

Clara-Schumann-Gymnasium  
Gymnasium der Stadt Bonn für Jungen und  
Mädchen



Interner Lehrplan Biologie

Sekundarstufe II – Q-Phase ab 2023  
Stand Juni/2023 – V 1.0



# Inhalt

## 1 Entscheidungen zum Unterricht

### 1.1 Lehrplanstruktur und Unterrichtsvorhaben

Der hier vorliegende Lehrplan orientiert sich am „Kernlehrplan für die Sekundarstufe II für Gymnasien/Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen für das Fach Biologie“ aus dem Jahr 2022.

Der Lehrplan ist folgendermaßen aufgebaut: Zuerst werden in einer Gesamtübersicht alle Unterrichtsvorhaben der Einführungsphase und der Qualifikationsphase kurz vorgestellt, wobei inhaltliche Schwerpunkte, Schwerpunkte der Kompetenzbereiche und der ungefähre Zeitbedarf aufgeführt werden. Um Spielraum für Vertiefungen, besondere Schülerinteressen, aktuelle Themen bzw. die Erfordernisse anderer besonderer Ereignisse (z.B. Praktika, Kursfahrten o.ä.) zu erhalten, wurden im Rahmen dieses schulinternen Lehrplans nur ca. 75 Prozent der Bruttounterrichtszeit verplant. Der ausgewiesene Zeitbedarf versteht sich als grobe Orientierungsgröße, die nach Bedarf über- oder unterschritten werden kann.

Dann werden die konkretisierten Unterrichtsvorhaben ausführlich erläutert, so dass die zu vermittelnden Inhalte, Leitfragen, konkretisierte Kompetenzerwartungen und didaktisch-methodische Empfehlungen deutlich werden. Dann folgen Grundsätze zur Leistungsbewertung.

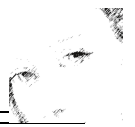
Die Bedeutungen der übergeordneten Kompetenzerwartungen können abschließend dem Anhang entnommen werden.

Da die konkretisierten Kompetenzerwartungen in Grund- und Leistungskurs der Qualifikationsphase größtenteils übereinstimmen, werden für beide Kursarten gemeinsame Unterrichtsvorhaben formuliert, wobei die zusätzlichen **Leistungskurs**-spezifischen Inhalte **fettkursiv rot** hervorgehoben werden. Diese können aber auch zusätzlich im Grundkurs unterrichtet werden.

Die Konkretisierungen sollen dabei vor allem als Orientierung dienen, welche Bausteine zur Vermittlung der Kompetenzen hilfreich sein könnten, sie besitzen also empfehlenden Charakter. Keinesfalls handelt es sich dabei um eine Liste, welche vollständig in allen aufgeführten Punkten im Schuljahr abgearbeitet werden muss. Vielmehr liegt es in der Verantwortung jeder einzelnen Lehrkraft, von denen in den Unterrichtsvorhaben angegeben Konkretisierungen auch abzuweichen, wenn dieses z. B. aus didaktischen Gründen notwendig erscheint.

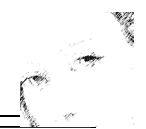
Der Lehrplan soll in den kommenden Jahren immer wieder überprüft werden, wobei der Erfahrungsaustausch zwischen den Kolleginnen und Kollegen eine zentrale Rolle spielt. Der Plan ist also ein Dokument, das sich durch Ergänzungen, Streichungen oder Abänderungen immer wieder verändern kann.

Für Rückfragen zum Lehrplan wenden Sie sich bitte an die Fachschaft Biologie.



## Themenverteilung in der Q-Phase

Unterrichtsvorhaben	Grundkurs		Leistungskurs	
	UStd	UWo	UStd	UWo
	Plan	rechn.	Plan	rechn.
N1	20	7	18	4
N2			14	3
S1	5	2	6	2
S2	11	4	16	4
S3	18	6	24	5
S4			8	2
Ö1	16	6	22	5
Ö2	9	3	18	4
Ö3	9	3	18	4
G1	27	9	28	6
G2	8	3	20	4
G3			18	4
E1	13	5	20	4
E2	16	6	16	4
E3			10	2



Q1

Sil.P-Vorschlag	07.08.23	14.08.23	21.08.23	28.08.23	04.09.23	11.09.23	18.09.23	25.09.23	02.10.23	09.10.23	16.10.23	23.10.23	30.10.23	06.11.23	13.11.23	20.11.23	27.11.23	04.12.23	11.12.23	18.12.23	25.12.23	01.01.24	08.01.24	15.01.24	22.01.24	29.01.24	05.02.24	12.02.24	19.02.24	26.02.24	04.03.24	11.03.24	18.03.24	25.03.24	01.04.24	08.04.24	15.04.24	22.04.24	29.04.24	06.05.24	13.05.24	20.05.24	27.05.24	03.06.24	10.06.24	17.06.24	24.06.24	01.07.24	
	2023																					2024															2025												
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	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
Ferien	Herbst							Weihnacht														Ostern																											
UV GK	N1	N1	N1	N1	N1	N1	N1				S1	S1	S2	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3			S3	S3	S3			Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1			Ö2	Ö2	Ö2			Ö3	Ö3	Ö3			G1	G1	
UV LK	N1	N1	N1	N1	N2	N2	N2				S1	S1	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3			S3	S3	S4	S4			Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö1	Ö2			Ö2	Ö2	Ö2			Ö3	Ö3	Ö3	Ö3			G1	G1	
Klausur								N															S													S/Ö													

Q2

	05.08.24	12.08.24	19.08.24	26.08.24	02.09.24	09.09.24	16.09.24	23.09.24	30.09.24	07.10.24	14.10.24	21.10.24	28.10.24	04.11.24	11.11.24	18.11.24	25.11.24	02.12.24	09.12.24	16.12.24	23.12.24	30.12.24	06.01.25	13.01.25	20.01.25	27.01.25	03.02.25	10.02.25	17.02.25	24.02.25	03.03.25	10.03.25	17.03.25	24.03.25	31.03.25	07.04.25	14.04.25	21.04.25								
	2024																						2025																							
	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	16	17								
	Herbst										Weihn.												Ostern																							
			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																
									G									G/E											E																	


**Qualifikationsphase 1 – GRUNDKURS/LEISTUNGSKURS (fettkursiv gedruckte Inhalte nur im Leistungskurs)**
**UV GK/LK N1: Informationsübertragung durch Nervenzellen und über Zellgrenzen**
**Inhaltsfeld 2: Neurobiologie**

 Zeitbedarf: ca. 20/**32** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:**

 Grundlagen der Informationsverarbeitung, **Neuronale Plastizität**  
 Fachliche Verfahren: Potenzialmessungen, **neurophysiologische Verfahren**
**UV GK/LK S1: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen**
**Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie**

 Zeitbedarf: ca. 16/**22** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:**

Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen

**UV GK/LK S2: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie**
**Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie**

 Zeitbedarf: ca. 18/**32** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:**

 Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel  
 Fachliche Verfahren: Chromatografie, **Tracer-Methode**
**UV GK/LK Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen und Populationsdynamik**
**Inhaltsfeld 4: Ökologie**

 Zeitbedarf: ca. 25/**40** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:**

 Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Einfluss des Menschen auf Ökosysteme, Nachhaltigkeit, Biodiversität  
 Fachliche Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und qualitative (**und quantitative**) Erfassung von Arten in einem Areal

**UV GK/LK Ö2: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen**
**Inhaltsfeld 4: Ökologie**

 Zeitbedarf: ca. 9/**18** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:**

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

**UV GK/LK G1: DNA – Speicherung, Expression und Regulation genetischer Information**
**Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution**

 Zeitbedarf: ca. 2/**4** Unterrichtsstunden à 45 Minuten

**Inhaltliche Schwerpunkte:**

 Molekulargenetische Grundlagen des Lebens  
**Fachliche Verfahren: PCR, Gelelektrophorese**



**Summe Qualifikationsphase 1 – GRUNDKURS/LEISTUNGSKURS: ca. 88/144 Stunden**

**Qualifikationsphase 2 – GRUNDKURS/LEISTUNGSKURS (fettkursiv gedruckte Inhalte nur im Leistungskurs)**

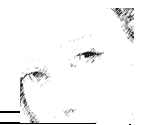
<p><b>UV GK/LK G1: DNA – Speicherung, Expression und Regulation genetischer Information</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 25/36 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens</p> <p><b>Fachliche Verfahren: PCR, Gelelektrophorese</b></p>	<p><b>UV LK G2: Krebs</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b></p> <p><b>Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</b></p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p><b>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens</b></p>
<p><b>UV GK/LK G3: Humangenetik, Gentherapie und Gentechnik</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 8/18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Molekulargenetische Grundlagen des Lebens</p> <p><b>Fachliche Verfahren: Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren</b></p>	<p><b>UV GK/LK E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 15/20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Entstehung und Entwicklung des Lebens</p>
<p><b>UV GK/LK E2: Stammbäume und Verwandtschaft</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b></p> <p>Zeitbedarf: ca. 16/16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Entstehung und Entwicklung des Lebens</p>	<p><b>UV LK E3: Humanevolution</b></p> <p><b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b></p> <p><b>Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</b></p> <p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p><b>Entstehung und Entwicklung des Lebens</b></p>
<p align="center"><b>Summe Qualifikationsphase 2 – GRUNDKURS/LEISTUNGSKURS: ca. 66/112 Stunden</b></p>	



## 2.1.2 Konkretisierte Unterrichtsvorhaben

Q1: GK/LK N1: Informationsübertragung durch Nervenzellen <b>und über Zellgrenzen</b> (Zeitbedarf: ca. 20/32 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)		
Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial, Aktionspotenzial, Erregungsleitung, <b>primäre und sekundäre Sinneszelle, Rezeptorpotenzial</b></li> <li><b>neurophysiologische Verfahren</b>, Potenzialmessungen</li> <li><b>Störungen des neuronalen Systems</b></li> <li>Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse</li> <li><b>Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation</b></li> <li>Stoffeinwirkung an Synapsen</li> <li><b>Zelluläre Prozesse des Lernens</b></li> <li><b>Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung</b></li> </ul> <p>Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?</p> <p>Wie erfolgt die Informationsweitergabe zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12).</li> <li>entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3).</li> <li>erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge <b>und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar</b> (S3, E14).</li> <li>vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1–3).</li> <li><b>analysieren die Folgen einer neuronalen Störung aus individueller und gesellschaftlicher Perspektive</b> (S3, K1–4, B2, B6).</li> <li><b>erläutern das Prinzip der Signaltransduktion bei primären und sekundären Sinneszellen</b> (S2, K6, K10).</li> <li>erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6).</li> </ul>	<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</li> <li>Aufzeigen der Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. durch den Vergleich einer schematischen Abbildung mit Realaufnahmen von Nervenzellen</li> <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> <li>Auswertung eines Experiments zur Beeinflussung des Ruhepotenzials (z. B. USSING-Kammer)</li> <li>ggf. Einstieg: Reaktionstest mit Lineal</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)</li> <li>Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade der spannungsgesteuerten Ionenkanäle</li> <li>ggf. Vertiefung der Kenntnisse zur Informationsweiterleitung durch Bearbeitung der IQB-Aufgabe Schmerzen</li> <li>Beschreibung des Phänomens der unterschiedlich schnellen Schmerzwahrnehmung, Aufstellen einer Forschungsfrage und Hypothesenbildung</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> <li><b>Erarbeitung des Krankheitsbildes: Autoimmunerkrankung, bei der die Myelinscheiden im ZNS zerstört werden (Multiple Sklerose)]</b></li> </ul>





<p><i>Wie kann eine Störung des neuronalen Systems die Informationsweitergabe beeinflussen?</i></p> <p><i>Wie werden Reize aufgenommen und zu Signalen umgewandelt?</i></p> <p><i>Wie kann Lernen auf neuronaler Ebene erklärt werden?</i></p> <p><i>Wie wirken neuronales System und Hormonsystem bei der Stressreaktion zusammen?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>erläutern die Bedeutung der Verrechnung von Potenzialen für die Erregungsleitung (S2, K11).</i></li> <li>• <i>nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).</i></li> <li>• <i>erläutern die synaptische Plastizität auf der zellulären Ebene und leiten ihre Bedeutung für den Prozess des Lernens ab (S2, S6, E12, K1).</i></li> <li>• <i>beschreiben die Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung am Beispiel der Stressreaktion (S2, S6).</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Analyse der Folgen einer neurodegenerativen Erkrankung für Individuum und Gesellschaft</i></li> <li>• <i>Sensibilisierung für die biologischen Voraussetzungen einer Reizaufnahme und die damit verbundenen Einschränkungen der Wahrnehmung</i></li> <li>• <i>Erarbeitung der Entstehung eines Rezeptorpotenzials in einer primären Sinneszelle (z. B. einer Riechsinneszelle), Darstellung der Signaltransduktion, die zur Auslösung von Aktionspotenzialen führt</i></li> <li>• <i>Vergleich der Funktionsweise mit einer sekundären Sinneszelle, z. B. einer Geschmackssinneszelle</i></li> <li>• <i>Hypothesenbildung zur Codierung der Reizstärke, Visualisierung der Zusammenhänge zwischen Reizstärke, Rezeptorpotenzial und Frequenz der Aktionspotenziale</i></li> <li>• <i>Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer chemischen Synapse und Überführung in eine andere Darstellungsform, z. B. Erklärfilm oder Fließschema [9]</i></li> <li>• <i>Vertiefung der Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von z. B. Botox, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und einer behandelten Synapse</i></li> <li>• <i>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 )</i></li> <li>• <i>Auswertung von Potenzialdarstellungen hinsichtlich der Verrechnung von Potenzialen</i></li> <li>• <i>Anwendung der Hemmung am Beispiel der Linderung des Juckreizes durch Kratzen</i></li> <li>• <i>Zuordnung des möglichen Wirkortes verschiedener exogener Stoffen an der Synapse, etwa am Beispiel der Conotoxine; Ergänzung des Erklärfilms oder Fließschemas</i></li> <li>• <i>Vorstellung der Wirkungsweise des Cannabinoids THC</i></li> <li>• <i>Anwendung von Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können</i></li> <li>• <i>Erarbeitung der synaptischen Plastizität auf zellulärer Ebene als aktivitätsabhängige Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung</i></li> <li>• <i>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</i></li> <li>• <i>Reaktivierung von Wissen zu Hormonen (→ Sek I)</i></li> <li>• <i>Erarbeitung der wesentlichen Merkmale des hormonellen Systems beim Menschen</i></li> <li>• <i>Vergleich der Unterschiede zwischen dem neuronalen und dem hormonellen System und Ableitung der Verschränkung beider Systeme]</i></li> <li>• <i>ggf. Vertiefung durch Recherche der Bedeutung von Eustress oder der Bedeutung</i></li> </ul>
---	--	--





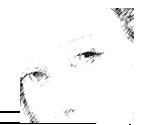
		<i>von Entspannungsphasen z. B. in Prüfungszeiten</i>	
--	--	---	--



## Q1: Unterrichtsvorhaben GK/LK S1: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen

(Zeitbedarf: ca. 16/22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel, Stoffwechselregulation auf Enzebene</li> <li>• Stofftransport zwischen Kompartimenten</li> <li>• Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>• Redoxreaktionen, Energieumwandlung, Energieentwertung, ATP-ADP-System</li> <li>• Feinbau Mitochondrium</li> <li>• Stoff- und Energiebilanz von Glykolyse, oxidative Decarboxylierung, Tricarbonsäurezyklus und Atmungskette</li> <li>• <b>Energetisches Modell der Atmungskette</b></li> <li>• <b>Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung</b></li> </ul> <p>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?</p> <p>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</p> <p>Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?</p> <p><b>Welche Bedeutung haben Gärungsprozesse für die Energiegewinnung?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben <b>und anaeroben</b> Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9).</li> <li>• erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1-4, E11, E12).</li> <li>• nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1–4, B5, B7, B9).</li> <li>• <b>vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</b></li> </ul>	<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 des Modells eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (→Physik Sek I)</li> <li>• Beschreibung der grundlegenden Funktionsweise des Transmembranproteins ATP-Synthase in lebenden Systemen</li> <li>• Übertragung der Modellvorstellung des Pumpspeicherkraftwerkes auf die Zelle: Die elektrische Energie entspricht der chemischen Energie des ATP, die Turbine entspricht der ATP-Synthase</li> <li>• <b>Vernetzung und Ausblick: Benennung der Mitochondrien und Chloroplasten als Orte der membranbasierten Energieumwandlung in eukaryotischen Zellen. Aufstellen von Vermutungen zur Energiequelle für die Aufrechterhaltung des Protonengradienten in Chloroplasten (Lichtenergie) und Mitochondrien (chemische Energie aus der Oxidation von Nährstoffen)</b></li> <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</li> <li>• <b>Demonstration der stark exergonischen Knallgasreaktion (ggf. Video) und Aufstellung der Reaktionsgleichung, Hypothesenbildung zum Ablauf der analogen Reaktion in den Mitochondrien</b></li> <li>• <b>Vertiefung des Feinbaus von Mitochondrien bezüglich der Proteinausstattung der inneren Mitochondrienmembran</b></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; Hinweis: Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können.</li> </ul>



- Veranschaulichung des Elektronentransports in der Atmungskette und des Protonentransports durch die Membran anhand einer vereinfachten Darstellung **und des Gefälles der Redoxpotenziale in einem energetischen Modell der Atmungskette**
- Analyse der Bedeutung der Verfügbarkeit von Sauerstoff als Endakzeptor der Elektronen und  $\text{NADH}+\text{H}^+$  als Elektronendonator zur Aufrechterhaltung des Protonengradienten
- Vervollständigung des Übersichtsschemas und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung
- **fakultative Vertiefung weiterer kataboler Reaktionswege, die für den Energiestoffwechsel relevant sind: Oxidation anderer Nährstoffe sowie Abbau eigener Körpersubstanz, Tricarbonsäurezyklus als Stoffwechseldrehscheibe**
- **Problematisierung der Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Glykolyse: Regeneration des  $\text{NAD}^+$  bleibt aus (fehlender Endakzeptor für Elektronen in der Atmungskette)**
- **Erläuterung der Stoffwechselreaktionen der alkoholischen Gärung und Milchsäuregärung und deren Bedeutung für die Regeneration von  $\text{NAD}^+$**
- **Verwendung geeigneter Darstellungsformen für den stofflichen und energetischen Vergleich der behandelten Stoffwechselwege**
- **ggf. Vertiefung: Vergleich der Prozesse bei fakultativen und obligaten Anaerobiern**
- Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren unter Verwendung einfacher, modellhafter Abbildungen
- **Anwendung des Konzepts der enzymatischen Regulation auf ausgewählte enzymatische Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels (z.B. Feedbackhemmung der Phosphofruktokinase)**
- Reaktivierung der Kenntnisse zu Cofaktoren am Beispiel von Mineralstoff- oder Vitaminpräparaten als Nahrungsergänzungsmittel (NEM)
- angeleitete Recherche zu NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren



## Q1: Unterrichtsvorhaben GK/LK S2: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie

(Zeitbedarf: ca. 18/32 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> <li>• Funktionale Anpassungen: Blattaufbau, Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum</li> <li>• <b>Lichtsammelkomplex</b>, Feinbau Chloroplast</li> <li>• Chromatographie</li> <li>• Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>• <b>Energetisches Modell der Lichtreaktionen</b></li> <li>• Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> <li>• Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>• <b>Tracer-Methode</b></li> <li>• Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> <li>• <b>C<sub>4</sub>-Pflanzen</b></li> <li>• <b>Stofftransport zwischen Kompartimenten</b></li> </ul> <p>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</p> <p>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</p> <p>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11).</li> <li>• erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4–S6, E3, K6–8).</li> <li>• erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatographie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13).</li> <li>• <b>vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</b></li> <li>• erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9).</li> <li>• <b>werten durch die Anwendung von Tracermethoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).</b></li> <li>• <b>vergleichen die Sekundärvorgänge bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen und erklären diese mit der Anpassung an unterschiedliche Standortfaktoren (S1, S5, S7, K7)</b></li> <li>• <b>beurteilen und bewerten multiperspektivisch Zielsetzungen einer biotechnologisch optimierten Fotosynthese im Sinne einer</b></li> </ul>	<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 oder bei Efeu, dabei Variation der äußeren Faktoren und Berücksichtigung der Variablenkontrolle</li> <li>• Auswertung der Ergebnisse, Abgleich mit Literaturwerten und Rückbezug auf Hypothesen</li> <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 fotosynthetischer 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</li> <li>• Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zu Anpassungen von Sonnen- und Schattenblättern, Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate</li> <li>• Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge</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</li> <li>• Wiederholung des Feinbaus eines Chloroplasten und Verortung der Pigmente in der Thylakoidmembran</li> <li>• <b>Beschreibung des Aufbaus der Reaktionszentren in der Thylakoidmembran von Chloroplasten</b></li> <li>• <b>Erläuterung der Funktionsweise von Lichtsammelkomplexen und ihrer Organisation zu Fotosystemen unter Verwendung von Modellen</b></li> <li>• Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle)</li> <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</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> </ul>



Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?

**Welche morphologischen und physiologischen Anpassungen ermöglichen eine effektive Fotosynthese an heißen und trockenen Standorten?**

**Inwiefern können die Erkenntnisse aus der Fotosyntheseforschung zur Lösung der weltweiten CO<sub>2</sub>-Problematik beitragen?**

**nachhaltigen Entwicklung (E17, K2, K13, B2, B7, B12)**

- **Beschreibung des EMERSON-Effekts anhand eines Diagramms zur Fotosyntheseleistung bei unterschiedlichen Wellenlängen, Identifizierung von Fragestellungen zur Funktionsweise der Fotosysteme**
- **Entwicklung einer vereinfachten Darstellung der Lichtreaktion in einem energetischen Modell, welche den Energietransfer in den beiden Fotosystemen, die Fotolyse des Wassers, den Elektronentransport über Redoxsysteme mit Redoxpotenzialgefälle und die Bildung von NADPH+ H<sup>+</sup> berücksichtigt**
- **Vergleich des membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in der Atmungskette und der Primärreaktion**
- **Erläuterung der Teilschritte des CALVIN-Zyklus, dabei Fokussierung auf die Kohlenstoffdioxidfixierung durch das Enzym Rubisco, das Recyclingprinzip von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie auf die Bedeutung zyklischer Prozesse**
- **Erläuterung des Tracer- Experiments von CALVIN und BENSON zur Aufklärung der Synthesereaktion und Reflexion der Möglichkeiten und Grenzen der gewonnenen Erkenntnisse**
- **Vervollständigung des Übersichtsschemas zur Veranschaulichung des stofflichen und energetischen Zusammenhangs der Teilreaktionen**
- **Darstellung des Zusammenwirkens von Chloroplasten und Mitochondrien in einer Pflanzenzelle für die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge in einer Pflanzenzelle**
- **Erläuterung der Standortfaktoren von C<sub>4</sub>-Pflanzen, Hypothesenbildung zu Anpassungen, auch unter Berücksichtigung der höheren FS-Leistung**
- **Identifizierung der anatomischen Unterschiede im schematischen Blattquerschnitt von C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen und Beschreibung der physiologischen Unterschiede**
- **Erläuterung der höheren Fotosyntheseleistung der C<sub>4</sub>-Pflanzen an warmen, trockenen Standorten, dabei Fokussierung auf die unterschiedliche CO<sub>2</sub>-Affinität der Enzyme PEP-Carboxylase und Rubisco**
- **fakultativ: Vergleich verschiedener Fotosyntheseformen inklusive CAM**
- **angeleitete Recherche zu einem Entwicklungsprozess der künstlichen Fotosynthese mit den Zielen der Fixierung überschüssigen Kohlenstoffdioxids und der Produktion nachhaltiger Rohstoffe**
- **Reflexion der Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung**
- **Diskussion des Sachverhalts „biotechnologisch optimierte Fotosynthese“, Erkennen unterschiedlicher Interessen und ethischer Fragestellungen**
- **Aufstellen von wertebasierten Bewertungskriterien innerfachlicher und gesellschaftlicher/ wirtschaftlicher Art**
- **Bewertung der Zielsetzungen aus ökologischer, ökonomischer, politischer und sozialer Perspektive**



## Q1: Unterrichtsvorhaben GK/LK Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen und **Populationsdynamik**

(Zeitbedarf: ca. 25/40 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren</li> <li>• Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven</li> <li>• Intra- und interspezifische Beziehungen: Konkurrenz, Parasitismus, Symbiose, Räuber-Beute-Beziehungen</li> <li>• Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz</li> <li>• Ökologische Nische</li> <li>• Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen, nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> <li>• Erfassung ökologischer Faktoren, <b>quantitative</b> und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> <li>• <b>Idealisierte Populationsentwicklung: exponentielles und logistisches Wachstum</b></li> <li>• <b>Fortpflanzungsstrategien: r- und K-Strategien</b></li> <li>• <b>Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt</b></li> </ul> <p>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8).</li> <li>• untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1–3, E9, E13).</li> <li>• analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4, S7, E9, K6–K8).</li> <li>• erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8).</li> <li>• bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7–9, E15, K8).</li> <li>• analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</li> <li>• erläutern Konflikte zwischen Biodiversitätsschutz und Umweltnutzung und bewerten Handlungsoptionen unter den Aspekten der Nachhaltigkeit (S8, K12, K14, B2, B5, B10).</li> <li>• <b>interpretieren grafische Darstellungen der Populationsdynamik unter idealisierten und realen Bedingungen auch unter Berücksichtigung von Fortpflanzungsstrategien (S5, E9,</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exkursion: Vegetationsaufnahme Wald oder Plankton- und faunistische Untersuchung am (Stadtpark-)Teich / Grüngürtel Tannenbusch</li> <li>• Untersuchung z. B. der Temperaturpräferenzen von Gliedertieren (z. B. Mehlwürmern) mit Hilfe einer Temperaturorgel</li> <li>• Schwarzerle als Zeigerart für nasse, kalkhaltige Böden; Zeigerarten im Kalkbuchenwald/ Zeigerarten in Fließgewässern</li> <li>• Erarbeitung der Einnischung am Beispiel bei Watvögeln</li> <li>• Modellversuche zur bergmannschen/allenschen Regel und zur RGT-Regel; Gegenüberstellung: RGT-Regel und tiergeografische Regeln</li> <li>• Untersuchung der Auswirkungen jahreszeitlicher Änderungen am Beispiel des Ökosystems See</li> <li>• Referate zu parasitischen bzw. symbiontischen Beziehungen zwischen Lebewesen</li> <li>• Arbeit mit <i>Ellenberg</i>-Daten</li> <li>• <b>Berechnung von Populationsgrößen über mehrere Generationen bei idealisierter Annahme von exponentiellem und logstischen Wachstum und Diskussion über Realitätsbezug</b></li> <li>• <b>dichteabhängige und dichteunabhängige Wachstumsfaktoren</b></li> <li>• <b>Beispiele für Lebewesen mit r- und K-Fortpflanzungsstrategie</b></li> <li>• <b>Weichmacher als hormonartig wirkende Substanzen</b></li> </ul>



*Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?*

*Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen Standorten auf die Verbreitung von Arten?*

***In welcher Hinsicht stellen Organismen selbst einen Umweltfaktor dar?***

***Welche grundlegenden Annahmen gibt es in der Ökologie über die Dynamik von Populationen?***

*Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?*

***E10, E12, K9).***

- ***analysieren Schwierigkeiten der Risikobewertung für hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt unter Berücksichtigung verschiedener Interessenslagen (E15, K10, K14, B1, B2, B5).***





## Q1: GK/LK Ö2: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen

(Zeitbedarf: ca. 9/18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz</li> <li>Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf</li> <li>Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> <li><b>Ökologischer Fußabdruck</b></li> <li><b>Stickstoffkreislauf</b></li> <li><b>Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, nachhaltige Nutzung</b></li> <li></li> </ul> <p><i>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</i></p> <p><i>Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?</i></p> <p><i>Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?</i></p> <p><b>Wie können umfassende Kenntnisse über ökologische Zusammenhänge helfen, Lösungen für ein komplexes Umweltproblem zu entwickeln?</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S7, E12, E14, K2, K5).</li> <li>erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12).</li> <li><b>beurteilen anhand des ökologischen Fußabdrucks den Verbrauch endlicher Ressourcen aus verschiedenen Perspektiven (K13, K14, B8, B10, B12).</b></li> <li><b>analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</b></li> <li></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erarbeitung: Nahrungskette, Nahrungsnetz, Trophieebenen; energetische und stoffliche Beziehungen der beteiligten Organismen</li> <li>Recherche zum Einfluss von Neozoen auf die Entwicklung von Ökosystemen</li> <li>Posterpräsentation zur Darstellung anthropogener Einflüsse auf den Kohlenstoffkreislauf</li> <li><b>Erarbeitung Stickstoffkreislauf im Gewässer</b></li> <li><b>Bestimmung ökologischer Fußabdruck</b></li> <li>Diskussion: Wert der Biodiversität aus verschiedenen Perspektiven</li> <li>kriteriengeleitete Bewertung von Handlungsoptionen im Sinne der Nachhaltigkeit</li> </ul>



## Q2: GK/LK G1: DNA – Speicherung, Expression und Regulation genetischer Information

(Zeitbedarf: ca. 2/ 4 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

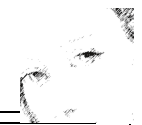
Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA (→ Sek I, → EF), Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA</li> <li>Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STRAHL-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise</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>



## Q2: GK/LK G1: DNA – Speicherung, Expression und Regulation genetischer Information

(Zeitbedarf: ca. 25/34 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)

Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<p><b>Hinweis:</b> ausgegraute Ausschnitte wurden in Ende Q1 unterrichtet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, semikonservative Replikation, Transkription, Translation</li> <li>Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen</li> <li>Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung, <b>Histonmodifikation, RNA-Interferenz</b></li> <li><b>Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin</b></li> <li><b>PCR</b></li> <li><b>Gelelektrophorese</b></li> </ul> <p>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?</p> <p>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?</p> <p>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>leiten ausgehend vom Bau der DNA das Grundprinzip der semikonservativen Replikation aus experimentellen Befunden ab (S1, E1, E9, E11, K10).</li> <li>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</li> <li><b>deuten Ergebnisse von Experimenten zum Ablauf der Proteinbiosynthese (u. a. zur Entschlüsselung des genetischen Codes) (S4, E9, E12, K2, K9).</b></li> <li>erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).</li> <li>erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).</li> <li><b>erläutern die Genregulation bei Eukaryoten durch RNA-Interferenz und Histon-Modifikation anhand von Modellen (S5, S6, E4, E5, K1, K10).</b></li> <li><b>erläutern PCR und Gelelektrophorese unter anderem als Verfahren zur Feststellung von Genmutationen (S4, S6, E8–10, K11).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau der DNA <b>(→ EF)</b>, Erstellung eines Baustein-Modells zur Erklärung der Struktur der DNA</li> <li>Hypothesengeleitete Auswertung des MESELSON-STRAHL-Experimentes zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise</li> <li>Erklärung der Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle z. B. anhand eines Erklärvideoes</li> <li>Erläuterung des Energiebedarfs bei der DNA-Replikation etwa aufgrund der Desoxy nukleosid-Triphosphate als Bausteine für die DNA-Polymerase</li> <li>Aktivierung von Vorwissen zum Aufbau von Proteinen <b>(→ EF)</b> 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 <b>(→ SI)</b> 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><b>Analyse der Experimente von MATTHAEI und NIRENBERG zur Entschlüsselung des genetischen Codes nach dem naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung [3] und ggf. weiterer Experimente</b></li> <li>Aktivierung von Vorwissen zu Kompartimentierung und Organellen <b>(→ EF)</b> 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> </ul>



Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?

**Mit welchen molekularbiologischen Verfahren können zum Beispiel Genmutationen festgestellt werden?**

Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?

- Erstellung einer kriteriengeleiteten Tabelle zum Vergleich der Proteinbiosynthese von Pro- und Eukaryoten
- Reflexion der größeren Komplexität der Prozesse bei eukaryotischen Zellen im Zusammenhang mit der Kompartimentierung sowie der Differenzierung von Zellen und Geweben
- Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen
- Formulierung theoriegeleiteter Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus)
- Ableitung der verschiedenen Typen von Genmutationen unter Berücksichtigung der molekularen Ebenen (DNA, RNA, Protein) sowie der phänotypischen Auswirkungen auf Ebene der Zelle bzw. des Organismus
- Reflexion der Ursache-Wirkungsbeziehungen unter sprachsensiblen Umgang mit funktionalen und kausalen Erklärungen
- Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien
- **Erläuterung der PCR-Methode unter Berücksichtigung der Funktionen der Komponenten eines PCR-Ansatzes und des Ablaufs der PCR**
- **Diskussion der möglichen Fehlerquellen und der Notwendigkeit von Negativkontrollen bei Anwendungen der PCR**
- **Erläuterung des Grundprinzips der DNA-Gelelektrophorese und Anwendung der Verfahren zur Identifikation von Genmutationen durch Wahl der Primer oder ggf. RFLP-Analyse (dann Erklärung der Funktion von Restriktionsenzymen als Werkzeug der Molekularbiologie); Benennung der DNA-Sequenzierung als Technik zur Analyse von Sequenzunterschieden**
- Erkennen der unterschiedlichen Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität
- Erläuterung der Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums
- Erstellung von Modellen zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung **und z. B. Histon-Acetylierung**) und kriteriengeleitete Diskussion der verschiedenen Modellierungen
- **Erläuterung des natürlichen Mechanismus der RNA-Interferenz bei Pflanzen und Tieren anhand einer erarbeiteten Modellierung ausgehend von verschiedenen Darstellungen und Präsentation der Ergebnisse**
- Reflexion des Zusammenspiels der verschiedenen Ebenen der Genregulation bei Eukaryoten



<b>Q2: LK G2: Krebs (Zeitbedarf: ca. Unterrichtsstunden 10 Std. à 45 Minuten)</b>		
<b>Inhaltliche Aspekte und Leitfragen</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b> <i>Die Schülerinnen und Schüler...</i>	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin</b></li> </ul> <p>Wie können zelluläre Faktoren zum ungehemmten Wachstum der Krebszellen führen?</p> <p>Welche Chancen bietet eine personalisierte Krebstherapie?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>begründen Eigenschaften von Krebszellen mit Veränderungen in Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen (Tumor-Suppressor-Genen) (S3, S5, S6, E12).</b></li> <li><b>begründen den Einsatz der personalisierten Medizin in der Krebstherapie (S4, S6, E14, K13).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Aktivierung von Vorwissen zur Bedeutung des Zellzyklus und Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)</b></li> <li><b>Erläuterung der Eigenschaften von Krebszellen und medizinischer Konsequenzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen</b></li> <li><b>Modellierung der Wirkweise der von Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen codierten Faktoren (wie etwa RAS und p53) in Bezug auf die Kontrolle des Zellzyklus</b></li> <li><b>Formulierung von Hypothesen zu deren Fehlfunktion aufgrund von Mutationen unter Bezug auf Mechanismen der Genregulation</b></li> <li><b>Aktivierung von Vorwissen zur Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)</b></li> <li><b>Erläuterung der Nebenwirkungen von Zytostatika ausgehend von generellen Eigenschaften der Tumorzellen</b></li> <li><b>Formulierung von Hypothesen zu Therapieansätzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen und der Verminderung von Nebenwirkungen bei systemischer Behandlung</b></li> <li><b>Begründung einer Genotypisierung zum Beispiel vor der Chemotherapie mit 5-Fluorouracil ] und ggf. weiterer Ansätze zu individualisierten Behandlungsmethoden (auch Einbezug von mRNA-Techniken ist möglich) auch unter Berücksichtigung der entstehenden Kosten durch medizinische Forschung und Produktion der Wirkstoffe</b></li> </ul>



Q2: GK/LK G3: Humangenetik, Gentherapie und <b>Gentechnik</b> (Zeitbedarf: ca. Unterrichtsstunden 8/18 à 45 Minuten)		
Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> <li><b>Gentechnik:</b> <b>Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren</b></li> </ul> <p>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?</p> <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> <p>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit gentherapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren Familienstammbäume und leiten daraus mögliche Konsequenzen für Gentest und Beratung ab (S4, E3, E11, E15, K14, B8).</li> <li><b>erklären die Herstellung rekombinanter DNA und nehmen zur Nutzung gentechnisch veränderter Organismen Stellung (S1, S8, K4, K13, B2, B3, B9, B12).</b></li> <li>bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen <b>und nehmen zum Einsatz gentherapeutischer Verfahren Stellung (S1, K14, B3, B7–9, B11).</b></li> </ul>	<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</li> <li><b>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</b></li> <li><b>Ableitung der erhöhten Komplexität der gentechnischen Manipulation eukaryotischer Systeme</b></li> <li><b>Diskussion der Freisetzung gentechnisch veränderter Organismen unter Berücksichtigung des Erhalts der Biodiversität, ökonomischer Aspekte, politischer und sozialer Perspektiven</b></li> <li><b>Reflexion des Entscheidungsprozesses mit Unterscheidung zwischen deskriptiven und normativen Aussagen sowie Berücksichtigung der Intention der verwendeten Quellen</b></li> <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><b>ggf. Erläuterung der Möglichkeiten und Risiken gentherapeutischer Verfahren wie die Anwendung von CRISPR-Cas beim Menschen und Diskussion der relevanten Bewertungskriterien aus verschiedenen Perspektiven</b></li> </ul>

Q2: GK/LK E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie (Zeitbedarf: ca. 15/20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)		
Inhaltliche Aspekte und Leitfragen	Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans Die Schülerinnen und Schüler...	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift</li> <li>• adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness</li> <li>• <b>Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten</b></li> <li>• Koevolution</li> </ul> <p>Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?</p> <p>Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Angepasstheiten?</p> <p>Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?</p> <p><b>Wie lassen sich die Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten erklären?</b></p> <p>Wie lässt sich die Entstehung von Sexualdimorphismus erklären?</p> <p>Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).</li> <li>• erläutern die Angepasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5–7, K7, K8).</li> <li>• <b>erläutern das Fortpflanzungsverhalten von Primaten datenbasiert auch unter dem Aspekt der Fitnessmaximierung (S3, S5, E3, E9, K7).</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulierung von Fragen zur Entwicklung der Merkmalsverteilung bei den Finken-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> <li>• Formulierung von Fragen zur Entwicklung des Verhaltens in Lachmöwen-Kolonien und Ableitung von Hypothesen unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse</li> <li>• Erläuterung des adaptiven Wertes von Verhalten unter Einbezug der reproduktiven Fitness und Berücksichtigung der Umweltbedingungen.</li> <li>• Reflexion der verwendeten Fachsprache im Hinblick auf die Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen</li> <li>• Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus</li> <li>• Erläuterung der intrasexuellen und intersexuellen Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>• <b>Ableitung der Zusammenhänge zwischen Reproduktionserfolg, ökologischer Situation und Paarungsstrategie für Männchen bzw. Weibchen und Entwicklung von Hypothesen zu den Strategien z. B. bei Krallenaffen</b></li> <li>• <b>Erläuterung der endogenen und exogenen Ursachen von Fortpflanzungsverhalten unter der Berücksichtigung proximativer und ultimativer Erklärungen und der Vermeidung finaler Begründungen</b></li> <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>

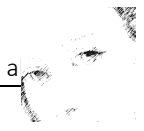


<b>Q2: GK/LK E1: Stammbäume und Verwandtschaft</b> (Zeitbedarf: ca. 16/16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten)		
<b>Inhaltliche Aspekte und Leitfragen</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzerwartungen des Kernlehrplans</b> Die Schülerinnen und Schüler...	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation</li> <li>• molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</li> <li>• Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> </ul> <p><i>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?</i></p> <p><i>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?</i></p> <p><i>Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?</i></p> <p><i>Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?</i></p> <p>Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären Prozesse des Artwandels und der Artbildung mithilfe der Synthetischen Evolutionstheorie (S4, S6, S7, E12, K6, K7).</li> <li>• deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</li> <li>• analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).</li> <li>• deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</li> <li>• begründen die Abgrenzung der Synthetischen Evolutionstheorie gegen nicht-naturwissenschaftliche Positionen und nehmen zu diesen Stellung (E15–E17, K4, K13, B1, B2, B5).</li> </ul>	<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> <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> <li>• Formulierung von Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zur Verwandtschaft von Macrauchenia mit rezenten Wirbeltieren bzw. Huftieren auf der Basis morphologischer Vergleiche</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> <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> <li>• Deutung der Übereinstimmungen im Hinblick auf die phylogenetische Verwandtschaft von</li> </ul>

		<p>Arten auf der einen Seite und den unabhängig voneinander entstandenen Mutationen auf der anderen Seite</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexion des Phänomens konvergenter Entwicklungen unter Einbezug der Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels</li> <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 Intentionen der jeweiligen Quellen</li> </ul>
--	--	--

**Q2: LK E3: Humanevolution** (Zeitbedarf: ca. Unterrichtsstunden 10 Std. à 45 Minuten)

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



## 2.2 Grundsätze der Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung

Auf der Grundlage von § 48 SchulG, § 13 APO-GOST sowie Kapitel 3 des Kernlehrplans Biologie hat die Fachkonferenz im Einklang mit dem entsprechenden schulbezogenen Konzept die nachfolgenden Grundsätze zur Leistungsbewertung und Leistungsrückmeldung beschlossen. Die nachfolgenden Absprachen stellen die Minimalanforderungen an das lerngruppenübergreifende gemeinsame Handeln der Fachgruppenmitglieder dar. Bezogen auf die einzelne Lerngruppe kommen ergänzend weitere der in den Folgeabschnitten genannten Instrumente der Leistungsüberprüfung zum Einsatz.

### Überprüfungsformen

In Kapitel 3 des KLP GOST Biologie werden Überprüfungsformen in einer nicht abschließenden Liste vorgeschlagen. Diese Überprüfungsformen zeigen Möglichkeiten auf, wie Schülerkompetenzen nach den oben genannten Anforderungsbereichen sowohl im Bereich der „sonstigen Mitarbeit“ als auch im Bereich „Klausuren“ überprüft werden können.

### Beurteilungsbereich: Sonstige Mitarbeit

Folgende Aspekte sollen bei der Leistungsbewertung der sonstigen Mitarbeit eine Rolle spielen (die Liste ist nicht abschließend):

- a) Sicherheit, Eigenständigkeit und Kreativität beim Anwenden fachspezifischer Methoden und Arbeitsweisen
- b) Verständlichkeit und Präzision beim zusammenfassenden Darstellen und Erläutern von Lösungen einer Einzel-, Partner-, Gruppenarbeit oder einer anderen Sozialform sowie konstruktive Mitarbeit bei dieser Arbeit
- c) Klarheit und Richtigkeit beim Veranschaulichen, Zusammenfassen und Beschreiben chemischer Sachverhalte
- d) sichere Verfügbarkeit chemischen Grundwissens
- e) situationsgerechtes Anwenden geübter Fertigkeiten
- f) angemessenes Verwenden der chemischen Fachsprache
- g) konstruktives Umgehen mit Fehlern
- h) fachlich sinnvoller, sicherheitsbewusster und zielgerichteter Umgang mit Experimentalmaterialien
- i) zielgerichtetes Beschaffen von Informationen
- j) Erstellen von nutzbaren Unterrichtsdokumentationen, ggf. Portfolio
- k) Klarheit, Strukturiertheit, Fokussierung, Zielbezogenheit von Präsentationen, auch mediengestützt
- l) sachgerechte Kommunikationsfähigkeit in Unterrichtsgesprächen, Kleingruppenarbeiten und Diskussionen
- m) Einbringen kreativer Ideen
- n) fachliche Richtigkeit bei schriftlichen Überprüfungen

### Beurteilungsbereich: Klausuren

Die Aufgaben für Klausuren in parallelen Kursen können im Vorfeld abgesprochen und gemeinsam gestellt werden.



**Einführungsphase:**

Es werden 1 Klausur (90 Minuten) im ersten Halbjahr, zwei Klausuren im zweiten Halbjahr geschrieben.

**Qualifikationsphase 1:**

2 Klausuren pro Halbjahr (je 115 Minuten im GK und je 160 Minuten im LK), wobei in einem Fach die erste Klausur im 2. Halbjahr durch 1 Facharbeit ersetzt werden kann.

**Qualifikationsphase 2.1:**

2 Klausuren (je 160 Minuten im GK und je 225 Minuten im LK)

**Qualifikationsphase 2.2:**

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

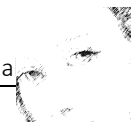
Die Leistungsbewertung in den **Klausuren** wird mit Blick auf die schriftliche Abiturprüfung mit Hilfe eines Kriterienrasters durchgeführt, welches spätestens ab der Q-Phase neben den inhaltsbezogenen Teilleistungen auch darstellungsbezogene Leistungen ausweist, solange dies im Abitur Bewertungsgrundlage ist. Dieses Kriterienraster wird transparent gemacht.

Die Zuordnung der Hilfspunkte zu den Notenstufen orientiert sich in der Qualifikationsphase am Zuordnungsschema des Zentralabiturs.

**Grundsätze der Leistungsrückmeldung und Beratung:**

Für Präsentationen, Arbeitsprotokolle, Dokumentationen und andere **Lernprodukte der sonstigen Mitarbeit** erfolgt eine Leistungsrückmeldung, bei der inhalts- und darstellungsbezogene Kriterien angesprochen werden. Hier werden zentrale Stärken als auch Optimierungsperspektiven für jede Schülerin bzw. jeden Schüler hervorgehoben.

Die Leistungsrückmeldungen bezogen auf die **mündliche Mitarbeit** erfolgen spätestens in Form von mündlichem Quartalsfeedback. Auch hier erfolgt eine individuelle Beratung im Hinblick auf Stärken und Verbesserungsperspektiven.



## 2.3 Anhang: Übergeordnete Kompetenzerwartungen

### Sachkompetenz

#### Biologische Sachverhalte betrachten

Die Schülerinnen und Schüler...

- S 1 beschreiben elementare zellbiologische Sachverhalte und ihre Anwendungen sachgerecht,
- S 2 strukturieren und erschließen elementare zellbiologische Phänomene und ihre Anwendungen auch mithilfe von Basiskonzepten,
- S 3 erläutern elementare zellbiologische Sachverhalte, auch indem sie Basiskonzepte nutzen,
- S 4 formulieren zu biologischen Phänomenen theoriegeleitet Hypothesen und Aussagen.

#### Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten

Die Schülerinnen und Schüler...

- S 5 strukturieren und erschließen die Eigenschaften von Zellen auch mithilfe von Basiskonzepten,
- S 6 stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen dar,
- S 7 erläutern Prozesse in und zwischen Zellen sowie zwischen Zellen und ihrer Umwelt.

### Erkenntnisgewinnungskompetenz

#### Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln

Die Schülerinnen und Schüler...

- E 1 beschreiben Phänomene und Beobachtungen als Ausgangspunkte von Untersuchungen,
- E 2 identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu zellbiologischen Sachverhalten,
- E 3 stellen überprüfbare Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

#### Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen

Die Schülerinnen und Schüler...

- E 4 planen Untersuchungen und Modellierungen hypothesengeleitet, führen sie durch und protokollieren sie,
- E 5 berücksichtigen bei der Planung von Untersuchungen sowie Modellierungen das jeweilige Variablengefüge,
- E 6 beschreiben die Bedeutung der Variablenkontrolle beim Experimentieren,
- E 7 nehmen Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus,
- E 8 wenden Laborgeräte und -techniken sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an.

#### Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler...

- E 9 finden in Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen,
- E 10 beurteilen die Gültigkeit von Daten und nennen mögliche Fehlerquellen,
- E 11 überprüfen die Hypothese,
- E 12 erläutern Möglichkeiten und Grenzen von Modellen,
- E 13 reflektieren die Methode der Erkenntnisgewinnung,
- E 14 nutzen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden auch chemische und physikalische Grundkenntnisse.

#### Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Die Schülerinnen und Schüler...

- E 15 stellen Möglichkeiten und Grenzen des Erkenntnisgewinnungsprozesses bei Fragestellungen zu lebenden Systemen dar,
- E 16 beschreiben die Kriterien wissenschaftlicher Wissensproduktion (Evidenzbasierung, Theorieorientierung),

E 17 beschreiben Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung.

## Kommunikationskompetenz

### Informationen erschließen

Die Schülerinnen und Schüler...

- K 1 recherchieren zu elementaren zellbiologischen Sachverhalten zielgerichtet in analogen und digitalen Medien und wählen für ihre Zwecke passende Quellen aus,
- K 2 wählen relevante und aussagekräftige Informationen und Daten zu biologischen Sachverhalten aus und erschließen Informationen aus Quellen mit verschiedenen Darstellungsformen,
- K 3 prüfen die Übereinstimmung verschiedener Quellen im Hinblick auf deren Aussagen,
- K 4 analysieren Herkunft, Qualität und Vertrauenswürdigkeit von verwendeten Quellen und Medien im Zusammenhang mit der Intention der Autorin/des Autors.

### Informationen aufbereiten

Die Schülerinnen und Schüler...

- K 5 strukturieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab,
- K 6 unterscheiden zwischen Alltags- und Fachsprache,
- K 7 beschreiben die Unterschiede zwischen ultimativen und proximalen Erklärungen,
- K 8 beschreiben die Unterschiede zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen,
- K 9 nutzen geeignete Darstellungsformen bei der Aufbereitung biologischer Sachinformationen,
- K 10 verarbeiten sach-, adressaten- und situationsgerecht Informationen zu elementaren zellbiologischen Sachverhalten.

### Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren

Die Schülerinnen und Schüler...

- K 11 präsentieren Lern- und Arbeitsergebnisse sach-, adressaten- und situationsgerecht unter Einsatz geeigneter analoger und digitaler Medien,
- K 12 belegen verwendete Quellen und kennzeichnen Zitate,
- K 13 tauschen sich mit anderen konstruktiv über biologische Sachverhalte auch in digitalen kollaborativen Arbeitssituationen aus,
- K 14 argumentieren wissenschaftlich zu biologischen Sachverhalten und berücksichtigen dabei empirische Befunde.

## Bewertungskompetenz

### Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen

Die Schülerinnen und Schüler...

- B 1 reflektieren die Bewertungsrelevanz eines Sachverhalts,
- B 2 betrachten Sachverhalte aus biologischer und ethischer Perspektive,
- B 3 beschreiben die Unterschiede zwischen deskriptiven und normativen Aussagen,
- B 4 benennen Werte, die normativen Aussagen zugrunde liegen,
- B 5 beurteilen Quellen in Bezug auf spezifische Interessenlagen,
- B 6 stellen Möglichkeiten und Grenzen biologischer Sichtweisen dar.

### Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen

Die Schülerinnen und Schüler...

- B 7 wenden Bewertungskriterien unter Beachtung von Normen und Werten an,

B 8 wägen anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen in gesellschaftlich- oder alltagsrelevanten Entscheidungssituationen ab,

B 9 begründen die eigene Meinung kriteriengeleitet mit Sachinformationen und Werten.

**Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren**

Die Schülerinnen und Schüler...

B 10 reflektieren kurz- und langfristige Folgen eigener und gesellschaftlicher Entscheidungen,

B 11 reflektieren den Prozess der Bewertung,

B 12 beurteilen und bewerten persönliche und gesellschaftliche Auswirkungen von Anwendungen der Biologie.