

## UV 01 LK-N1: Erregungsentstehung und Erregungsleitung an einem Neuron

### Inhaltsfeld 2: Neurobiologie

Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

## Fachschaftsinterne Absprachen

#### Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlagen der Informationsverarbeitung,  
Fachliche Verfahren: Potenzialmessungen, neurophysiologische Verfahren

#### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

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

#### Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energiebedarf des neuronalen Systems

Steuerung und Regelung:

- Positive Rückkopplung bei der Entstehung von Aktionspotenzialen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Zelldifferenzierung am Beispiel der Myelinisierung von Axonen bei Wirbeltieren

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bau und Funktionen von Nervenzellen: Ruhepotenzial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern am Beispiel von Neuronen den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion (S3, E12).</li> <li>entwickeln theoriegeleitet Hypothesen zur Aufrechterhaltung und Beeinflussung des Ruhepotenzials (S4, E3).</li> </ul>	<p><b>Wie ermöglicht die Struktur eines Neurons die Aufnahme und Weitergabe von Informationen?</b> (ca. 12 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Das Neuron: Die spezialisierte Grundeinheit aller Nervensysteme</b> (→ SI, → EF)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>strukturellen Merkmale einer Nervenzelle im Gegensatz zu den bisher bekannten Zelltypen (→ EF), hinsichtlich der Gliederung in Dendriten, Soma, Axon Zusammenhang von Struktur und Funktion [1]</li> <li>Möglichkeiten und Grenzen eines Neuron-Modells, z. B. Vgl. einer schematischen Abbildung mit Realaufnahmen von Nervenzellen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bau und Funktionen von Nerven-zellen: Aktionspotenzial</li> <li>neurophysiologische Verfahren, Potenzialmessungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14).</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i> <b>Neuronen in Aktion: schnelle und zielgerichtete Informationsweiterleitung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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 (Potentialmessung) [4, 5]</li> <li>Auswertung eines Experiments zur Erforschung oder Beeinflussung des Aktionspotenzials, z. B. durch Blockade</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bau und Funktionen von Nervenzellen: Erregungsleitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vergleichen kriteriengeleitet kontinuierliche und saltatorische Erregungsleitung und wenden die</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i> <b>Vergleich von sofortigem und langsam einsetzendem Schmerz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Phänomen der unterschiedlich schnellen Schmerzwahrnehmung</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
	ermittelten Unterschiede auf neurobiologische Fragestellungen an (S6, E1-3).		<ul style="list-style-type: none"> <li>modellgestützte Erarbeitung der beiden Erregungsleitungstypen und tabellarische Gegenüberstellung von schnellen Fasern und langsameren Fasern [8]</li> <li>Möglichkeiten einer Steigerung der Weiterleitungsgeschwindigkeit, z. B. anhand einer Datentabelle: Erhöhung des Axondurchmessers oder Myelinisierung</li> <li>fakultativ: Ableitung ultimativer Ursachen für schnelle und langsame Erregungsleitung bei Wirbeltieren</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Störungen des neuronalen Systems</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren die Folgen einer neuronalen Störung aus individueller und gesellschaftlicher Perspektive (S3, K1-4, B2, B6).</li> </ul>	<p><b>Wie kann eine Störung des neuronalen Systems die Informationsweitergabe beeinflussen?</b></p> <p>(ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Beispiel für eine neurodegenerative Erkrankung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Erarbeitung des Krankheitsbildes und Folgen für die Erregungsleitung</li> <li>Folgen einer neurodegenerativen Erkrankung für Individuum und Gesellschaft (B2, B6)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bau und Funktionen von Nervenzellen: primäre und sekundäre Sinneszelle, Rezeptorpotenzial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern das Prinzip der Signaltransduktion bei primären und sekundären Sinneszellen (S2, K6, K10).</li> </ul>	<p><b>Wie werden Reize aufgenommen und zu Signalen umgewandelt?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>„Das sieht aber lecker aus!“ – Sinneszellen und ihre adäquaten Reize</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>biologischen Voraussetzungen einer Reizaufnahme und die damit verbundenen Einschränkungen der Wahrnehmung</li> <li>Entstehung eines Rezeptorpotenzials in einer primären Sinneszelle, Darstellung der Signaltransduktion, die zur Auslösung von Aktionspotenzialen führt</li> <li>Vergleich der Funktionsweise mit einer sekundären Sinneszelle</li> <li>Codierung der Reizstärke, Zusammenhänge zwischen Reizstärke, Rezeptorpotenzial und Frequenz der Aktionspotenziale</li> </ul>

<b>UV 02 LK-N2: Informationsweitergabe über Zellgrenzen</b> <b>Inhaltsfeld 2: Neurobiologie</b> Zeitbedarf: ca. 14 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erstellung von Erklärfilmen zur Synapse</li> </ul>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Grundlagen der Informationsverarbeitung, Neuronale Plastizität	<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Struktur und Funktion: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schlüssel-Schloss-Prinzip bei Transmitter und Rezeptorprotein</li> </ul> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebedarf des neuronalen Systems</li> </ul> Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Codierung und Decodierung von Information an Synapsen</li> </ul>
<b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Informationen aufbereiten (K)</li> <li>• Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> </ul>	

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synapse: Funktion der erregenden chemischen Synapse, neuromuskuläre Synapse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Erregungsübertragung an einer Synapse und erläutern die Auswirkungen exogener Substanzen (S1, S6, E12, K9, B1, B6).</li> <li>• erklären Messwerte von Potenzialänderungen an Axon und Synapse mithilfe der zugrundeliegenden molekularen Vorgänge und stellen die Anwendung eines zugehörigen neurophysiologischen Verfahrens dar (S3, E14)</li> </ul>	<b>Wie erfolgt die Erregungsleitung vom Neuron zur nachgeschalteten Zelle und wie kann diese beeinflusst werden?</b> (ca. 8 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Funktionsweise von Synapsen und deren Beeinflussung (z. B. durch Botox)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modellhafte Darstellung der Funktionsweise einer erregenden chemischen Synapse</li> <li>• Funktion einer neuromuskulären Synapse durch Erarbeitung der Einwirkung von Synapsengiften, Berücksichtigung von Messwerten an einer unbehandelten und behandelten Synapse</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verrechnung: Funktion einer hemmenden Synapse, räumliche und zeitliche Summation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Bedeutung der Verrechnung von Potenzialen für die Erregungsleitung (S2, K11).</li> </ul>		<i>Kontext:</i> <b>Warum hilft Kratzen gegen Juckreiz?</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vgl. von erregender und hemmender Synapse sowie Verrechnung von EPSP und IPSP</li> <li>• Auswertung von Potenzialdarstellungen hinsichtlich der Verrechnung von Potenzialen</li> <li>• Anwendung der Hemmung am Beispiel , z.B. der Linderung des Juckreizes durch Kratzen</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffeinwirkung an Synapsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nehmen zum Einsatz von exogenen Substanzen zur Schmerzlinderung Stellung (B5–9).</li> </ul>		<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Schmerzlinderung durch Cannabis – eine kritische Abwägung</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorstellung der Wirkungsweise von Cannabis, o.ä.</li> <li>• Prozess der Bewertung mit anschließender Stellungnahme.</li> <li>• Bewertungskriterien und Abwägung von Handlungsoptionen, um eine eigene Meinung zur Nutzung von Schmerzmitteln begründen zu können</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zelluläre Prozesse des Lernens</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die synaptische Plastizität auf der zellulären Ebene und leiten ihre Bedeutung für den Prozess des Lernens ab (S2, S6, E12, K1).</li> </ul>	<p><b>Wie kann Lernen auf neuronaler Ebene erklärt werden?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Lernen verändert das Gehirn</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• synaptische Plastizität auf zellulärer Ebene als aktivitätsabhängige Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung (S6, E12, K1)</li> <li>• 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</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>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hormone: Hormonwirkung, Verschränkung hormoneller und neuronaler Steuerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beschreiben die Verschränkung von hormoneller und neuronaler Steuerung am Beispiel der Stressreaktion (S2, S6).</li> </ul>	<p><b>Wie wirken neuronales System und Hormonsystem bei der Stressreaktion zusammen?</b> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Körperliche Reaktionen auf Schulstress</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung von Wissen zu Hormonen (→ Sek I)</li> <li>• wesentliche Merkmale des hormonellen Systems beim Menschen</li> <li>• Vergleich der Unterschiede zwischen dem neuronalen und dem hormonellen System und Ableitung der Verschränkung beider Systeme</li> <li>• ggf. Vertiefung durch Recherche der Bedeutung von Eustress oder der Bedeutung von Entspannungsphasen z. B. in Prüfungszeiten</li> </ul>

## UV 03 LK-S1: Energieumwandlung in lebenden Systemen

### Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 6 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

#### Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen

#### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

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

#### Beiträge zu den Basiskonzepten:

##### Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle.

##### Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energieumwandlung</li> <li>• Energieentwertung</li> <li>• Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> <li>• ATP-ADP-System</li> <li>• Stofftransport zwischen den Kompartimenten</li> <li>• Chemiosmotische ATP-Bildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> </ul>	<p><i>Wie wandeln Organismen Energie aus der Umgebung in nutzbare Energie um?</i> (ca. 6 Ustd)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Leben und Energie – Lebensvorgänge in Zellen können nur mit Energiezufuhr ablaufen.</b></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>• Modell eines technischen Kraftwerks (z.B. Pumpspeicherkraftwerk) zur Verdeutlichung der Energieumwandlung, dabei Aktivierung von Vorwissen zum Energieerhaltungssatz (→ Physik Sek I) [1]</li> <li>• 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. Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen von Modellen (E12)</li> <li>• 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>

## UV 4 LK-S2: Glucosestoffwechsel – Energiebereitstellung aus Nährstoffen

### Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

#### Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge von Stoffwechselwegen

#### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

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

#### Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung ermöglicht gegenläufige Stoffwechselprozesse zeitgleich in einer Zelle.

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Steuerung und Regelung:

- Negative Rückkopplung in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter aeroben und anaeroben Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9),</li> <li>• vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> </ul>	<p><b>Wie kann die Zelle durch den schrittweisen Abbau von Glucose nutzbare Energie bereitstellen?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd)</p>	<p><b>Kontext:</b></p> <p><b>Keine Power ohne Nahrung – Bei heterotrophen Organismen ist die ATP-Synthese an die Oxidation von Nährstoffmolekülen gekoppelt [1]</b></p> <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>• Glykolyse als erster Schritt des Glucoseabbaus, dabei Fokussierung auf die Entstehung von Energie- und Reduktionsäquivalenten sowie die Oxidation zu Pyruvat als Endprodukt der Glykolyse</li> <li>• 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:</b> Strukturformeln der Zwischenprodukte müssen nicht reproduziert werden können.</p>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
			<p><i>Kontext:</i>  <b>Knallgasreaktion in den Mitochondrien?</b></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 Schaubilds und Aufstellen einer Gesamtbilanz der Zellatmung (K9)</li> <li>• fakultative Vertiefung weiterer kataboler Reaktionswege, die für den Energiestoffwechsel relevant sind: Oxidation anderer Nährstoffe sowie Abbau eigener Körpersubstanz, Tricarbonsäurezyklus als Stoffwechselfeldscheibe</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alkoholische Gärung und Milchsäuregärung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• stellen die wesentlichen Schritte des abbauenden Glucosestoffwechsels unter <b>aeroben und anaeroben</b> Bedingungen dar und erläutern diese hinsichtlich der Stoff- und Energieumwandlung (S1, S7, K9),</li> </ul>	<p><b>Welche Bedeutung haben Gärungsprozesse für die Energiegewinnung?</b> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>PASTEUR-Effekt: Höherer Glucoseverbrauch von Hefezellen unter anaeroben Bedingungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Auswirkungen von Sauerstoffmangel auf die Glykolyse: Regeneration des NAD<sup>+</sup> bleibt aus (fehlender Endakzeptor für Elektronen in der Atmungskette)</li> <li>• 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>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffwechselregulation auf Enzymebene</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die regulatorische Wirkung von Enzymen in mehrstufigen Reaktionswegen des Stoffwechsels (S7, E1-4, E11, E12),</li> <li>• nehmen zum Konsum eines ausgewählten Nahrungsergänzungsmittels unter</li> </ul>	<p><b>Wie beeinflussen Nahrungsergänzungsmittel als Cofaktoren den Energiestoffwechsel?</b> (ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i>  <b>Mikronährstoffpräparate beim Sport – Lifestyle oder notwendige Ergänzung?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung des Vorwissens zu enzymatischen Reaktionen und der Enzymregulation durch Aktivatoren und Inhibitoren (→EF)</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
	stoffwechselphysiologischen Aspekten Stellung (S6, K1-4, B5, B7, B9)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• enzymatische 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)</li> <li>• NEM beim Sport, hierbei besondere Fokussierung auf Quellenherkunft und Intention der Autoren (K4)</li> <li>• Bewertungsprozess: Abwägung von Handlungsoptionen und kriteriengeleitete Meinungsbildung sowie Entscheidungsfindung (B9)</li> </ul>

## UV 05 LK-S3: Fotosynthese – Umwandlung von Lichtenergie in nutzbare Energie

### Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 24 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

#### Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel,

Fachliche Verfahren: Chromatografie, Tracer-Methode

#### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

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

#### Beiträge zu den Basiskonzepten:

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Zelldifferenzierung bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren anhand von Daten die Beeinflussung der Fotosyntheserate durch abiotische Faktoren (E4–11),</li> </ul>	<p><b>Von welchen abiotischen Faktoren ist die autotrophe Lebensweise von Pflanzen abhängig?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Solarenergie sichert unsere Ernährung – Pflanzen sind Selbstversorger und Primärproduzenten</b></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 bei Efeu, 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>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Funktionale Anpassungen: Blattaufbau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären funktionale Anpassungen an die fotoautotrophe Lebensweise auf verschiedenen Systemebenen (S4, S5, S6, E3, K6–8),</li> </ul>	<p><b>Welche Blattstrukturen sind für die Fotosynthese von Bedeutung?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Stärkenachweis in panaschierten Blättern – Die Fotosynthese findet nur in grünen Pflanzenteilen statt</b></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</li> <li>Anpassungen von Sonnen- und Schattenblättern (E3), Auswertung von Daten zur Fotosyntheserate</li> <li>ggf. Korrektur finaler Erklärungen der Anpassungen (K7)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Funktionale Anpassungen: Absorptionsspektrum von Chlorophyll, Wirkungsspektrum, Lichtsammelkomplex, Feinbau Chloroplast</li> <li>Chromatografie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erklären das Wirkungsspektrum der Fotosynthese mit den durch Chromatografie identifizierten Pigmenten (S3, E1, E4, E8, E13),</li> </ul>	<p><b>Welche Funktionen haben Fotosynthesepigmente?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Der ENGELMANN-Versuch – Die Fotosyntheseleistung ist abhängig von der Wellenlänge des Lichts</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Auswertung des ENGELMANN-Versuchs und Erklärung des ungleichmäßigen Bakterienwachstums entlang der fädigen Alge</li> <li>Zusammenhang zwischen dem Absorptionsspektrum einer Rohchlorophylllösung und dem Wirkungsspektrum der Fotosynthese</li> <li>Sachgemäße Durchführung der DC-Chromatografie und Identifikation der Pigmente (E4)</li> <li>Aufbau der Reaktionszentren in der Thylakoidmembran von Chloroplasten</li> <li>Funktionsweise von Lichtsammelkomplexen und ihre Organisation zu Fotosystemen unter Verwendung von Modellen</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chemiosmotische ATP-Bildung</li> <li>• Energetisches Modell der Lichtreaktionen</li> <li>• Zusammenhang von Primär- und Sekundärreaktionen</li> <li>• Calvin-Zyklus: Fixierung, Reduktion, Regeneration</li> <li>• Tracer-Methode</li> <li>• Zusammenhang von aufbauendem und abbauendem Stoffwechsel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vergleichen den membranbasierten Mechanismus der Energieumwandlung in Mitochondrien und Chloroplasten auch auf Basis von energetischen Modellen (S4, S7, E12, K9, K11).</li> <li>• erläutern den Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese aus stofflicher und energetischer Sicht (S2, S7, E2, K9),</li> <li>• werten durch die Anwendung von Tracermethoden erhaltene Befunde zum Ablauf mehrstufiger Reaktionswege aus (S2, E9, E10, E15).</li> </ul>	<p><b>Wie erfolgt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie?</b></p> <p>(ca. 12 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexion des Erkenntnisgewinnungsprozesses (z.B. Einsatz analytischer Verfahren, historischer Experimente und Modelle) (E13)</li> </ul> <p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Chloroplasten als Lichtwandler – Wie erfolgt die Synthese von Glucose mit Hilfe von Sonnenlicht?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• übersichtlichen Schaubild 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>• vereinfachte Darstellung der Lichtreaktion in einem energetischen Modell, das 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)</li> <li>• Vgl. 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>• Tracer- Experiment 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>

## UV 06 LK-S4: Fotosynthese – natürliche und anthropogene Prozessoptimierung

### Inhaltsfeld 3: Stoffwechselphysiologie

Zeitbedarf: ca. 8 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

#### Inhaltliche Schwerpunkte:

Grundlegende Zusammenhänge bei Stoffwechselwegen, Aufbauender Stoffwechsel

#### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

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

#### Beiträge zu den Basiskonzepten:

Stoff- und Energieumwandlung:

- Energetische Kopplung der Teilreaktionen von Stoffwechselprozessen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Zelldifferenzierung bei C<sub>3</sub>- und C<sub>4</sub>-Pflanzen

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

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

<b>UV 07 LK-Ö1: Angepasstheiten von Lebewesen an Umweltbedingungen</b> <b>Inhaltsfeld 4: Ökologie</b> <b>Zeitbedarf: ca. 22 Unterrichtsstunden à 45 Minuten</b>	<b>Fachschaftsinterne Absprachen:</b> <b>Exkursion zu einer schulnahen Wiese</b>
<p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b></p> <p>Strukturen und Zusammenhänge in Ökosystemen, Fachliches Verfahren: Erfassung ökologischer Faktoren und quantitative und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)</li> <li>• Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen (E)</li> <li>• Informationen aufbereiten (K)</li> </ul>	<p><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b></p> <p>Struktur und Funktion:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kompartimentierung in Ökosystemebenen</li> </ul> <p>Steuerung und Regelung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Positive und negative Rückkopplung ermöglichen Toleranz</li> </ul> <p>Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <p>Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren</p>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biotop und Biozönose: biotische und abiotische Faktoren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern das Zusammenwirken von abiotischen und biotischen Faktoren in einem Ökosystem (S5–7, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche Forschungsgebiete und zentrale Fragestellungen bearbeitet die Ökologie?</b></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Modellökosysteme, z. B. Flaschengarten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reaktivierung des Vorwissens zu zentralen Begriffen der Ökologie (→ SI)</li> <li>• Wirkungsgefüge von Umweltfaktoren, Lebensvorgängen und Wechselbeziehungen von Lebewesen im gewählten Modellökosystem (z: 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 (z.B. Advance Organizer)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: Toleranzkurven</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• untersuchen auf der Grundlage von Daten die physiologische und ökologische Potenz von Lebewesen (S7, E1–3, E9, E13).</li> </ul>	<p><b>Inwiefern bedingen abiotische Faktoren die Verbreitung von Lebewesen?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Eine Frage der Perspektive – Für Wüstenspringmäuse ist die Wüste kein extremer Lebensraum.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Herstellung eines Zusammenhangs zwischen einer langfristigen standortspezifischen Verfügbarkeit/ Intensität eines Umweltfaktors und den entsprechenden Anpassungen bei Tieren am Beispiel des Umweltfaktors Wasser (ggf. Reaktivierung des Vorwissens zu morphologischen und physiologischen Anpassungen bei Pflanzen → UV 3 Stoffwechselphysiologie)</li> <li>• Untersuchung der Temperaturpräferenz bei Wirbellosen</li> <li>• Interpretation von Toleranzkurven eurythermer und stenothermer Lebewesen (E9)</li> <li>• Erklärung der unterschiedlichen physiologischen Temperatortoleranz ausgewählter Lebewesen unter Berücksichtigung des Basiskonzepts Steuerung und Regelung. Berücksichtigung der unterschiedlichen Temperatortoleranz 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>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intra- und interspezifische Beziehungen:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren die Wechselwirkungen zwischen Lebewesen hinsichtlich intra- und interspezifischer Beziehungen (S4,</li> </ul>	<p><b>Welche Auswirkungen hat die Konkurrenz um Ressourcen an realen</b></p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Vergleich der Standortbedingungen für ausgewählte Arten in Mono- und Mischkultur</b></p>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<p>Konkurrenz,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Einfluss ökologischer Faktoren auf Organismen: ökologische Potenz</li> <li>Ökologische Nische</li> </ul>	<p>S7, E9, K6-K8).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern die ökologische Nische als Wirkungsgefüge (S4, S7, E17, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Standorten auf die Verbreitung von Arten?</b></p> <p>(ca. 7 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse von Langzeitdaten zur Abundanz verschiedener Arten in Mischkultur im Freiland und Vergleich der Standortfaktoren mit in Laborversuchen erhobenen Standortpräferenzen → z.B Hohenheimer Grundwasserversuch (E9, E17)</li> <li>Erläuterung des Konkurrenzbegriffs am Beispiel der intra- und der interspezifischen Konkurrenz (S7)</li> <li>Erklärung der ökologischen Potenz mit dem Zusammenwirken von physiologischer Toleranz und der Konkurrenzstärke um Ressourcen (K6-8)</li> <li>„ökologischen Nische“ als Wirkungsgefüge aller abiotischen und biotischen Faktoren, die das Überleben der Art ermöglichen (vertiefende Erarbeitung der Merkmale interspezifischer Beziehungen → UV 2 Ökologie)</li> <li>Herausstellen der Mehrdimensionalität des Nischenmodells und ultimate Erklärung der Einnischung (K7,8)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, Erhaltungs- und Renaturierungsmaßnahmen,</li> <li>Erfassung ökologischer Faktoren und quantitative und qualitative Erfassung von Arten in einem Areal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bestimmen Arten in einem ausgewählten Areal und begründen ihr Vorkommen mit dort erfassten ökologischen Faktoren (E3, E4, E7-9, E15, K8).</li> <li>analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11-14).</li> </ul>	<p><b>Wie können Zeigerarten für das Ökosystemmanagement genutzt werden?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.) + Exkursion</p>	<p><b>Kontext:</b></p> <p><b>Fettwiese oder Magerrasen? – Zeigerarten geben Aufschluss über den Zustand von Ökosystemen</b></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 der Ermittlung von Zeigerpflanzen (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 Grundlandbewirtschaftung (K11-14)</li> </ul>

## UV 08 LK-Ö2: Wechselwirkungen und Dynamik in Lebensgemeinschaften

### Inhaltsfeld 4: Ökologie

Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

#### Inhaltliche Schwerpunkte:

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

#### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

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

#### Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Angepasstheit an abiotische und biotische Faktoren

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

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angepasstheiten 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 (E9)</li> <li>• Lotka-Volterra-Regeln 1-2</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ökosystemmanagement: nachhaltige Nutzung, Bedeutung und Erhalt der Biodiversität</li> <li>• Hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt</li> </ul>	<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> <li>• analysieren Schwierigkeiten der Risikobewertung für hormonartig wirkende Substanzen in der Umwelt unter Berücksichtigung verschiedener Interessenslagen (E15, K10, K14, B1, B2, B5).</li> </ul>	<p><b>Wie können Aspekte der Nachhaltigkeit im Ökosystemmanagement verankert werden?</b> (ca. 6 Ustd.)</p>	<p><b>Kontext:</b> <b>Pestizideinsatz in der Landwirtschaft</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lotka-Volterra-Regel 3</li> <li>• ein Fallbeispiel zur Schädlingsbekämpfung mit Pestizideinsatz unter Berücksichtigung der kurzfristigen und langfristigen Populationsentwicklung des Schädlings</li> <li>• Erläuterung des Konflikts zwischen ökonomisch rentabler Umweltnutzung und Biodiversitätsschutz</li> <li>• Bewertung von Handlungsoptionen im Sinne eines nachhaltigen Ökosystemmanagements und Diskussion von Handlungsoptionen als Privatverbraucher (K14) [3]</li> <li>• Recherche (z. B. auf den Seiten des Umweltbundesamtes) 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 Verbotverfahrens (BfR Endokrine Disruptoren) (E15)</li> <li>• Analyse der Interessenslagen der involvierten Parteien (B1, B2)</li> </ul>

## UV 09 LK-Ö3: Stoff- und Energiefluss durch Ökosysteme und der Einfluss des Menschen

### Inhaltsfeld 4: Ökologie

Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

#### Inhaltliche Schwerpunkte:

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

#### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

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

#### Beiträge zu den Basiskonzepten:

Struktur und Funktion:

- Kompartimentierung in Ökosystemebenen

Stoff- und Energieumwandlung:

- Stoffkreisläufe in Ökosystemen

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Nahrungsnetz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</li> </ul>	<p><b>In welcher Weise stehen Lebensgemeinschaften durch Energiefluss und Stoffkreisläufe mit der abiotischen Umwelt ihres Ökosystems in Verbindung?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Nahrungsbeziehungen und ökologischer Wirkungsgrad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reaktivierung der Kenntnisse zu Nahrungsnetzen und Trophieebenen (→ SI) anhand der Betrachtung eines komplexen Nahrungsnetzes, Fokussierung auf die Stabilität artenreicher Netze und Hypothesenbildung zur begrenzten Anzahl an Konsumentenordnungen (S4)</li> <li>ggf. Analyse eines Fallbeispiels zur Entkopplung von Nahrungsketten durch die Erderwärmung</li> <li>Bedeutung der einzelnen Trophieebenen in Stoffkreisläufen (→ IF Stoffwechselphysiologie)</li> <li>Unterschiede der Stoffspeicherung und des Stoffflusses in terrestrischen und aquatischen Systemen anhand von Biomassepyramiden und Produktionswertpyramiden (K5, E14)</li> <li>grafische Darstellungen zum Energiefluss in einem Ökosystem unter Berücksichtigung des ökologischen Wirkungsgrads der jeweiligen Trophieebene</li> <li>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)</li> <li></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stoffkreislauf und Energiefluss in einem Ökosystem: Kohlenstoffkreislauf</li> </ul>		<p><b>Welche Aspekte des Kohlenstoffkreislaufs sind für das Verständnis des Klimawandels relevant?</b></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Kohlenstoffkreislauf und Klimaschutz</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Austauschwege im Kohlenstoffkreislauf zwischen den Sphären der Erde (Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre, Biosphäre) und Kohlenstoffspeicher (K5) [</li> <li>Unterscheidung von langfristigem und kurzfristigem Kohlenstoffkreislauf und Erläuterung der Umweltschädlichkeit von fossilen Energiequellen in Bezug auf die Erderwärmung (E14)</li> <li>Recherche zu Kippunkten (Tipping Points) des Klimawandels und Erläuterung eines Kippelements, z. B. Permafrostboden (K2)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Folgen des anthropogen bedingten Treibhauseffekts</li> <li>Ökologischer Fußabdruck</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern geografische, zeitliche und soziale Auswirkungen des anthropogen bedingten Treibhauseffektes und entwickeln Kriterien für die Bewertung von Maßnahmen (S3, E16, K14, B4, B7, B10, B12).</li> <li>beurteilen anhand des ökologischen Fußabdrucks den Verbrauch endlicher Ressourcen aus verschiedenen Perspektiven (K13, K14, B8, B10, B12).</li> </ul>	<p><b>Welchen Einfluss hat der Mensch auf den Treibhauseffekt und mit welchen Maßnahmen kann der Klimawandel abgemildert werden?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Aktuelle Debatte um den Einfluss des Menschen auf den Klimawandel</b></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)</li> <li>Recherche zu den geografischen, zeitlichen und sozialen Auswirkungen des anthropogenen Treibhauseffekts sowie zu den beschlossenen Maßnahmen</li> <li>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>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung eines ökologischen Fußabdrucks, Reflexion der verschiedenen zur Ermittlung herangezogenen Dimensionen, Sammlung von Handlungsoptionen im persönlichen Bereich (B8, K13)</li> <li>• 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“</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stickstoffkreislauf</li> <li>• Ökosystemmanagement: Ursache-Wirkungszusammenhänge, nachhaltige Nutzung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• analysieren die Folgen anthropogener Einwirkung auf ein ausgewähltes Ökosystem und begründen Erhaltungs- oder Renaturierungsmaßnahmen (S7, S8, K11–14).</li> <li>• analysieren die Zusammenhänge von Nahrungsbeziehungen, Stoffkreisläufen und Energiefluss in einem Ökosystem (S4, E12, E14, K2, K5).</li> </ul>	<p><b>Wie können umfassende Kenntnisse über ökologische Zusammenhänge helfen, Lösungen für ein komplexes Umweltproblem zu entwickeln?</b></p> <p>(ca. 5 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Umweltproblem Stickstoffüberschuss: Ursachen und Auswege</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• natürlicher Stickstoffkreislaufs Identifikation der Stoffspeicher und Austauschwege. Fokussierung auf die Anteile von molekularem Stickstoff und biologisch verfügbaren Verbindungen.</li> <li>• anthropogene Beeinflussung des Stickstoffkreislaufs und Strukturierung von Informationen zur komplexen Umweltproblematik durch Stickstoffverbindungen (K2, K5)</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>

## UV 10 LK-G1: DNA – Speicherung und Expression genetischer Information

### Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution

Zeitbedarf: ca. 28 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

#### Inhaltliche Schwerpunkte:

Molekulargenetische Grundlagen des Lebens, Fachliche Verfahren: PCR, Gelelektrophorese

#### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

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

#### Fachschaftsinterne Absprachen

- 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

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	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>	<p><b>Wie wird die identische Verdopplung der DNA vor einer Zellteilung gewährleistet?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Zellteilungen der Zygote nach Befruchtung</b></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</li> <li>MESELSON-STRAHL-Experiment zur Erklärung des Replikationsmechanismus und Erläuterung der experimentellen Vorgehensweise</li> <li>Eigenschaften und Funktionen ausgewählter Enzyme (DNA-Polymerase, DNA-Ligase) für die Prozesse in der Zelle</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>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5, E12, K5, K6).</li> </ul>	<p><b>Wie wird die genetische Information der DNA zu Genprodukten bei Prokaryoten umgesetzt?</b></p> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Modellorganismus Bakterium: Erforschung der Proteinbiosynthese an Prokaryoten</b></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>Ablauf der Proteinbiosynthese (→ SI) unter Berücksichtigung der DNA-, RNA-, Polypeptid- und Proteinebene zur Strukturierung der Informationen</li> <li>Ablauf der Transkription (Eigenschaften und Funktionen der RNA-Polymerase, Erkennen der Transkriptionsrichtung) unter Anwendung der Fachsprache</li> <li>Vorgang der Translation</li> <li>Eigenschaften des genetischen Codes und Anwendung der Codesonne</li> <li>Energiebedarf der Proteinbiosynthese (Bezug zum Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung)</li> <li>Begründung der Verwendung des Begriffs Genprodukt anhand der Gene für tRNA und rRNA</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>deuten Ergebnisse von Experimenten zum Ablauf der Proteinbiosynthese (u. a. zur Entschlüsselung des genetischen Codes) (S4, E9, E12, K2, K9).</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Experimente von MATTHAEI und NIRENBERG zur Entschlüsselung des genetischen Codes nach dem naturwissenschaftlichen Weg der Erkenntnisgewinnung und ggf. weiterer Experimente</li> <li>ausgewählten Experimente zum Ablauf der Proteinbiosynthese</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>erläutern vergleichend die Realisierung der genetischen Information bei Prokaryoten und Eukaryoten (S2, S5,</li> </ul>	<p><b>Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede bestehen bei der Proteinbiosynthese</b></p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Transkription und Translation bei Eukaryoten</b></p>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
	E12, K5, K6).	<b>von Pro- und Eukaryoten?</b> (ca. 5 Ustd.)	<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>• modellhafte Darstellungen der Genstruktur (Exons/Introns), Prozessierung der prä-mRNA zur reifen mRNA sowie alternatives Spleißen, posttranslationale Modifikation</li> <li>• 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 (Basiskonzept Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal: Genmutationen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Auswirkungen von Genmutationen auf Genprodukte und Phänotyp (S4, S6, S7, E1, K8).</li> </ul>	<b>Wie können sich Veränderungen der DNA auf die Genprodukte und den Phänotyp auswirken?</b> (ca. 5 Ustd.)	<p><i>Kontext:</i> <b>Resistenzen bei Eukaryoten (z. B. Herzglykosid-Resistenz beim Monarchfalter) [5]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zu Genommutationen, Chromosomenmutationen (→ SI, → EF)</li> <li>• theoriegeleitete Hypothesen zur Ursache der Resistenz unter Berücksichtigung der verschiedenen Systemebenen (molekulare Ebene bis Ebene des Organismus)</li> <li>• verschiedene 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>• Alternativer Kontext: Antibiotika-Resistenz bei Bakterien</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PCR</li> <li>• Gelelektrophorese</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern PCR und Gelelektrophorese unter anderem als Verfahren zur Feststellung von Genmutationen (S4, S6, E8-10, K11).</li> </ul>	<b>Mit welchen molekularbiologischen Verfahren können zum Beispiel Genmutationen festgestellt werden?</b> (ca. 6 Ustd.)	<p><i>Kontext:</i> <b>Analyse von Genmutationen (z. B. SARS-CoV-2-Mutanten, Diagnose von Gendefekten oder Resistenzen) [5]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PCR-Methode unter Berücksichtigung der Funktionen der Komponenten eines PCR-Ansatzes und der Ablauf der PCR</li> <li>• mögliche Fehlerquellen und die Notwendigkeit von Negativkontrollen bei Anwendungen der PCR</li> <li>• Grundprinzip 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</li> </ul>

<b>UV 11 LK-G2: DNA – Regulation der Genexpression und Krebs</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten		<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ggf. Besuch durch Pharmazeutin oder Pharmazeuten zur Einführung in personalisierte Medizin</li> </ul>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Molekulargenetische Grundlagen des Lebens	<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Stoff- und Energieumwandlung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiebedarf am Beispiel von DNA-Replikation und Proteinbiosynthese</li> </ul> Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese</li> </ul> Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität</li> </ul>	
<b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)</li> <li>• Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren (K)</li> </ul>		

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch DNA-Methylierung, Histonmodifikation, RNA-Interferenz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten durch den Einfluss von Transkriptionsfaktoren und DNA-Methylierung (S2, S6, E9, K2, K11).</li> <li>• erläutern die Genregulation bei Eukaryoten durch RNA-Interferenz und Histon-Modifikation anhand von Modellen (S5, S6, E4, E5, K1, K10).</li> </ul>	<b>Wie wird die Genaktivität bei Eukaryoten gesteuert?</b> (ca. 10 Ustd.)	<i>Kontext:</i> <b>Körperzellen: gleiches Erbgut – unterschiedliche Differenzierung</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• unterschiedliche Protein- und RNA-Ausstattung verschiedener menschlicher Zelltypen und Begründung der Phänomene durch zellspezifische Regulation der Genaktivität</li> <li>• Bedeutung von allgemeinen und spezifischen Transkriptionsfaktoren für die Transkriptionsrate und der zellspezifischen Reaktion auf extrazelluläre Signale wie etwa Myostatin zur Regulation des Muskelwachstums (Basiskonzept Steuerung und Regelung)</li> <li>• Modelle zur Bedeutung epigenetischer Marker (DNA-Methylierung und z. B. Histon-Acetylierung) und kriteriengeleitete Diskussion der verschiedenen Modellierungen auch unter Berücksichtigung des Variablengefüges</li> <li>• natürlicher Mechanismus der RNA-Interferenz bei Pflanzen und Tieren anhand einer erarbeiteten Modellierung ausgehend von verschiedenen Darstellungen und Präsentation der Ergebnisse</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>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krebs: Krebszellen,</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen Eigenschaften von Krebszellen mit Veränderungen in</li> </ul>	<b>Wie können zelluläre Faktoren zum</b>	<i>Kontext:</i> <b>Krebsentstehung als Deregulation zellulärer Kontrolle des Zellzyklus [3]</b>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung; Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin	Proto-Onkogenen und Anti-Onkogenen (Tumor-Suppressor-Genen) (S3, S5, S6, E12).	<i>ungehemmten Wachstum der Krebszellen führen?</i> (ca. 6 Ustd.)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zur Bedeutung des Zellzyklus und Anwendung von Zellwachstumshemmern (→ EF)</li> <li>• Eigenschaften von Krebszellen und medizinische Konsequenzen unter Berücksichtigung der Vielfalt von Tumorzellen (Basiskonzept Steuerung und Regelung)</li> <li>• 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 (Basiskonzept Steuerung und Regelung) unter Einbezug der verschiedenen Systemebenen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen den Einsatz der personalisierten Medizin in der Krebstherapie (S4, S6, E14, K13).</li> </ul>	<i>Welche Chancen bietet eine personalisierte Krebstherapie?</i> (ca. 4 Ustd.)	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Krebstherapie: Ermöglicht eine Personalisierung die Vermeidung von Nebenwirkungen?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aktivierung von Vorwissen zur Anwendung von Zellwachstumshemmern (→EF)</li> <li>• Nebenwirkungen von Zytostatika ausgehend von generellen Eigenschaften der Tumorzellen</li> <li>• 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 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</li> </ul>

<b>UV 12 LK-G3: Humangenetik, Gentechnik und Gentherapie</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 18 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	<b>Fachchaftsinterne Absprachen</b>
<b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Molekulargenetische Grundlagen des Lebens, Fachliche Verfahren: Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren	<b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Information und Kommunikation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Codierung und Decodierung von Information bei der Proteinbiosynthese</li> </ul> Steuerung und Regelung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prinzip der Homöostase bei der Regulation der Genaktivität</li> </ul>
<b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen (B)</li> <li>• Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren (B)</li> </ul>	

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie</li> </ul>	<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> </ul>	<p><b>Welche Bedeutung haben Familienstammbäume für die genetische Beratung betroffener Familien?</b></p> <p>(ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Ablauf einer Familienberatung bei genetisch bedingten Erkrankungen</b></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> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, Gentherapeutische Verfahren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erklären die Herstellung rekombinanter DNA und nehmen zur Nutzung gentechnisch veränderter Organismen Stellung (S1, S8, K4, K13, B2, B3, B9, B12).</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> <p>(ca. 8 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Insulinproduktion durch das Bakterium <i>Escherichia coli</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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>• erhöhte 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</li> <li>• Reflexion des Entscheidungsprozesses mit Unterscheidung zwischen</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, <b>Gentherapie</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>bewerten Nutzen und Risiken einer Gentherapie beim Menschen <b>und nehmen zum Einsatz genterapeutischer Verfahren Stellung</b> (S1, K14, B3, B7-9, B11).</li> </ul>	<p><b>Welche ethischen Konflikte treten im Zusammenhang mit genterapeutischen Behandlungen beim Menschen auf?</b> (ca. 6 Ustd.)</p>	<p>deskriptiven und normativen Aussagen sowie Berücksichtigung der Intention der verwendeten Quellen</p> <p><i>Kontext:</i> <b>Monogene Erbkrankheiten (z. B. Mukoviszidose)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Unterschiede zwischen somatischer Gentherapie und Keimbahntherapie beim Menschen bei Unterscheidung deskriptiver und normativer Aussagen</li> <li>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 genterapeutischer Verfahren wie die Anwendung von CRISPR-Cas beim Menschen und Diskussion der relevanten Bewertungskriterien aus verschiedenen Perspektiven</li> </ul>

<b>UV 13 LK-E1: Evolutionsfaktoren und Synthetische Evolutionstheorie</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 20 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>ggf. Zoobesuch</li> </ul>
<p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Entstehung und Entwicklung des Lebens</p> <p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Biologische Sachverhalte betrachten (S)</li> <li>Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>Informationen aufbereiten (K)</li> </ul>	<p><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels</li> </ul>

<b>• Inhaltliche Aspekte</b>	<b>Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...</b>	<b>Sequenzierung: Leitfragen</b>	<b>Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthetische Evolutionstheorie: Mutation, Rekombination, Selektion, Variation, Gendrift</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• begründen die Veränderungen im Genpool einer Population mit der Wirkung der Evolutionsfaktoren (S2, S5, S6, K7).</li> </ul>	<p><b>Wie lassen sich Veränderungen im Genpool von Populationen erklären?</b> (ca. 6 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Schnabelgrößen bei Populationen von Vögeln (z. B. beim Mittleren Grundfink oder Purpurastrilden)</b></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>• Variation durch Mutation und Rekombination und der Verschiebung der Merkmalsverteilung in der Population durch Selektion</li> <li>• Bedeutung von Zufallsereignissen wie Gendrift und ihrem Einfluss auf die Allelvielfalt von Populationen</li> <li>• 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>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthetische Evolutionstheorie: adaptiver Wert von Verhalten, Kosten-Nutzen-Analyse, reproduktive Fitness</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Anpasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5-7, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche Bedeutung hat die reproduktive Fitness für die Entwicklung von Anpasstheiten?</b> (ca. 2 Ustd.)</p> <p><b>Wie kann die Entwicklung von angepassten Verhaltensweisen erklärt werden?</b> (ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Abtransport leerer Eierschalen in Lachmöwenkolonien (TINBERGEN-Experiment)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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. Berücksichtigung proximativer und ultimativer Ursachen und Vermeidung finaler Begründungen</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> (ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Rothirsch-Geweih und Pfauenrad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragestellungen und Ableitung von Hypothesen zum Sexualdimorphismus</li> <li>• intrasexuelle und intersexuelle Selektion mithilfe einer Kosten-Nutzen-Analyse sowie der reproduktiven Fitness unter Vermeidung finaler Begründungen</li> <li>• Unterscheidung zwischen funktionalen und kausalen Erklärungen sowie der Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern das Fortpflanzungsverhalten von Primaten datenbasiert auch unter dem Aspekt der Fitnessmaximierung (S3, S5, E3, E9, K7).</li> </ul>	<p><b>Wie lassen sich die Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten erklären?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Variabilität der Paarungsstrategien und Sozialsysteme bei Primaten</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge zwischen Reproduktionserfolg, ökologischer Situation und Paarungsstrategie für Männchen bzw. Weibchen und Entwicklung von Hypothesen zu den Strategien z. B. bei Krallenaffen</li> <li>• endogene und exogene Ursachen von Fortpflanzungsverhalten unter der Berücksichtigung proximativer und ultimativer Erklärungen und der Vermeidung</li> </ul>

• Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
			finaler Begründungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Synthetische Evolutionstheorie: Koevolution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• erläutern die Anpasstheit von Lebewesen auf Basis der reproduktiven Fitness auch unter dem Aspekt einer Kosten-Nutzen-Analyse (S3, S5-7, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche Prozesse laufen bei der Koevolution ab?</b> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Orchideen-Schwärmer und Stern von Madagaskar (Bestäuber-Blüte-Koevolution)</b></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>• Definition für Koevolution und Erläuterung verschiedener koevolutiver Beziehungen unter Berücksichtigung ultimativer und proximativer Ursachen und Vermeidung finaler Aussagen</li> <li>• Erklärungsansätze für evolutive Prozesse auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung der Fachsprache</li> </ul>

<b>UV 14 LK-E2: Stammbäume und Verwandtschaft</b> <b>Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution</b> Zeitbedarf: ca. 16 Unterrichtsstunden à 45 Minuten	<b>Fachschaftsinterne Absprachen</b>
<p><b>Inhaltliche Schwerpunkte:</b> Entstehung und Entwicklung des Lebens</p>	<p><b>Beiträge zu den Basiskonzepten:</b> Individuelle und evolutive Entwicklung:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels</li> </ul>
<p><b>Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten (S)</li> <li>• Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)</li> <li>• Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren (E)</li> <li>• Informationen aufbereiten (K)</li> </ul>	

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Stammbäume und Verwandtschaft: Artbildung, Biodiversität, populationsgenetischer Artbegriff, Isolation</li> </ul>	<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> </ul>	<p><b>Wie kann es zur Entstehung unterschiedlicher Arten kommen?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Vielfalt der Finken auf den Galapagos-Inseln</b></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>adaptive Radiation der Finkenarten auf Basis der Synthetischen Evolutionstheorie unter Berücksichtigung des Konzepts der ökologischen Nische sowie der Vernetzung verschiedener Systemebenen</li> <li>populationsgenetischer Artbegriff und Prozesse der allopatrischen und sympatrischen Artbildung</li> <li>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>
<ul style="list-style-type: none"> <li>molekularbiologische Homologien, ursprüngliche und abgeleitete Merkmale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</li> </ul>	<p><b>Welche molekularen Merkmale deuten auf eine phylogenetische Verwandtschaft hin?</b> (ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Universalhomologien und genetische Variabilität – ein Widerspruch?</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>molekulare Ähnlichkeiten aller Lebewesen auf DNA-, RNA- und Proteinebene sowie 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>phylogenetische Verwandtschaften auf Basis des Sparsamkeitsprinzips und Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der Modellierungen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>analysieren phylogenetische Stammbäume im Hinblick auf die Verwandtschaft von Lebewesen und die Evolution von Genen (S4, E2, E10, E12, K9, K11).</li> </ul>	<p><b>Wie lässt sich die phylogenetische Verwandtschaft auf verschiedenen Ebenen ermitteln, darstellen und analysieren?</b> (ca. 4 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Ein ausgestorbenes Säugetier mit ungewöhnlichen Merkmalen: Macrauchenia</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fragestellungen und 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> </ul> <p><i>Kontext:</i> <b>Vielfalt einer Genfamilie (z. B. Hämoglobin-Gene)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>molekulare Ähnlichkeiten auf DNA- und Proteinebene</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
	<ul style="list-style-type: none"> <li>deuten molekularbiologische Homologien im Hinblick auf phylogenetische Verwandtschaft und vergleichen diese mit konvergenten Entwicklungen (S1, S3, E1, E9, E12, K8).</li> </ul>	<p><i>Wie lassen sich konvergente Entwicklungen erkennen?</i> (ca. 3 Ustd.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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><i>Kontext:</i> <b>Wiederholt sich die Evolution? – Unabhängige Mutationen (z. B. in Myoglobin-Genen [2])</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Synthetische Evolutionstheorie: Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <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>	<p><i>Wie lässt sich die Synthetische Evolutionstheorie von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgrenzen?</i> (ca. 2 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i> <b>Intelligent Design – eine Pseudowissenschaft</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>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>

## UV 15 LK-E3: Humanevolution und kulturelle Evolution

### Inhaltsfeld 5: Genetik und Evolution

Zeitbedarf: ca. 10 Unterrichtsstunden à 45 Minuten

## Fachschaftsinterne Absprachen

- ggf. Besuch des Neanderthal-Museums

### Inhaltliche Schwerpunkte:

Entstehung und Entwicklung des Lebens

### Beiträge zu den Basiskonzepten:

Individuelle und evolutive Entwicklung:

- Selektion bei Prozessen des evolutiven Artwandels

### Schwerpunkte der Kompetenzbereiche:

- Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln (E)
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren (E)
- Informationen aufbereiten (K)

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	Sequenzierung: Leitfragen	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
<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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• diskutieren wissenschaftliche Befunde und Hypothesen zur Humanevolution auch unter dem Aspekt ihrer Vorläufigkeit (S4, E9, E12, E15, K7, K8).</li> </ul>	<p><b>Wie kann die Evolution des Menschen anhand von morphologischen und molekularen Hinweisen nachvollzogen werden?</b></p> <p>(ca. 7 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Stammbusch des Menschen – ein dynamisches Modell</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 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</li> <li>• 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>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bedeutung der kulturellen Evolution für soziale Lebewesen analysieren (E9, E14, K7, K8, B2, B9).</li> </ul>	<p><b>Welche Bedeutung hat die kulturelle Evolution für den Menschen und andere soziale Lebewesen?</b></p> <p>(ca. 3 Ustd.)</p>	<p><i>Kontext:</i></p> <p><b>Kultur und Tradition – typisch Mensch?</b></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</li> </ul>

Inhaltliche Aspekte	Konkretisierte Kompetenzerwartungen Schülerinnen und Schüler...	<i>Sequenzierung: Leitfragen</i>	Didaktisch-methodische Anmerkungen und Empfehlungen
			<p>des Menschen unter Vermeidung finaler Begründungen</p> <ul style="list-style-type: none"> <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>