloads/DE/Bundesopiumstelle/Cannabis/Vortrag_Cannabis_Begleiterhebung.pdf?blob=publicationFile</a>	Hintergrundinformationen zu Cannabis als Medizin aus der Begleiterhebung zum Gesetz von 2017
10	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5862">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/5862</a>	Unterrichtsreihe „Plastizität und Lernen“ (SINUS), hieraus einzelne Materialien
11	<a href="https://www.max-wissen.de/max-media/synaptische-plastizitaet-wie-synapsen-funken-max-planck-cinema/">https://www.max-wissen.de/max-media/synaptische-plastizitaet-wie-synapsen-funken-max-planck-cinema/</a>	Link zu einem Informationsvideo und weiterführende Materialhinweise
12	<a href="https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6084">https://www.schulentwicklung.nrw.de/materialdatenbank/material/view/6084</a>	Zusatzmaterial „Hormon- und Nervensystem“

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q1.GK.Ö1. „Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen“**

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

<p>- Ökologische Nische (ca. 5 Ustd.)</p>		<p>(vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV 2 Ökologie)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und der ultimat<sup>1</sup> Erklärung der Einnischung (K7, E17).</li> </ul>
<p><b>Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen,</li> <li>- Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p>bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8).</p> <p>analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Fettwiese oder Magerrasen? – Zeigerpflanzen geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfassung von Arten auf einer schulnahen Wiese unter Verwendung eines Bestimmungsschlüssels (ggf. digital) und Recherche der Zeigerwerte dominanter Arten, Aufstellen von Vermutungen zur Bodenbeschaffenheit (E3, E4, E7–9) [1]</li> <li>• Sensibilisierung für den Zusammenhang von Korrelation und Kausalität (K8) und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses (E15)</li> <li>• Internetrecherche zur ökologischen Problematik von intensiver Grünlandbewirtschaftung (Fettwiesen), Begründung von Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen von heimischen, artenreichen Magerwiesen (K11–14) [2,3] [MKR]</li> </ul>

#### Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

<sup>1</sup> Proximate und ultimate Ursachen von Verhalten sind in der Verhaltensforschung zwei gängige, aber äußerst unterschiedliche Ansätze, Verhaltensweisen zu erklären. Im Prinzip können zu jeder Verhaltensweise sowohl proximate Ursachen (unmittelbare Gründe) als auch ultimate Ursachen (evolutionsbiologische Zusammenhänge) angegeben werden.

**Unterrichtsvorhaben Q1.GK.Ö2. „Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften“**

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

**Weiterführende Materialien:**

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

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023



**Unterrichtsvorhaben Q1.GK.Ö3. „Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen“**

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

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen der Grenzen der wissenschaftlichen Wissensproduktion und der Akzeptanz vorläufiger und hypothetischer Aussagen, die auf einer umfassenden Datenanalyse beruhen (E16)</li> </ul>
--	--	---

### Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.05.2019

**Unterrichtsvorhaben Q1.LK.Ö1. „Wirbeltiere und ihre Umgebung“**

<b>Sequenzierung:</b>	<b>Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen</b>
<p><b>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren.</li> </ul> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p>erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Modellökosysteme, z.B. Flaschengarten</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ S1)</li> <li>• Darstellung des Wirkungsgefüges von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem mit Hilfe einer Concept Map</li> <li>• Präsentation der Zusammenhänge unter Berücksichtigung kausaler Erklärungen und der Vernetzung von Systemebenen (S5–7, K8)</li> <li>• Präsentation zentraler Fragestellungen und Forschungsgebiete der Ökologie, die bei der Untersuchung des Zusammenwirkens von abiotischen und biotischen Faktoren im Verlauf der Unterrichtsvorhaben zur Ökologie eine Rolle spielen (Advance Organizer)</li> </ul>
<p><b>Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1-3, E9, E13).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum.</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung eines Zusammenhangs zwischen einer langfristigen standortspezifischen Verfügbarkeit/ Intensität eines Umweltfaktors und den entsprechenden Angepasstheiten bei Tieren am Beispiel des Umweltfaktors Wasser (ggf. Reaktivierung des Vorwissens zu morphologischen und physiologischen Angepasstheiten bei Pflanzen → UV Stoffwechselphysiologie)</li> <li>• Untersuchung der Temperaturpräferenz bei Wirbellosen</li> <li>• Interpretation von Toleranzkurven eurythermer und stenothermer Lebewesen (E9)</li> <li>• Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperaturtoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Temperaturtoleranz für Überleben, Wachstum und Fortpflanzung</li> <li>• Erweiterung des Konzepts der physiologischen Toleranz durch die Analyse von Daten aus Mehrfaktorenexperimenten, kritische Betrachtung der Übertragbarkeit der in Laborversuchen gewonnenen Daten auf die Situation im Freiland (E13)</li> <li>• Beschreibung des Wirkungsgesetzes der Umweltfaktoren</li> <li>• Reflexion der Methodik und Schlussfolgerung, dass die Auswirkungen veränderter Umweltbedingungen aufgrund des komplexen Zusammenwirkens vieler Faktoren nur schwer vorhersagbar sind (E13)</li> </ul>
<p><b>Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen</b></p>	<p>analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7,</p>	<p><i>Kontext:</i></p>

<p><b>Standorten auf die Verbreitung von Arten?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz,</li> <li>- Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz</li> <li>- Ökologische Nische</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>E9, K6–K8). erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8).</p>	<p><b>Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz, z. B. von Baumarten oder Gräsern in Mono- und Mischkultur (S7)</li> <li>• Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (E9, K6–8)</li> <li>• Erläuterung des Konzepts der „ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller biotischen und abiotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV Ökologie)</li> <li>• Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und der ultimativen Erklärung der Einnischung (K7, E17).</li> </ul>
<p><b>Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen,</li> <li>- Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul> <p>(ca. 3 Ustd.)</p> <p>+ Exkursion</p>	<p>bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8).</p> <p>analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Fettwiese oder Magerrasen? – Zeigerarten geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Exkursion im Schulumfeld, Bestimmung und quantitative Erfassung von Arten und Einführung in das Prinzip des Biomonitorings, z.B. anhand einer Flechtenkartierung oder der Ermittlung von Zeigerpflanzen [1] (E4, E7–9)</li> <li>• Sensibilisierung für den Zusammenhang von Korrelation und Kausalität beim Biomonitoring (K8) und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses</li> <li>• Ableitung von Handlungsoptionen für das untersuchte Ökosystem (E15)</li> <li>• Internetrecherche zur ökologischen Problematik von intensiver Grünlandbewirtschaftung (Fettwiesen) und Begründung von Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen von heimischen, artenreichen Magerwiesen durch extensive Grünlandbewirtschaftung (K11–14) [2,3] [MKR]</li> </ul>

### Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

**Unterrichtsvorhaben Q1.LK.Ö2. „Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Welche grundlegenden Annahmen gibt es in der Ökologie über die Dynamik von Populationen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum</li> <li>- Fortpflanzungsstrategien: r- und K-Strategien</li> </ul> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p>interpretieren grafische Darstellungen der Populationsdynamik unter idealisierten und realen Bedingungen auch unter Berücksichtigung von Fortpflanzungsstrategien (S5, E9, E10, E12, K9).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Sukzession – wie verändern sich die Populationsdichte und -zusammensetzung an Altindustriestandorten? [1]</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse der Bedingungen für exponentielles und logistisches Wachstum, Interpretation von grafischen Darstellungen unter idealisierten und realen Bedingungen (E9, E10)</li> <li>• Erläuterung von dichtebegrenzenden Faktoren</li> <li>• Recherche der charakteristischen Merkmale von r- und K- Strategen und Analyse von grafischen Darstellungen der charakteristischen Populationsdynamik (K9), Bezug zur veränderten Biozönose in Sukzessionsstadien (z. B. überwiegend r-Strategen auf einer Industriebrache)</li> <li>• Kritische Reflexion der im Unterricht verwendeten vereinfachten Annahmen zur Populationsökologie (E12)</li> </ul>
<p><b>In welcher Hinsicht stellen Organismen selbst einen Umweltfaktor dar?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Interspezifische Beziehungen: Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen</li> </ul> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p>analysieren Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- oder interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6-K8).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Gut vernetzt – Wechselwirkungen in Biozönosen</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung der charakteristischen Merkmale von Konkurrenz (→ UV 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)</li> <li>• Analyse der Anpasstheiten ausgewählter interagierender Arten auf morphologischer und physiologischer Ebene, z. B. bei Symbiose oder Parasitismus (K7)</li> <li>• 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)</li> <li>• Interpretation grafischer Darstellungen von Räuber-Beute-Systemen und kritische Reflexion der Daten auch im Hinblick auf Bottom Up- oder Top Down-Kontrolle (E9)</li> </ul>
<p><b>Wie können Aspekte der Nachhaltigkeit im Ökosystemmanagement verankert werden?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ökosystemmanagement: nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> <li>- Hormonartig wirkende Substanzen</li> </ul>	<p>erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10).</p> <p>analysieren Schwierigkeiten der Risikobewertung für hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt unter Berücksichtigung verschiedener Interessenslagen (E15, K10, K14, B1, B2, B5).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Pestizideinsatz in der Landwirtschaft</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse eines Fallbeispiels zur Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz unter Berücksichtigung der kurzfristigen und langfristigen Populationsentwicklung des Schädlings</li> <li>• Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umweltnutzung und</li> </ul>

<p>in der Umwelt</p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>		<p>Biodiversitätsschutz, z. B. anhand der intensiven Landwirtschaft und dem Einsatz von Pestiziden für den Pflanzenschutz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewertung von Handlungsoptionen im Sinne eines nachhaltigen Ökosystemmanagements und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14) [3]</li> <li>• Angeleitete Recherche (z. B. auf den Seiten des Umweltbundesamtes [4]) zu den Auswirkungen hormonartig wirkender Pestizide auf Tiere und die Fruchtbarkeit des Menschen sowie der Anreicherung in Nahrungsketten (K10)</li> <li>• Nennung der Schwierigkeiten, die bei der Risikobewertung hormonartig wirkender Substanzen in der Umwelt auftreten und Diskussion der damit verbundenen Problematik eines Verbotsverfahrens (BfR Endokrine Disruptoren) (E15)</li> <li>• Analyse der Interessenslagen der involvierten Parteien (B1, B2) [5]</li> </ul>
---	--	--

### Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

**Unterrichtsvorhaben Q1.LK.Ö3. „Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem:</li> <li>- Nahrungsnetz</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad</b>  <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ S1) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4)</li> <li>• ggf. Analyse eines Fallbeispiels zur Entkopplung von Nahrungsketten durch die Erderwärmung [1]</li> <li>• Erläuterung der Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie)</li> <li>• Interpretation der Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14)</li> <li>• Interpretation von grafischen Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene</li> <li>• Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der modellhaften Darstellungen (E12)</li> <li>• Anwendung der erworbenen Kenntnisse am Beispiel des Flächen- und Energiebedarfs für die Fleischproduktion auf Grundlage von Untersuchungsbefunden (E14) [2]</li> </ul>
<p><b>Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf</li> </ul> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p>analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz</b>  <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung der Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) und Identifikation von Kohlenstoffspeichern (K5) [3,4]</li> <li>• Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14) [5]</li> <li>• Internetrecherche zu Kippunkten (Tipping Points) des Klimawandels und Erläuterung eines Kippelements, z. B. Permafrostboden (K2) [6] [MKR]</li> </ul>
<p><b>Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> </ul>	<p>erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12).</p> <p>beurteilen anhand des ökologischen Fußabdrucks den</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel</b>  <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identifikation nicht wissenschaftlicher Aussagen im Vergleich zu wissenschaftlich fundierten Aussagen bezüglich des anthropogenen Einflusses auf den Treibhauseffekt (E16) [7]</li> </ul>

<p>- Ökologischer Fußabdruck (ca. 5 Ustd.)</p>	<p>Verbrauch endlicher Ressourcen aus verschiedenen Perspektiven (K13, K14, B8, B10, B12).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angeleitete Recherche zu den geografischen, zeitlichen und sozialen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts sowie zu den beschlossenen Maßnahmen [8]</li> <li>• Entwicklung von Kriterien für die Bewertung der Maßnahmen unter Berücksichtigung der Dimensionen für globale Entwicklung (Umwelt, Soziales, Wirtschaft) sowie Abschätzung der Wirksamkeit der Maßnahmen (B4, B7, K14, B12)</li> <li>• Ermittlung eines ökologischen Fußabdrucks, Reflexion der verschiedenen zur Ermittlung herangezogenen Dimensionen, Sammlung von Handlungsoptionen im persönlichen Bereich (B8, K13)</li> <li>• Erkennen der Grenzen der wissenschaftlichen Wissensproduktion und der Akzeptanz vorläufiger und hypothetischer Aussagen, die auf einer umfassenden Datenanalyse beruhen (E16)</li> <li>• ggf. kritische Auseinandersetzung mit dem in der Wissenschaft diskutierten Begriffs des „Anthropozän“<sup>2</sup></li> </ul>
<p><b>Wie können umfassende Kenntnisse über ökologische Zusammenhänge helfen, Lösungen für ein komplexes Umweltproblem zu entwickeln?</b> (ca. 5 Ustd.)</p>	<p>analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14). analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Umweltproblem Stickstoffüberschuss: Ursachen und Auswege</b> <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erarbeitung des natürlichen Stickstoffkreislaufs, Identifikation der Stoffspeicher und Austauschwege. Fokussierung auf die Anteile von molekularem Stickstoff und biologisch verfügbaren Verbindungen.</li> <li>• Fokussierung auf die anthropogene Beeinflussung des Stickstoffkreislaufs und Strukturierung von Informationen zur komplexen Umweltproblematik durch Stickstoffverbindungen (K2, K5) [9,10]</li> <li>• Recherche zu einem ausgewählten, ggf. lokalen Umweltproblem, welches auf einem zu hohen Stickstoffeintrag beruht und zu den unternommenen Renaturierungsmaßnahmen (K11–14).</li> </ul>

<sup>2</sup>Der Begriff "Anthropozän" bezeichnet ein neues geologisches Zeitalter, in dem die Menschheit den dominanten geophysikalischen Einfluss auf das Erdsystem hat und daraus die Verantwortung des Menschen für die Zukunft des Planeten abgeleitet wird.



## Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 13.01.2023

**Unterrichtsvorhaben Q1.GK.S1. „Energieumwandlung in lebenden Systemen“**

<b>Sequenzierung:</b>	<b>Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen</b>
<p><b>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieumwandlung</li> <li>- Energieentwertung</li> <li>- Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> <li>- ATP-ADP-System</li> <li>- Stofftransport zwischen den Kompartimenten</li> <li>- Chemiosmotische ATP-Bildung</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Leben und Energie - Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen.</b>  <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (→EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle NADH+H<sup>+</sup> und ATP</li> <li>- Beschreibung der grundlegenden Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen</li> </ul>

**Unterrichtsvorhaben Q1.GK.S2. „Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen“**

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

Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q1.GK.S3. „Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie“**

<b>Sequenzierung:</b>	<b>Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen</b>
<p><b>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ Sek I) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität.</li> <li>• Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6)</li> <li>• Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9–11)</li> </ul>
<p><b>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktionale Anpasstheiten: Blattaufbau</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>erklären funktionale Anpasstheiten an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind</li> <li>• Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie</li> <li>• Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3]</li> <li>• Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpasstheiten von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate</li> <li>• ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpasstheiten (K7)</li> <li>• Bei der Auswertung Problematisierung der Aussagekraft der Messwerte (z. B. Stichprobenzahl, versch. Zeitpunkte, Messverfahren, Problem der Genauigkeit im Freien)</li> <li>• Fotografieren von wiedererkennbaren Standorten zur Dokumentation der Veränderungen im Jahresverlauf (Nutzung später)</li> </ul>

<p><b>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktionale Anpassungen: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Feinbau Chloroplast</li> <li>- Chromatografie (ca. 3 Ustd.)</li> </ul>	<p>erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Der ENGELMANN-Versuch- Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts.</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge [4]</li> <li>• Herstellen eines Zusammenhangs zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese</li> <li>• Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente [5] (E4)</li> <li>• Wiederholung des Feinbaus eines Chloroplasten und Verortung der Pigmente in der Thylakoidmembran</li> <li>• Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)</li> </ul>
<p><b>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>- Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen,</li> <li>- Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>- Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel (ca. 7 Ustd.)</li> </ul>	<p>erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung eines Übersichtsschemas für die Fotosynthese mit einer Unterteilung in Primärreaktion und Sekundärreaktion unter Berücksichtigung der Energieumwandlung von Lichtenergie in ATP und der Bildung von Glucose unter ATP-Verbrauch (K9)</li> <li>• Erläuterung der wesentlichen Vorgänge in der Lichtreaktion (Fotolyse des Wassers, Elektronentransport und Bildung von NADPH+ H<sup>+</sup>) anhand eines einfachen Schaubildes, Reaktivierung der Kenntnisse zur chemiosmotischen ATP-Bildung</li> <li>• Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse</li> <li>• Vervollständigung des Übersichtsschemas zur Veranschaulichung des stofflichen und energetischen Zusammenhangs der Teilreaktionen</li> <li>• Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle</li> </ul>

**Weiterführende Materialien:**

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q1.LK.S1. „Energieumwandlung in lebenden Systemen“**

<b>Sequenzierung:</b>	<b>Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen</b>
<p><b>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Energieumwandlung</li> <li>- Energieentwertung</li> <li>- Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> <li>- ATP-ADP-System</li> <li>- Stofftransport zwischen den Kompartimenten</li> <li>- Chemiosmotische ATP-Bildung</li> </ul> <p>(ca. 6 Ustd)</p>	<p>vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Leben und Energie – Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen.</b>  <i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung des Vorwissens zur Energieumwandlung in lebenden Systemen (→EF), insbesondere: Zusammenhang von abbauendem und aufbauendem Stoffwechsel, energetische Kopplung von Reaktionen, Bedeutung der Moleküle NADH+H<sup>+</sup> und ATP ]</li> <li>• Erarbeitung der Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen [1]</li> <li>• Vernetzung und Ausblick: Benennung der Mitochondrien und Chloroplasten als Orte der membranbasierten Energieumwandlung in eukaryotischen Zellen. Aufstellen von Vermutungen zur Energiequelle für die Aufrechterhaltung des Protonengradienten in Chloroplasten (Lichtenergie) und Mitochondrien (chemische Energie aus der Oxidation von Nährstoffen)</li> </ul>



**Unterrichtsvorhaben Q1.LK.S2. „Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feinbau Mitochondrium</li> <li>- Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> <li>- Energetisches Modell der Atmungskette</li> <li>- Redoxreaktionen</li> </ul> <p>(ca. 8 Ustd)</p>	<p>stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9),</p> <p>vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt [1]</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung des Vorwissens zum Feinbau von Mitochondrien und Skizze eines Schaubildes mit den wesentlichen Schritten der Zellatmung und deren Verortung in Zellkompartimenten. Sukzessive Ergänzung des Schaubildes im Verlauf des Unterrichts (K9)</li> <li>• Beschreibung der Glykolyse als ersten Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierung auf die Entstehung von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse</li> <li>• Beschreibung des oxidativen Abbaus von Pyruvat zu Kohlenstoffdioxid in den Mitochondrien durch oxidative Decarboxylierung und die Prozesse im Tricarbonsäurezyklus, dabei Fokussierung auf die Reaktionen, in denen Reduktionsäquivalente und ATP gebildet werden</li> <li>• Aufstellung einer Gesamtbilanz aus den ersten drei Schritten und Abgleich mit der Bruttogleichung der Zellatmung</li> </ul> <p><b>Hinweis: Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können.</b></p> <p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Knallgasreaktion in den Mitochondrien?</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Demonstration der stark exergonischen Knallgasreaktion (ggf. Video) und Aufstellung der Reaktionsgleichung, Hypothesenbildung zum Ablauf der analogen Reaktion in den Mitochondrien</li> <li>• Vertiefung des Feinbaus von Mitochondrien bezüglich der Proteinausstattung der inneren Mitochondrienmembran</li> <li>• Veranschaulichung der Redoxreaktionen und des Gefälles der Redoxpotenziale in einem energetischen Modell der Atmungskette (E12)</li> <li>• Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und NADH+H<sup>+</sup> als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten</li> <li>• Vervollständigung des Schaubildes und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• fakultative Vertiefung weiterer kataboler Reaktionswege, die für den Energiestoffwechsel relevant sind: Oxidation anderer Nährstoffe sowie Abbau eigener Körpersubstanz, Tricarbonsäurezyklus als Stoffwechseldrehscheibe</li> </ul>
<p><b>Welche Bedeutung haben Gärungsprozesse für die Energiegewinnung?</b></p> <p>- Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung</p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>PASTEUR-Effekt: Höherer Glucoseverbrauch von Hefezellen unter anaeroben Bedingungen</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problematisierung der Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Glykolyse: Regeneration des NAD<sup>+</sup> bleibt aus (fehlender Endakzeptor für Elektronen in der Atmungskette)</li> <li>• Erläuterung der Stoffwechselreaktionen der alkoholischen Gärung und Milchsäuregärung und deren Bedeutung für die Regeneration von NAD<sup>+</sup></li> <li>• Verwendung geeigneter Darstellungsformen für den stofflichen und energetischen Vergleich der behandelten Stoffwechselwege (K9)</li> <li>• ggf. Vertiefung: Vergleich der Prozesse bei fakultativen und obligaten Anaerobiern</li> </ul>
<p><b>Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?</b></p> <p>Stoffwechselregulation auf Enzymebene</p> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p>erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1–4, E11, E12),</p> <p>nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren (→EF)</li> <li>• Anwendung des Konzepts der enzymatischen Regulation auf ausgewählte enzymatische Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels (z.B. Feedbackhemmung der Phosphofruktokinase) (E12)</li> <li>• Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM) [2,3]</li> <li>• angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4) [4]</li> <li>• Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9) [5]</li> </ul>

Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q1.LK.S3. „Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung der Bruttogleichung der Fotosynthese (→ SI) und Beschreibung der Stärke- und Sauerstoffproduktion als ein Maß für die Fotosyntheseaktivität</li> <li>• Messung der Sauerstoffproduktion bei der Wasserpest, z. B. mithilfe einer Farbreaktion [1] oder bei Efeu [2], dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle (E6)</li> <li>• Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen (E 9-11)</li> </ul>
<p><b>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Funktionale Anpasstheiten: Blattaufbau</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>erklären funktionale Anpasstheiten an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – Die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung der Kenntnisse zum Aufbau eines Laubblatts (→EF), Erläuterung der morphologischen Strukturen, die für die Fotosyntheseaktivität von Landpflanzen bedeutend sind</li> <li>• Erläuterung von Struktur-Funktions-Zusammenhängen für unterschiedliche Gewebe im schematischen Blattquerschnitt, dabei Berücksichtigung der Versorgung fotosynthetisch aktiver Zellen mit Kohlenstoffdioxid, Wasser und Lichtenergie</li> <li>• Mikroskopie eines Abziehpräparats der unteren Blattepidermis und Hypothesenbildung zur Regulation des Gasaustausches und der Transpiration durch Schließzellen [3]</li> <li>• Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpasstheiten von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate</li> <li>• ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpasstheiten (K7)</li> </ul>
<p><b>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>- Energetisches Modell der Lichtreaktionen</li> <li>- Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen,</li> <li>- Calvin-Zyklus: Fixierung,</li> </ul>	<p>vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</p> <p>erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</b></p> <p><i>Zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung eines übersichtlichen Schaubildes für die Fotosynthese auf Grundlage des Vorwissens (Edukte, Produkte, Reaktionsbedingungen) (K9)</li> <li>• Beschreibung des EMERSON-Effekts anhand eines Diagramms zur Fotosyntheseleistung bei unterschiedlichen Wellenlängen, Identifizierung von Fragestellungen zur Funktionsweise der Fotosysteme (E2)</li> <li>• Entwicklung einer vereinfachten Darstellung der Lichtreaktion in einem energetischen</li> </ul>

<p>Reduktion, Regeneration</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tracer-Methode</li> <li>- Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<p>werten durch die Anwendung von Tracermethoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).</p>	<p>Modell, welche den Energietransfer in den beiden Fotosystemen, die Fotolyse des Wassers, den Elektronentransport über Redoxsysteme mit Redoxpotenzialgefälle und die Bildung von NADPH+ H<sup>+</sup> berücksichtigt (K11) [5]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vergleich des membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in der Atmungskette und der Primärreaktion (E12) (→UV 2)</li> <li>• Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse</li> <li>• Erläuterung des Tracer- Experiments von CALVIN und BENSON zur Aufklärung der Synthesereaktion und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse (E10, E15)</li> <li>• Ergänzung des Schaubildes zur Fotosynthese durch den stofflichen und energetischen Zusammenhang der Teilreaktionen (S2, E9)</li> <li>• Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle (S7, E9)</li> </ul>
---	--	--

**Weiterführende Materialien:**

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q2.GK.G1. „DNA – Speicherung und Expression genetischer Information“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ Sek 1, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4]</li> <li>• Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STAHN-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2]</li> <li>• Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos</li> <li>• Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynukleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</li> </ul>
<p><b>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau von Proteinen (→ EF) und Erarbeitung des Problems der Codierung bzw. Decodierung von Informationen auf DNA-Ebene, RNA-Ebene und Proteinebene (Bezug zum Basiskonzept Information und Kommunikation und auch Struktur und Funktion)</li> <li>• Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen</li> <li>• Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache</li> <li>• Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien</li> <li>• Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema [ggf. 3]</li> <li>• Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</li> <li>• Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA Übertragung auf einem nicht-biologischen Zusammenhang, z.B. Thermostat (ohne technische Terminologie wie Stellglied, Regler etc.)</li> </ul>

<p><b>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Transkription und Translation bei Eukaryoten</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten</li> <li>• Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation</li> <li>• Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten</li> <li>• Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben</li> </ul>
<p><b>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ Sek I, → EF)</li> <li>• Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus)</li> <li>• Ableitung der verschiedenen Typen von Genmutationen unter Berücksichtigung der molekularen Ebenen (DNA, RNA, Protein) sowie der phänotypischen Auswirkungen auf Ebene der Zelle bzw. des Organismus</li> <li>• Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien</li> </ul>
<p><b>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung</li> </ul> <p>(ca. 7 Ustd.)</p>	<p>erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität</li> <li>• Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums</li> <li>• Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der Modellierungen [ggf. 6]</li> <li>• Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung</li> </ul>

**Weiterführende Materialien:**

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022



Unterrichtsvorhaben Q2.GK.G.2. „Humangenetik und Gentherapie“		
Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF)</li> <li>• Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse</li> <li>• Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen</li> <li>• ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1]</li> </ul>
<p><b>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen (S1, K14, B3, B7–9, B11).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen</li> <li>• Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen</li> <li>• Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive</li> </ul>

#### Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q2.LK.G1. „DNA – Speicherung und Expression genetischer Information“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ SI, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA [1; 4]</li> <li>• Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STAHLE-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise [2]</li> <li>• Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideos</li> <li>• Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxynukleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase</li> </ul>
<p><b>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</p> <p>deuten Ergebnisse von Experimenten zum Ablauf der Proteinbiosynthese (u. a. zur Entschlüsselung des genetischen Codes) (S4, E9, E12, K2, K9).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten</b> <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau von Proteinen (→ EF) und Erarbeitung des Problems der Codierung bzw. Decodierung von Informationen auf DNA-Ebene, RNA-Ebene und Proteinebene</li> <li>• Erstellung eines Fließschemas zum grundsätzlichen Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen</li> <li>• Erläuterung des Ablaufs der Transkription z. B. anhand einer Animation (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache</li> <li>• Erläuterung des Vorgangs der Translation ausgehend von unterschiedlichen modellhaften Darstellungen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modelle unter Berücksichtigung gemeinsam formulierter Kriterien</li> <li>• Erarbeitung der Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne unter Rückbezug auf das erstellte Fließschema</li> <li>• Berücksichtigung des Energiebedarfs der Proteinbiosynthese</li> <li>• Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA</li> <li>• Analyse der Experimente von MATTHAEI und NIRENBERG zur Entschlüsselung des genetischen Codes nach dem naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung [3] und ggf. weiterer Experimente</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexion der Fragestellungen und Methoden der ausgewählten Experimente zum Ablauf der Proteinbiosynthese (z. B. hinsichtlich der technischen Möglichkeiten)</li> </ul>
<p><b>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Transkription und Translation bei Eukaryoten</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen (→ EF) und Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zum Ablauf der Proteinbiosynthese bei Eukaryoten</li> <li>• Erläuterung modellhafter Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation</li> <li>• Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten</li> <li>• Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben</li> </ul>
<p><b>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ SI, → EF)</li> <li>• Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus)</li> <li>• Ableitung der verschiedenen Typen von Genmutationen unter Berücksichtigung der molekularen Ebenen (DNA, RNA, Protein) sowie der phänotypischen Auswirkungen auf Ebene der Zelle bzw. des Organismus (Einbezug der Basiskonzepte Struktur und Funktion und Information und Kommunikation)</li> <li>• Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblen Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen</li> <li>• Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien</li> </ul>
<p><b>Mit welchen molekularbiologischen Verfahren können zum Beispiel Genmutationen festgestellt werden?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- PCR</li> <li>- Gelelektrophorese</li> </ul> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p>erläutern PCR und Gelelektrophorese unter anderem als Verfahren zur Feststellung von Genmutationen (S4, S6, E8–10, K11).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Analyse von Genmutationen (z. B. SARS-CoV-2-Mutanten, Diagnose von Gendefekten oder Resistenzen) [5]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung der PCR-Methode unter Berücksichtigung der Funktionen der Komponenten eines PCR-Ansatzes und des Ablaufs der PCR [6]</li> <li>• Diskussion der möglichen Fehlerquellen und der Notwendigkeit von Negativkontrollen bei Anwendungen der PCR</li> <li>• Erläuterung des Grundprinzips der DNA-Gelelektrophorese und Anwendung der Verfahren zur Identifikation von Genmutationen durch Wahl der Primer oder ggf. RFLP-</li> </ul>

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

## Unterrichtsvorhaben Q2.LK.G2. „DNA – Regulation der Genexpression und Krebs“

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung, Histonmodifikation, RNA-Interferenz</li> </ul> <p>(ca. 10 Ustd.)</p>	<p>erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).</p> <p>erläutern die Genregulation bei Eukaryoten durch RNA-Interferenz und Histon-Modifikation anhand von Modellen (S5, S6, E4, E5, K1, K10).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität</li> <li>• Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums</li> <li>• 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]</li> <li>• Erläuterung des natürlichen Mechanismus der RNA-Interferenz bei Pflanzen und Tieren anhand einer erarbeiteten Modellierung ausgehend von verschiedenen Darstellungen und Präsentation der Ergebnisse [2]</li> <li>• Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten unter Bezügen zu den Basiskonzepten Stoff- und Energieumwandlung sowie Steuerung und Regelung</li> </ul>
<p><b>Wie können zelluläre Faktoren zum ungehemmten Wachstum der Krebszellen führen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin</i></li> </ul> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p>begründen Eigenschaften von Krebszellen mit Veränderungen in Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen (Tumor-Suppressor-Genen) (S3, S5, S6, E12).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Krebsentstehung als Deregulation zellulärer Kontrolle des Zellzyklus [3]</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zur Bedeutung des Zellzyklus und Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)</li> <li>• Erläuterung der Eigenschaften von Krebszellen und medizinischer Konsequenzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen</li> <li>• Modellierung der Wirkweise der von Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen codierten Faktoren (wie etwa RAS und p53) in Bezug auf die Kontrolle des Zellzyklus</li> <li>• Formulierung von Hypothesen zu deren Fehlfunktion aufgrund von Mutationen unter Bezug auf Mechanismen der Genregulation unter Einbezug der verschiedenen Systemebenen</li> </ul>
<p><b>Welche Chancen bietet eine personalisierte Krebstherapie?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin</i></li> </ul>	<p>begründen den Einsatz der personalisierten Medizin in der Krebstherapie (S4, S6, E14, K13).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Krebstherapie: Ermöglicht eine Personalisierung die Vermeidung von Nebenwirkungen?</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zur Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)</li> <li>• Erläuterung der Nebenwirkungen von Zytostatika ausgehend von generellen Eigenschaften der Tumorzellen</li> </ul>

(ca. 4 Ustd.)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Hypothesen zu Therapieansätzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen und der Verminderung von Nebenwirkungen bei systemischer Behandlung</li> <li>• Begründung einer Genotypisierung zum Beispiel vor der Chemotherapie mit 5-Fluorouracil [4] und ggf. weiterer Ansätze zu individualisierten Behandlungsmethoden [5, 6] (auch Einbezug von mRNA-Techniken ist möglich) auch unter Berücksichtigung der entstehenden Kosten durch medizinische Forschung und Produktion der Wirkstoffe</li> </ul>
---------------	--	--

### Weiterführende Materialien:

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q2.LK.G3. „Humangenetik, Gentechnik und Gentherapie“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zur Analyse verschiedener Erbgänge anhand des Ausschlussverfahrens (→ EF)</li> <li>• Reflexion der gewonnenen Erkenntnisse und Begründung der Anwendung von Gentests zur Verifizierung der Ergebnisse</li> <li>• Entwicklung von Handlungsoptionen im Beratungsprozess und Abwägen der Konsequenzen für die Betroffenen</li> <li>• ggf. Einsatz ergänzender Materialien zu genetischer Beratung [1]</li> </ul>
<p><b>Wie wird rekombinante DNA hergestellt und vermehrt?</b></p> <p><b>Welche ethischen Konflikte treten bei der Nutzung gentechnisch veränderter Organismen auf?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren</li> </ul> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p>erklären die Herstellung rekombinanter DNA und nehmen zur Nutzung gentechnisch veränderter Organismen Stellung (S1, S8, K4, K13, B2, B3, B9, B12).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Insulinproduktion durch das Bakterium <i>Escherichia coli</i></b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> <li>• Ableitung der erhöhten Komplexität der gentechnischen Manipulation eukaryotischer Systeme</li> <li>• Diskussion der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen unter Berücksichtigung des Erhalts der Biodiversität, ökonomischer Aspekte, politischer und sozialer Perspektiven, ggf. Einbindung von [2]</li> <li>• Reflexion des Entscheidungsprozesses mit Unterscheidung zwischen deskriptiven und normativen Aussagen sowie Berücksichtigung der Intention der verwendeten Quellen</li> </ul>
<p><b>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> </ul> <p>(ca. 6 Ustd.)</p>	<p>bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen und nehmen zum Einsatz gentherapeutischer Verfahren Stellung (S1, K14, B3, B7–9, B11).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beschreibung der Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen</li> <li>• Ableitung von Nutzen und Risiken bei somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie für Individuum und Gesellschaft, Aufstellen von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen</li> <li>• Reflexion des Bewertungsprozesses aus persönlicher, gesellschaftlicher und ethischer Perspektive</li> <li>• ggf. Erläuterung der Möglichkeiten und Risiken gentherapeutischer Verfahren wie die</li> </ul>

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022



Unterrichtsvorhaben Q2.GK.E1. „Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie“		
Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift</li> </ul> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p>begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Schnabelgrößen und Ableitung von Hypothesen zu den möglichen Ursachen</li> <li>• Erklärung der Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion</li> <li>• Analyse der Bedeutung von Zufallereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelvielfalt von Populationen</li> <li>• Erläuterung der Zusammenhänge zwischen den Veränderungen von Merkmalsverteilungen auf phänotypischer Ebene und den Verschiebungen von Allelfrequenzen auf genetischer Ebene unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen<sup>3</sup> und der Vermeidung finaler Begründungen</li> </ul>
<p><b>Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Anpassungen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness</li> </ul> <p>(ca. 2 Ustd.)</p> <p><b>Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>erläutern die Anpassung von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwen-Kolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse [1]</li> <li>• Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen. Berücksichtigung proximativer und ultimativer Ursachen und Vermeidung finaler Begründungen [1]</li> <li>• Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen</li> </ul>
<p><b>Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten,</li> </ul>	<p>erläutern die Anpassung von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Rothirsch-Geweih und Pfauenrad</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum</li> </ul>

<sup>3</sup> Proximate und ultimate Ursachen von Verhalten sind in der Verhaltensforschung zwei gängige, aber äußerst unterschiedliche Ansätze, Verhaltensweisen zu erklären. Im Prinzip können zu jeder Verhaltensweise sowohl proximate Ursachen (unmittelbare Gründe) als auch ultimate Ursachen (evolutionsbiologische Zusammenhänge) angegeben werden.

<p>Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness</p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>		<p>Sexualdimorphismus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen</li> </ul> <p>Reflexion der Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen</p>
<p><b>Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Synthetische Evolutionstheorie: Koevolution</li> </ul> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Anwendung der Synthetischen Evolutionstheorie auf das System Bestäuber-Blüte unter Berücksichtigung der jeweiligen Selektionsvorteile und Selektionsnachteile für die beiden Arten sowie Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>Ableitung einer Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen</li> <li>Zusammenfassung der Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache</li> </ul>

**Weiterführende Materialien:**

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

Letzter Zugriff auf die URL: 16.12.2022

**Unterrichtsvorhaben Q2.GK.E2. „Stammbäume und Verwandtschaft“**

Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation</i></li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache</li> <li>• Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen</li> <li>• Ableitung des morphologischen, biologischen und populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung</li> <li>• Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen</li> <li>• Reflexion der ultimatsten und proximatsten Ursachen für Artwandel und Artbildung und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der genutzten Modelle</li> </ul>
<p><b>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</i></li> </ul> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p>deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese</li> <li>• Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen</li> <li>• Ableitung phylogenetischer Verwandtschaften auf Basis des Sparsamkeitsprinzips und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul>
<p><b>Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</i></li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche [1]</li> <li>• Deutung der molekularen Ähnlichkeiten des Kollagens und Analyse des phylogenetischen Stammbaums unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen</li> <li>• Erläuterung der Verwendung morphologischer und molekularer Daten zur Erstellung von Stammbäumen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul>

		<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Vielfalt einer Genfamilie (z. B. Hämoglobin-Gene)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung der molekularen Ähnlichkeiten auf DNA- und Proteinebene</li> <li>• Erklärung der Entstehung einer Genfamilie ausgehend von Genduplikationen und unabhängiger Entwicklung der einzelnen Genvarianten</li> </ul> <p>Diskussion der Evolution von Genfamilien anhand von Gen-Stammbäumen und Abgrenzung zur Analyse von phylogenetischen Verwandtschaften zwischen Lebewesen</p>
<p><b>Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?</b></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p>deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutung der Übereinstimmungen im Hinblick auf die phylogenetische Verwandtschaft von Arten auf der einen Seite und den unabhängig voneinander entstandenen Mutationen auf der anderen Seite</li> </ul> <p>Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung)</p>
<p><b>Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?</b></p> <p>- Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung der Merkmale naturwissenschaftlicher Theorien unter Berücksichtigung der Evidenzbasierung sowie Begründung der Einordnung des Intelligent Design als Pseudowissenschaft</li> </ul> <p>Reflexion der verschiedenen Betrachtungsweisen evolutiver Prozesse durch Religion, Philosophie und Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Intentionen der jeweiligen Quellen</p>

**Weiterführende Materialien:**

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

**Unterrichtsvorhaben Q2.LK.E1. „Evolutionfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie“**

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

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

**Weiterführende Materialien:**

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

Unterrichtsvorhaben Q2.LK.E2. „Stammbäume und Verwandtschaft“		
Sequenzierung:	Schwerpunkte der Kompetenzentwicklung Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Ideen
<p><b>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation</i></li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Evolution der Darwin-Finken unter Verwendung der Fachsprache</li> <li>• Erläuterung der adaptiven Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen</li> <li>• Ableitung des populationsgenetischen Artbegriffs und Anwendung auf Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung</li> <li>• Erläuterung der Bedeutung prä- und postzygotischer Isolationsmechanismen</li> <li>• Reflexion der ultimatsten und proximatsten Ursachen für Artwandel und Artbildung und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen</li> </ul>
<p><b>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</i></li> </ul> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p>deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ableitung der molekularen Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie in Bezug auf grundsätzliche Übereinstimmungen bei der Proteinbiosynthese</li> <li>• Deutung molekularbiologischer Homologien bei konservierten Genen einerseits und sehr variablen Genen andererseits bei Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen</li> <li>• Ableitung phylogenetischer Verwandtschaften auf Basis des Sparsamkeitsprinzips und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul>
<p><b>Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</i></li> </ul> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p>analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia</b>  <i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche [1]</li> <li>• Deutung der molekularen Ähnlichkeiten des Kollagens und Analyse des phylogenetischen Stammbaums unter Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen</li> <li>• Erläuterung der Verwendung morphologischer und molekularer Daten zur Erstellung von Stammbäumen und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul>

		<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Vielfalt einer Genfamilie (z. B. Hämoglobin-Gene)</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung der molekularen Ähnlichkeiten auf DNA- und Proteinebene</li> <li>• Erklärung der Entstehung einer Genfamilie ausgehend von Genduplikationen und unabhängiger Entwicklung der einzelnen Genvarianten</li> <li>• Diskussion der Evolution von Genfamilien anhand von Gen-Stammbäumen und Abgrenzung zur Analyse von phylogenetischen Verwandtschaften zwischen Lebewesen</li> </ul>
<p><b>Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</li> </ul> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p>deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Deutung der Übereinstimmungen im Hinblick auf die phylogenetische Verwandtschaft von Arten auf der einen Seite und den unabhängig voneinander entstandenen Mutationen auf der anderen Seite</li> <li>• Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels (Basiskonzept Individuelle und evolutive Entwicklung)</li> </ul>
<p><b>Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> </ul> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p>begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5).</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft</b></p> <p><i>zentrale Unterrichtssituationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erläuterung der Merkmale naturwissenschaftlicher Theorien unter Berücksichtigung der Evidenzbasierung sowie Begründung der Einordnung des Intelligent Design als Pseudowissenschaft</li> <li>• Reflexion der verschiedenen Betrachtungsweisen evolutiver Prozesse durch Religion, Philosophie und Naturwissenschaften unter Berücksichtigung der Intention der jeweiligen Quelle</li> </ul>

**Weiterführende Materialien:**

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



**Unterrichtsvorhaben Q2.LK.E3 „Humanevolution und kulturelle Evolution“**

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