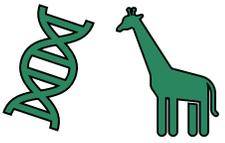


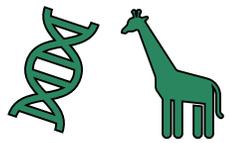
Biologie in der Jahrgangsstufe 12

Hinweise zur Umsetzung des
neuen LehrplanPLUS
in der Profil- und Leistungsstufe



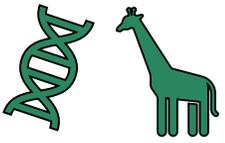
1. Die Entstehung des Lehrplans - Ein Blick in die Bildungsstandards
2. Der Lernbereich 1
3. Neue Inhalte in den Lernbereichen 2-4
4. Ausblick: Die Abiturprüfung

Ein Blick in die Bildungsstandards



2	Bildungsstandards für die Kompetenzbereiche im Fach Biologie.....	13
2.1	Sachkompetenz	13
2.1.1	Biologische Sachverhalte betrachten	14
2.1.2	Zusammenhänge in lebenden Systemen betrachten	14
2.2	Erkenntnisgewinnungskompetenz	14
2.2.1	Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln	15
2.2.2	Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen	15
2.2.3	Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren	15
2.2.4	Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren.....	16
2.3	Kommunikationskompetenz	16
2.3.1	Informationen erschließen	16
2.3.2	Informationen aufbereiten	17
2.3.3	Informationen austauschen und wissenschaftlich diskutieren	17
2.4	Bewertungskompetenz	17
2.4.1	Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen	17
2.4.2	Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen	18
2.4.3	Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren	18
2.5	Basiskonzepte	18
2.5.1	Struktur und Funktion	18
2.5.2	Stoff- und Energieumwandlung	19
2.5.3	Information und Kommunikation	19
2.5.4	Steuerung und Regelung.....	19
2.5.5	Individuelle und evolutive Entwicklung.....	19

Lernbereich 1 - Erkenntnisgewinnungskompetenz



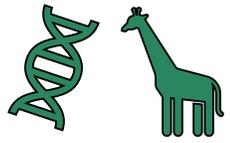
- Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln
- Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren
- Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- identifizieren und entwickeln ausgehend von Phänomenen und Beobachtungen Fragestellungen zu biologischen Sachverhalten und stellen theoriegeleitet Hypothesen zu ihrer Bearbeitung auf.
- planen und führen hypothesengeleitete Beobachtungen, Vergleiche, Experimente und Modellierungen unter Berücksichtigung des jeweiligen Variablengefüges bzw. der Variablenkontrolle durch und protokollieren sie.
- nehmen qualitative und quantitative Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus.
- wenden Labor- und freilandbiologische Geräte und Techniken sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an.
- finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen.
- reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung, indem sie die Gültigkeit von Daten beurteilen, mögliche Fehlerquellen ermitteln sowie Möglichkeiten und Grenzen von Modellen diskutieren.
- widerlegen oder stützen die Hypothese (Hypothesenrückbezug).
- stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.
- reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).
- reflektieren die Kriterien wissenschaftlicher Wissensproduktion (Evidenzbasierung, Theorieorientierung) sowie die Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung.

Lernbereich 1 - Erkenntnisgewinnungskompetenz



- Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien entwickeln
- Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung einsetzen
- Erkenntnisprozesse und Ergebnisse interpretieren und reflektieren
- Merkmale wissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisieren und reflektieren

Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- identifizieren und entwickeln ausgehend von Phänomenen und Beobachtungen theoriegeleitet Hypothesen zu ihrer Bearbeitung auf.
- planen und führen hypothesengeleitete Beobachtungen, Vergleiche, Experimente und Modellierungen unter Berücksichtigung des jeweiligen Variablengefüges bzw. der Variablenkontrolle durch und protokollieren sie.
- nehmen qualitative und quantitative Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus.
- wenden Labor- und freilandbiologische Geräte und Techniken sachgerecht und unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen an.
- finden in erhobenen oder recherchierten Daten Strukturen, Beziehungen und Trends, erklären diese theoriebezogen und ziehen Schlussfolgerungen.
- reflektieren die eigenen Ergebnisse und den eigenen Prozess der Erkenntnisgewinnung, indem sie die Gültigkeit von Daten beurteilen, mögliche Fehlerquellen ermitteln sowie Möglichkeiten und Grenzen von Modellen diskutieren.
- widerlegen oder stützen die Hypothese (Hypothesenrückbezug).
- stellen bei der Interpretation von Untersuchungsbefunden fachübergreifende Bezüge her.
- reflektieren Möglichkeiten und Grenzen des konkreten Erkenntnisgewinnungsprozesses sowie der gewonnenen Erkenntnisse (z. B. Reproduzierbarkeit, Falsifizierbarkeit, Intersubjektivität, logische Konsistenz, Vorläufigkeit).
- reflektieren die Kriterien wissenschaftlicher Wissensproduktion (Evidenzbasierung, Theorieorientierung) sowie die Bedingungen und Eigenschaften biologischer Erkenntnisgewinnung.

- In 12 und 13 identisch
- (erst) bis zum Abitur zu erwerben
- Unterschied gA/eA ergibt sich durch unterschiedliche inhaltliche Tiefe
- durch folgende inhaltliche Lernbereiche abgedeckt

Lernbereich 1 – Linktipp Didaktische Überlegungen



IQB:
Institut zur Qualitätsentwicklung
im Bildungswesen

Suche
English
login

Home Institut **Bildungsstandards** VERA Abituraufgaben Bildungstrend **Forschung** TBA TDS

Lernaufgaben Sekundarstufe II - Biologie 25 Aufgaben gefunden.

Kompetenzbereich

- Sachkompetenz (20)
 - S1 (11) S2 (7)
 - S3 (4) S4 (7)
 - S5 (4) S6 (9)
 - S7 (5) S8 (1)
- Erkenntnisgewinnungskompetenz (17)
 - E1 (2) E2 (4)
 - E3 (7) E4 (5)
 - E5 (3) E6 (3)
 - E7 (1) E8 (1)
 - E9 (6) E10 (1)
 - E11 (4) E12 (1)
 - E13 (4) E14 (1)
 - E15 (2) E16 (1)
- Kommunikationskompetenz (17)
 - K1 (9) K2 (9)
 - K3 (4) K4 (4)
 - K5 (9) K6 (2)
 - K7 (4) K8 (2)
 - K9 (5) K10 (2)
 - K11 (8) K12 (4)
 - K13 (2) K14 (4)
- Bewertungskompetenz (10)
 - B1 (2) B2 (3)
 - B3 (1) B4 (1)
 - B5 (1) B6 (1)
 - B7 (4) B8 (4)
 - B9 (1) B10 (2)
 - B11 (2) B12 (2)

Anforderungsniveau

Überblick

Die Lernaufgaben Sekundarstufe II dienen zur Illustration der Bildungsstandards im Fach Biologie. Erläuterungen zu den einzelnen Standards der jeweiligen Kompetenzbereiche und deren Konkretisierung in den Lernaufgaben finden sich in den unten aufgeführten Dokumenten. Beachten Sie bei experimentellen Aufgaben bitte die Pflicht zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung entsprechend den Richtlinien Ihres Landes. Bitte beachten Sie das Copyright.

Download

- Erläuterungen zur Sachkompetenz
- Erläuterungen zur Erkenntnisgewinnungskompetenz
- Erläuterungen zur Kommunikationskompetenz
- Erläuterungen zur Bewertungskompetenz

Biologisch erklären

Blinddarm des Koalas

Braunkohle

https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekII/nawi_allg/biologie/



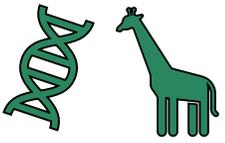
Lernbereich 1 – Linktipp Didaktische Überlegungen



Zusammenfassung

Die vorliegende Lernaufgabe kann gezielt eingesetzt werden, um bei Lernenden der Oberstufe die Kompetenz zu fördern, mögliche Fehlerquellen bei der Durchführung naturwissenschaftlicher Untersuchungen zu ermitteln. Inhaltlich ist dabei die Anwendung von Wissen über die Abhängigkeit der Fotosynthese von abiotischen Außenfaktoren vonnöten.

Anforderungsniveau	grundlegend <input checked="" type="checkbox"/>	erhöht <input type="checkbox"/>
Kompetenzbereiche und relevante Standards	Sachkompetenz Die Lernenden ... S 7 erläutern Prozesse in und zwischen lebenden Systemen sowie zwischen lebenden Systemen und ihrer Umwelt. Erkenntnisgewinnungskompetenz Die Lernenden ... E 10 beurteilen die Gültigkeit von Daten und ermitteln mögliche Fehlerquellen.	
Basiskonzepte	Stoff- und Energieumwandlung	
Inhaltsbereich	♦ Leben und Energie ♦ Aufbauender Stoffwechsel	
konkrete Inhalte	Abhängigkeit der Fotosyntheserate von abiotischen Faktoren	
Materialien	Darstellung der Durchführung und der Ergebnisse einer (halb-)quantitativen Untersuchung zur Fotosyntheseaktivität der Wasserpest	



2 Aufgabenstellung

In einem Schülerpraktikum sollte die Abhängigkeit der Fotosyntheserate von der Farbe des eingestrahlt Lichts untersucht werden. Dazu wurde der in nachfolgender Abbildung (Abb. 1) skizzierte Versuchsaufbau verwendet. Vor die Lichtquelle können dabei Farbfilter gesetzt werden, die jeweils nur Licht eines ganz bestimmten Wellenlängenbereichs (Farbe) passieren lassen. Als Maß für die Fotosyntheserate der eingesetzten Wasserpest wurde in jedem Untersuchungsansatz das Volumen an freigesetztem Sauerstoff bestimmt, das nach 72 Stunden messbar war.

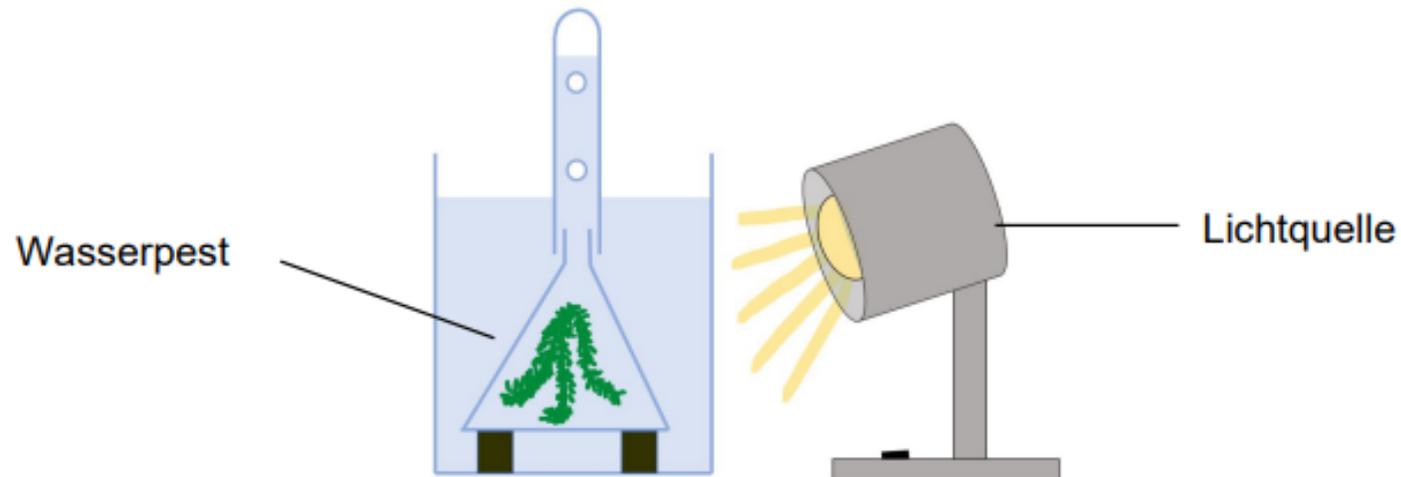
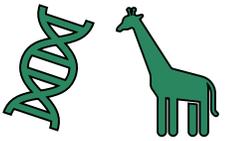


Abbildung 1: Untersuchung der Fotosyntheseaktivität einer Wasserpest-Pflanze, IQB



Drei Schülergruppen untersuchten jeweils die Wirkung eines Farbfilters. Die Ergebnisse sind in folgendem Diagramm (Abb. 2) dargestellt.

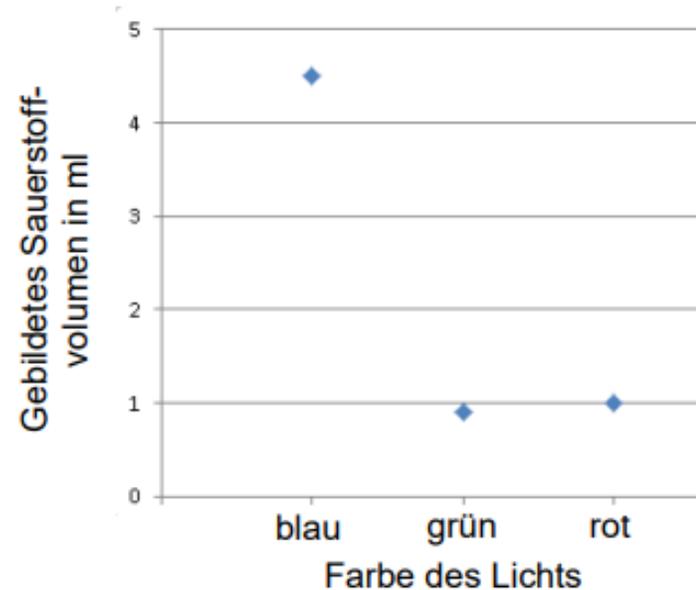
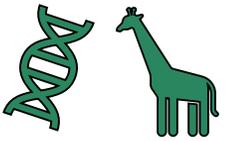


Abbildung 2: Ergebnisse des Schülerpraktikums: Volumen des freigesetzten Sauerstoffs nach 72 Stunden in Abhängigkeit von der Farbe des Lichts, IQB.

Begründen Sie, welcher der erhaltenen Werte in dem Diagramm von den theoretischen Erwartungen abweicht, und stellen Sie zwei konkrete, begründete Vermutungen darüber auf, wie diese Abweichung durch Fehler in dem jeweiligen Versuchsansatz erklärt werden können (Messfehler werden hier ausgeschlossen).



▼ B12 1.4 Bewertungskompetenz

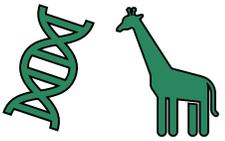
- Sachverhalte und Informationen multiperspektivisch beurteilen
- Kriteriengeleitet Meinungen bilden und Entscheidungen treffen
- Entscheidungsprozesse und Folgen reflektieren

Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler ...

- analysieren Sachverhalte im Hinblick auf ihre Bewertungsrelevanz und betrachten relevante Sachverhalte aus unterschiedlichen Perspektiven.
- unterscheiden deskriptive und normative Aussagen und identifizieren Werte, die den normativen Aussagen zugrunde liegen.
- beurteilen Quellen hinsichtlich ihrer Herkunft und in Bezug auf spezifische Interessenlagen.
- beurteilen Möglichkeiten und Grenzen biologischer Sichtweisen.
- stellen Bewertungskriterien auf, auch unter Berücksichtigung außerfachlicher Aspekte.



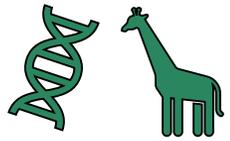


Bewerten im naturwissenschaftlichen Unterricht

Bewertungskompetenz ist einer der vier Kompetenzbereiche im Kompetenzstrukturmodell des Faches Biologie am bayerischen Gymnasium. Mit der Einführung der Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife in Biologie und der damit einhergehenden länderübergreifenden Angleichung der Abiturprüfungsformate, rücken Inhalte zur Bewertungskompetenz auch im Rahmen von Prüfungsformaten in den Fokus der Unterrichtsplanung. Das vorliegende Skript soll in kompakter Form Möglichkeiten, aber auch Grenzen der unterrichtlichen Auseinandersetzung mit der Bewertungskompetenz skizzieren.

Strukturelle Grundlage für Unterrichtsprozesse stellt hierbei der Lernbereich 1 des LehrplanPLUS für die Jahrgangsstufe 12 bzw. 13 dar. Andere aus den Fachdidaktiken bekannte Strukturierungskonzepte zur Bewertung (z. B.: WAAGE^R-Modell) sind ebenso umsetzbar, sofern sie insgesamt inhaltlich dem LehrplanPLUS entsprechen.

Ergänzend zum vorliegenden Skript werden einzelne konkrete Aufgaben zur Bewertungskompetenz entwickelt.



Bewerten im naturwiss

Bewertungskompetenz ist einer der vier Kom
Faches Biologie am bayerischen Gymnasium
die Allgemeine Hochschulreife in Biolog
übergreifenden Angleichung der Abiturprüf
kompetenz auch im Rahmen von Prüfungsfo
vorliegende Skript soll in kompakter Fo
unterrichtlichen Auseinandersetzung mit der

Strukturelle Grundlage für Unterrichtspro
LehrplanPLUS für die Jahrgangsstufe 12
bekannte Strukturierungskonzepte zur Be
umsetzbar, sofern sie insgesamt inhaltlich de
Ergänzend zum vorliegenden Skript werden
kompetenz entwickelt.

2. Analyse von Argumenten / Analyse von Quellen

z. B.: vorformulierte Argumente aus unterschiedlichen Quellen (Zeitung, Zeitschriften, Internetseiten, ...) mit unterschiedlichen Perspektiven (persönlichen und gesellschaftlichen) analysieren

Leitfragen:

- Was ist der fachliche bzw. sachliche Aspekt der Argumente (biologisches Fachwissen, Fachwissen anderer Disziplinen)? (deskriptive Aussagen)
- Sind die Aussagen fachlich korrekt?
- Welche Werte/Normen werden berührt? (normative Aussagen)
- Sind die Schlussfolgerungen logisch?
- Erkennt man eine spezifische Interessenlage der Quelle, z. B. durch falsche oder einseitige Argumentation?

Typische Aufgabenstellungen bei Prüfungen

- Beurteilen Sie die Richtigkeit der fachlichen Aussagen des gegebenen Materials.
- Ordnen Sie den normative Aussagen im Material jeweils die berührten Werte zu.
- Ordnen Sie den normativen Aussagen im Material aus den gegebenen Werten jeweils die berührten Werte zu.
- Beurteilen Sie, ob die Schlussfolgerung des gegebenen Arguments logisch ist.
- Beurteilen Sie die Struktur der gegebenen Argumente und ergänzen Sie ggf. fehlende Elemente.
- Beurteilen Sie das gegebene Material im Hinblick auf eine spezifische Interessenlage.

Ein Blick in die Bildungsstandards II



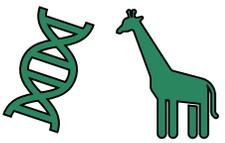
2.6	Inhalte	19
2.6.1	Inhaltsbereich: Leben und Energie.	20
2.6.2	Inhaltsbereich: Informationsverarbeitung in Lebewesen	21
2.6.3	Inhaltsbereich: Lebewesen in ihrer Umwelt	21
2.6.4	Inhaltsbereich: Vielfalt des Lebens	22

Bildungsstandards im
Fach Biologie für die
Allgemeine Hochschulreife

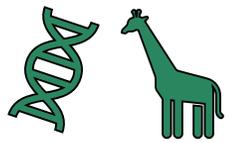


Carl Link



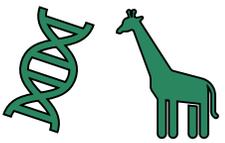


Inhalte für das grundlegende und das erhöhte Anforderungsniveau	Zusätzliche Inhalte für das erhöhte Anforderungsniveau
Molekulargenetische Grundlagen des Lebens	
<ul style="list-style-type: none">■ Speicherung und Realisierung genetischer Information: Bau der DNA, Transkription und Translation, semikonservative Replikation■ Genmutationen■ Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten: Transkriptionsfaktoren, Modifikationen des Epigenoms durch Methylierung, Zusammenhänge zwischen genetischem Material, Genprodukten und Merkmal■ Genetik menschlicher Erkrankungen: Familienstammbäume, Gentest und Beratung, Gentherapie	<ul style="list-style-type: none">■ Krebs: Krebszellen, Onkogene und Anti-Onkogene, personalisierte Medizin■ Modifikationen des Epigenoms: Histonmodifikation■ RNA-Interferenz

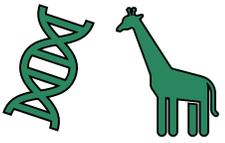


Entstehung und Entwicklung des Lebens	
<ul style="list-style-type: none">■ Stammbäume: ursprüngliche und abgeleitete Merkmale■ Belege für die Evolution: molekularbiologische Homologien■ Grundlegende Prinzipien der Evolution: Rekombination, Mutation, Selektion, Verwandtschaft, Variation, Fitness, Isolation, Drift, Artbildung, Biodiversität, Koevolution, populationsgenetischer Artbegriff■ adaptiver Wert von Verhalten: reproduktive Fitness, Kosten-Nutzen-Analyse■ Synthetische Evolutionstheorie, Abgrenzung von nicht-naturwissenschaftlichen Vorstellungen	<ul style="list-style-type: none">■ Evolution des Menschen: Ursprung, Fossilgeschichte, Stammbäume und Verbreitung des heutigen Menschen■ Kulturelle Evolution: Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung■ Sozialverhalten bei Primaten: exogene und endogene Ursachen, Fortpflanzungsverhalten, reproduktive Fitness
Fachliche Verfahren	
	<ul style="list-style-type: none">■ PCR■ Gelelektrophorese■ Gentechnik: Veränderung und Einbau von DNA, gentechnisch veränderte Organismen, Gentherapeutische Verfahren

Überblick über die Lernbereiche in B12 Bayern



Lernbereich		Stunden (ca.)	
		gA	eA
2	Genetik und Gentechnik	51	86
2.1	Speicherung und Realisierung genetischer Information	7	19
2.2	Regulation der Genaktivität	6	8
2.3	Vervielfältigung genetischer Information	4	9
2.4	Neukombination und Veränderung genetischer Information	16	22
2.5	Weitergabe genetischer Information	7	13
2.6	Genetik menschlicher Erkrankungen und DNA-Analytik	11	15
3	Evolution	18	30
3.1	Evolutionsforschung	7	9
3.2	Mechanismen der Evolution	11	21
4	Verhaltensökologie – Evolution und Anpasstheit von Verhalten	15	24



▼ B12 Lernbereich 2: Genetik und Gentechnik (ca. 86 Std.)

- ▶ B12 2.1 Speicherung und Realisierung genetischer Information (ca. 19 Std.)
- ▶ B12 2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)
- ▶ B12 2.3 Vervielfältigung genetischer Information (ca. 9 Std.)
- ▶ B12 2.4 Neukombination und Veränderung genetischer Information (ca. 10 Std.)
- ▶ B12 2.5 Weitergabe genetischer Information (ca. 13 Std.)
- ▶ B12 2.6 Genetik menschlicher Erkrankungen und DNA-Analytik (ca. 7 Std.)

Gliederung nach Funktionen,
nicht nach Systemebenen
*(neue Schwerpunkte sollten
erkennbar sein, z. B. Meiose
nicht als weiterer
Kernteilungsprozess, sondern
als Prozess zur Erhöhung der
genetischen Vielfalt bei der
geschlechtlichen
Fortpflanzung)*

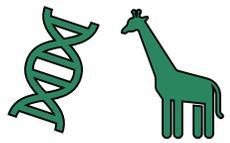
2.1 Speicherung und Realisierung genetischer Information (ca. 19 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

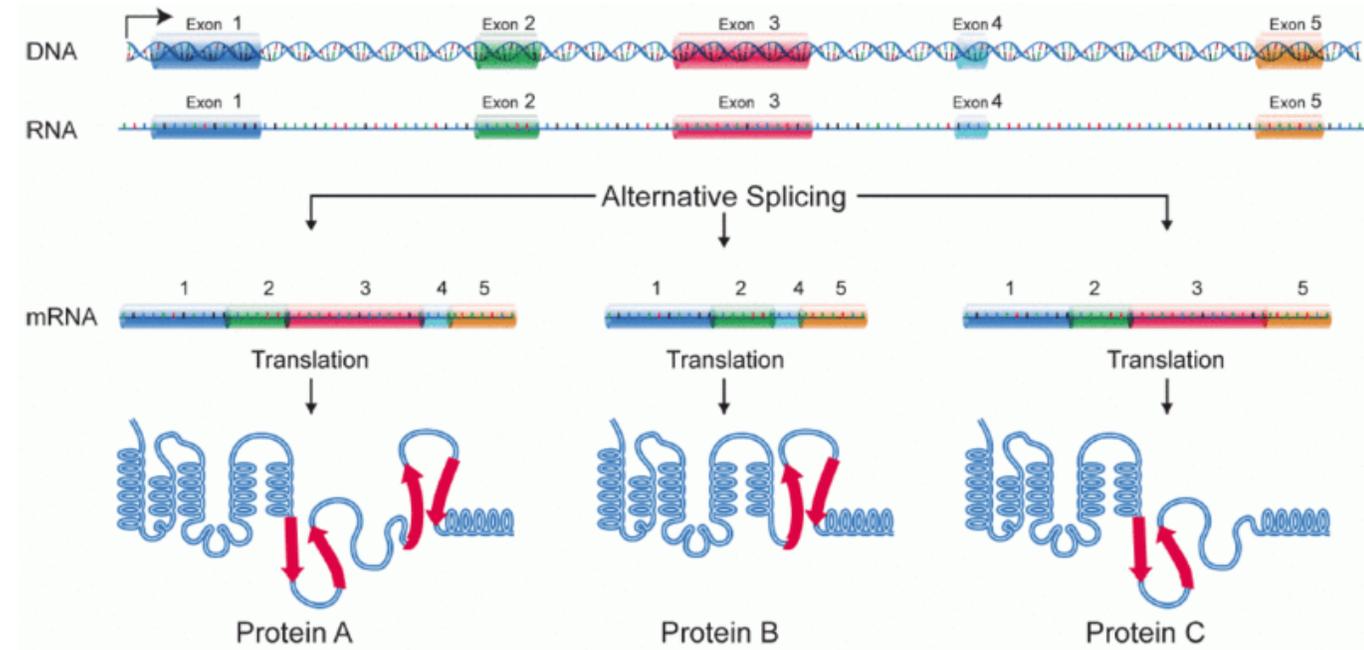
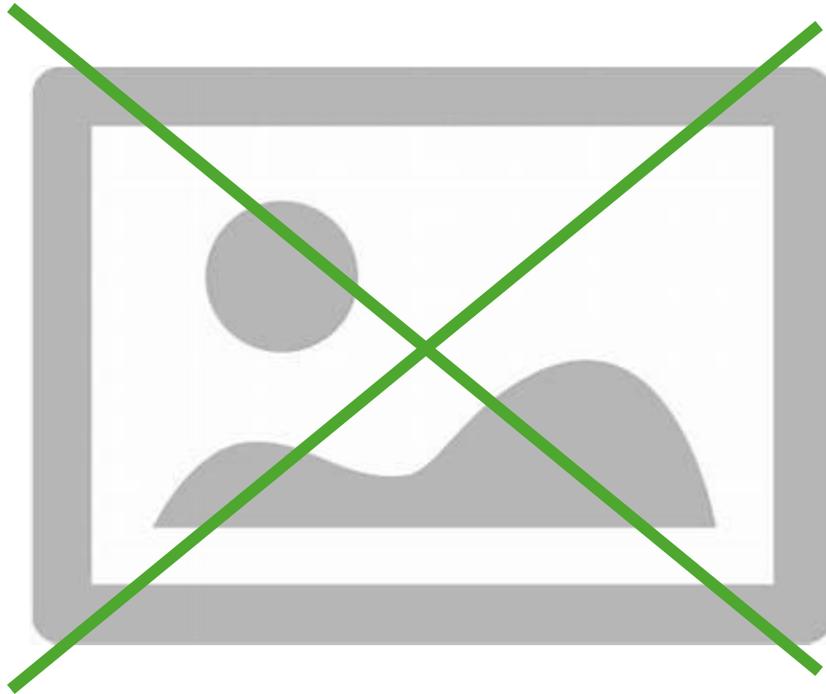
- beschreiben ein Modell zum Bau der DNA und vergleichen es mit einem entsprechenden Modell zum Bau der RNA.
 - leiten aus Basensequenzen der DNA Aminosäuresequenzen von Proteinen sowie aus der Aminosäuresequenz von Proteinen mögliche Basensequenzen für eine codierende DNA ab, indem sie den genetischen Code anwenden.
 - beschreiben den Mechanismus der Bildung von Proteinen durch die Proteinbiosynthese und erklären deren Bedeutung für das Leben.
 - erklären die Bedeutung des **alternativen Spleißens** für die Erhöhung der Proteinvielfalt bei Eukaryoten, die eine Voraussetzung für Selektionsprozesse in der Evolution darstellt.
- molekularer Bau der DNA: u. a. Nukleotid, komplementäre Basenpaarung durch Wasserstoffbrücken; Vergleich mit einem entsprechenden RNA-Modell
 - genetischer Code
 - **Realisierung der genetischen Information (Proteinbiosynthese) am Beispiel der Eukaryoten:** Gen (Intron, Exon), Transkription, Prozessierung, Translation
 - **alternatives Spleißen**

2.1 Speicherung und Realisierung genetischer Information (ca. 19 Std.)



- erklären die Bedeutung des **alternativen Spleißens** für die Erhöhung der Proteinvierfalt bei Eukaryoten, die eine Voraussetzung für Selektionsprozesse in der Evolution darstellt.

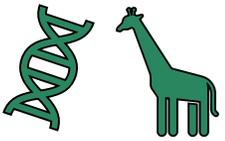
Bedeutung, nicht Mechanismus



https://www.mpg.de/4998824/Spleissosomen_Struktur_Funktion; Abb. 1; © Reinhard Lührmann

[File:DNA alternative splicing.gif - Wikimedia Commons](#)

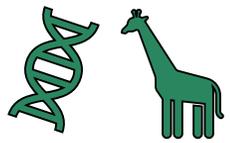
2.1 Speicherung und Realisierung genetischer Information (ca. 19 Std.)



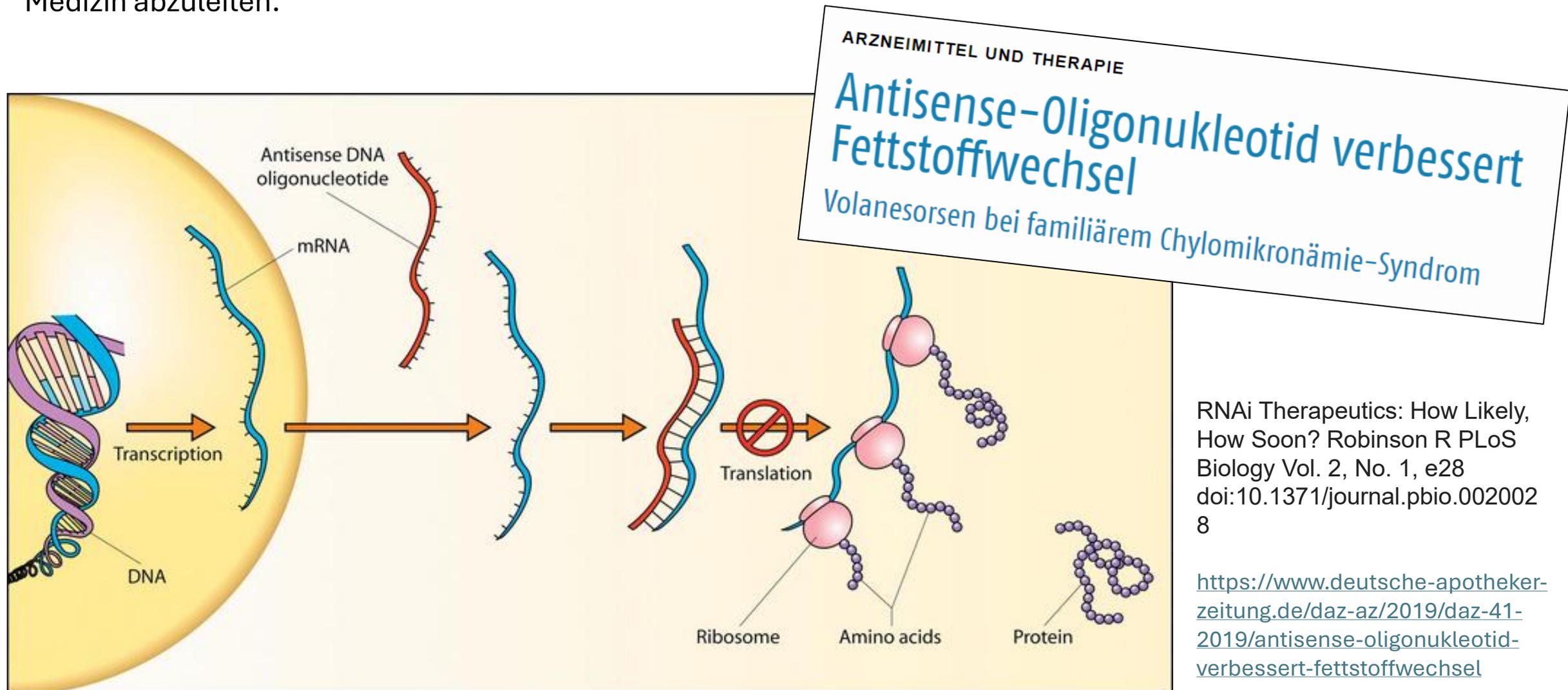
Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben den **Eingriff von Viren in die Proteinbiosynthese ihres Wirts und den Vermehrungszyklus von Viren**, um Auswirkungen auf den Wirt und mögliche Therapieansätze erläutern zu können.
 - erläutern die Wirkung von **Antisense-RNA** auf die Proteinbiosynthese, um daraus Anwendungsmöglichkeiten in der Medizin abzuleiten.
 - leiten mögliche **Angriffsorte in Prokaryoten für Antibiotika** aus Unterschieden zwischen der Proteinbiosynthese bei Prokaryoten und Eukaryoten ab.
 - erläutern die Aufgaben von Proteinen sowie das Zusammenwirken von Genen in einer Genwirkkette bei der Ausbildung von Merkmalen und erklären die Auswirkungen der Unterbrechung einer Genwirkkette.
- **Vermehrungszyklus von Viren** in eukaryotischen Zellen am Beispiel des HI-Virus (Befall der Wirtszelle, reverse Transkription, Integration, Expression); Auswirkungen auf den Wirt; Eingriffe in den Vermehrungszyklus
 - **natürliche und künstliche Antisense-RNA (u. a. Knock-Down-Verfahren)**
 - Wirkung von **Antibiotika** auf die Proteinbiosynthese bei Prokaryoten
 - Bedeutung von Proteinen als Genprodukte; Genwirkkette; Unterbrechung von Genwirkketten (u. a. **Knock-Out-Organismen**)

2.1 Speicherung und Realisierung genetischer Information (ca. 19 Std.)



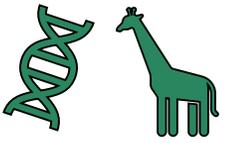
- erläutern die Wirkung von **Antisense-RNA** auf die Proteinbiosynthese, um daraus Anwendungsmöglichkeiten in der Medizin abzuleiten.



RNAi Therapeutics: How Likely, How Soon? Robinson R PLoS Biology Vol. 2, No. 1, e28 doi:10.1371/journal.pbio.0020028

<https://www.deutsche-apotheker-zeitung.de/daz-az/2019/daz-41-2019/antisense-oligonukleotid-verbessert-fettstoffwechsel>

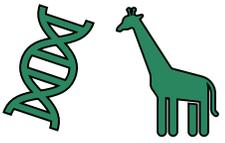
2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben mögliche **Mechanismen zur Regulation der Genaktivität**, um zu erklären, warum trotz gleicher genetischer Ausstattung von Zellen diese unterschiedliche Eigenschaften aufweisen können und so eine flexible Anpassung an Umweltbedingungen sowie eine Entwicklung und Spezialisierung in lebendigen Systemen möglich ist.
 - beurteilen die Bedeutung von **Stammzellen** für die Forschung und für medizinische Anwendungen und bewerten deren Einsatz aus ethischer Sicht.
- **Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten** (Transkriptionsfaktoren, Enhancer, Silencer)
 - **Epigenetik**: DNA-Methylierung, Inaktivierung des X-Chromosoms, RNA-Interferenz, Histonmodifikation
 - embryonale und adulte **Stammzellen** als noch undifferenzierte Zellen

2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)



- **Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten** (Transkriptionsfaktoren, Enhancer, Silencer)

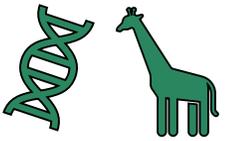


Reece et al: Campbell Biologie; 10. aktualisierte Auflage;
Pearson Deutschland GmbH, 2016; Abb. 17.7

Nicht an Prokaryoten,
daher kein Jacob-
Monod-Modell!

Spezielle Proteine, die
Transkriptionsfaktoren,
erkennen Promotor
(inkl. TATA-Box) und
bilden eine „Plattform“
für die RNA-
Polymerase;
zusammen:
Transkriptionskomplex

2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)

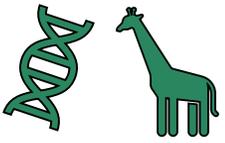


Reece et al: Campbell Biologie; 10. aktualisierte Auflage;
Pearson Deutschland GmbH, 2016; Abb. 18.11

Enhancer und Silencer als regulierende DNA-Abschnitte, die die Transkription fördern bzw. hemmen, wenn sie über bestimmte Transkriptionsfaktoren an den Transkriptionskomplex gebunden werden → Schleifenbildung

Durch Bindung von Aktivatoren (an Enhancer) und Repressoren (an Silencer) wird die Intensität der Transkription bestimmt.

2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)

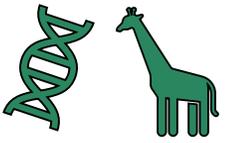


LIS-Material in Arbeit!

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben mögliche **Mechanismen zur Regulation der Genaktivität**, um zu erklären, warum trotz gleicher genetischer Ausstattung von Zellen diese unterschiedliche Eigenschaften aufweisen können und so eine flexible Anpassung an Umweltbedingungen sowie eine Entwicklung und Spezialisierung in lebendigen Systemen möglich ist.
 - beurteilen die Bedeutung von **Stammzellen** für die Forschung und für medizinische Anwendungen und bewerten deren Einsatz aus ethischer Sicht.
- **Regulation der Genaktivität bei Eukaryoten** (Transkriptionsfaktoren, Enhancer, Silencer)
 - **Epigenetik**: DNA-Methylierung, Inaktivierung des X-Chromosoms, RNA-Interferenz, Histonmodifikation
 - embryonale und adulte **Stammzellen** als noch undifferenzierte Zellen

2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)



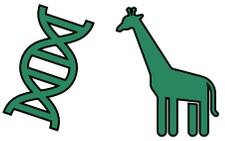
- **Epigenetik:** DNA-Methylierung



Abb.: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00194-021-00488-3>

- ✓ Durch DNA-Methyltransferasen; i.d.R. an Cytosin, dem ein Guanin folgt (reversibel)
- ✓ Genregulatorisch zur Stilllegung von Genen durch Inaktivierung der Promotorregion (vgl. CpG-Inseln)
- ✓ Methylierungsmuster gewebespezifisch und abhängig von Umweltfaktoren
- ✓ (Ggf.:
 - ✓ *Unterscheidung alter/neuer Strang bei Replikation*
 - ✓ *genomische Prägung (Ablezen des mütterlichen oder väterlichen Allels in einer diploiden Zelle)*
 - ✓ *Bei Prokaryoten: Unterscheidung von eigener DNA und fremder DNA durch methylierten Stellen*
 - ✓ *Hohe Methylierungsrate von Tumor-Suppressor-Genen kann zur Krebs-Entstehung beitragen)*

2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)



- **Epigenetik:** Inaktivierung des X-Chromosoms



X-Inaktivierung oder **X-Chromosom-Inaktivierung**

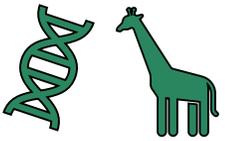
Prozess, bei dem ein X-Chromosom ganz oder weitgehend stillgelegt wird, so dass von diesem Chromosom keine Genprodukte mehr erstellt werden (Barr-Körperchen).

Beispiel Hauskatze:

Zufällige Stilllegung des X-Chromosoms führt zu unterschiedlich farbigen Fellbereichen

Reece et al: Campbell Biologie; 10. aktualisierte Auflage;
Pearson Deutschland GmbH, 2016; Abb. 15.18

2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)



- **Epigenetik: RNA-Interferenz**

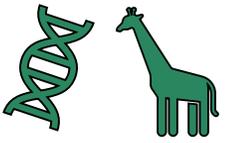


Reece et al: Campbell Biologie; 10. aktualisierte Auflage; Pearson Deutschland GmbH, 2016; S.444, Abb. 18.4

RNA-Interferenz

- Bei allen Eukaryoten
- Verschiedene Funktionen, hier: Natürlicher Mechanismus zur Genregulation
- Beim Menschen: Kontrolle von etwa 30% der Genaktivität durch geschätzt 1000 verschiedene miRNAs
- Abbau der mRNA oder Verhinderung der Translation durch zu mRNA komplementärer miRNA und zugehörigem Enzymkomplex
- Möglichkeit des „Gen-Knockdown“ durch RNAi-basierte Therapeutika

2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)

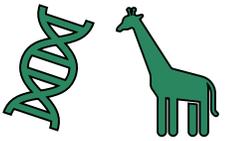


- **Epigenetik:** Histonmodifikation



Reece et al: Campbell Biologie; 10. aktualisierte Auflage;
Pearson Deutschland GmbH, 2016; S.444, Abb. 18.7

2.2 Regulation der Genaktivität (ca. 8 Std.)



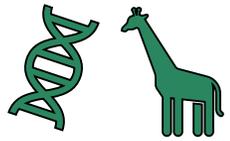
- **Epigenetik:** Histonmodifikation



https://www.researchgate.net/figure/Fig-No-3-Acetylation-Deacetylation-on-Lysine-Residue_fig2_331628712



Reece et al: Campbell Biologie; 10. aktualisierte Auflage; Pearson Deutschland GmbH, 2016; S.444, Abb. 18.7



Mary Frances Lyon, ein kleiner Unterschied zwischen den meisten Männern und Frauen, Olympische Spiele und weshalb eine eineiige Zwillingsschwester nicht unbedingt der anderen gleicht

Jahrgangsstufe	12
Fach	Biologie
Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele	Familien- und Sexualerziehung
Zeitraumen	45 min
Benötigtes Material	--

Kompetenzerwartungen

B12 2.2

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben mögliche Mechanismen zur Regulation der Genaktivität, um zu erklären, warum trotz gleicher genetischer Ausstattung von Zellen diese unterschiedliche Eigenschaften aufweisen können und so eine flexible Anpassung an Umweltbedingungen sowie eine Entwicklung und Spezialisierung in lebendigen Systemen möglich ist.

Inhalte zu den Kompetenzen:

- Epigenetik: DNA-Methylierung, Inaktivierung des X-Chromosoms (**gA**)
- Epigenetik: DNA-Methylierung, Inaktivierung des X-Chromosoms, RNA-Interferenz, Histonmodifikation (**eA**)

Hinweise

Die Aufgabe differenziert zwischen den inhaltlichen Anforderungen im grundlegenden und erhöhten Anforderungsniveau.

Aufgabe

1. Kennzeichnen Sie in der Tabelle, ob bei den genannten Karyotypen ein Barr-Körperchen nachweisbar ist und begründen Sie ihre Auswahl.

Person	Gesamtzahl Chromosomen	Gonosomen	Barr-Körperchen nachweisbar?
A	46	XY	
B	46	XX	
C	45	X	
D	47	XXY	

2. „Das biologische Geschlecht ist durch die Überprüfung des Vorhandenseins eines Barr-Körperchens mit mikroskopischen Verfahren eindeutig bestimmbar.“

Überprüfen Sie die Richtigkeit dieser Aussage. Nennen Sie die entsprechenden Fakten, die ihre Einschätzung stützen (M 1).

3. Recherchieren Sie im Internet zur Problematik „Intersexualität im Sport“ und beschreiben Sie die Veränderungen bei den Methoden zur Einschätzung der Zugehörigkeit zu den beiden Geschlechtergruppen im Leistungssport, die in den letzten einhundert Jahren aufgetreten sind (M 2).

4. Erläutern Sie den Mechanismus zur Inaktivierung eines Gens durch DNA-Methylierung.

5. Recherchieren Sie die Auswirkungen der Mosaikbildung durch die zufällige X-Inaktivierung bei sogenannten „Glückskatzen“ mit dreifarbigem Fell.

6. Erklären Sie, weshalb genetisch identische eineiige Zwillingsschwestern sich trotzdem nicht vollständig gleichen. Vernachlässigen Sie dabei äußere Einflüsse auf die Entwicklung. Erklären Sie auch, weshalb dieser Effekt bei eineiigen Zwillingen nicht auftritt.



Mary Frances Lyon, ein kleiner Unterschied zwischen den meisten Männern und Frauen, Olympische Spiele und weshalb eine eineiige Zwillingsschwester nicht unbedingt der anderen gleicht

Jahrgangsstufe	12
Fach	Biologie
Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele	Familien- und Sexualerziehung
Zeitraumen	45 min
Benötigtes Material	--

Kompetenzerwartungen

B12 2.2

Die Schülerinnen und Schüler ...

- beschreiben mögliche Mechanismen zur Regulation der Genaktivität, um zu erklären, warum trotz gleicher genetischer Ausstattung von Zellen diese unterschiedliche Eigenschaften aufweisen können und so eine flexible Anpassung an Umweltbedingungen sowie eine Entwicklung und Spezialisierung in lebenden Systemen möglich ist.

Inhalte zu den Kompetenzen:

- Epigenetik: DNA-Methylierung, Inaktivierung des X-Chromosoms (**gA**)
- Epigenetik: DNA-Methylierung, Inaktivierung des X-Chromosoms, RNA-Interferenz, Histonmodifikation (**eA**)

Hinweise

Die Aufgabe differenziert zwischen den inhaltlichen Anforderungen im grundlegenden und erhöhten Anforderungsniveau.

Aufgabe

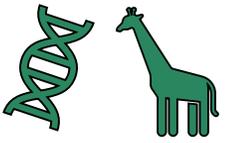
1. Kennzeichnen Sie in der Tabelle, ob bei den genannten Karyotypen ein Barr-Körperchen nachweisbar ist und begründen Sie ihre Auswahl.

Person	Gesamtzahl Chromosomen	Gonosomen	Barr-Körperchen nachweisbar?
A	46	XY	
B	46	XX	
C	45	X	
D	47	XXX	

4.

Im Promotorbereich von Genen finden sich häufig sogenannte CpG-Inseln. In diesen CpG-Inseln liegen die Basen Cytosin und Guanin in einem DNA-Strang mehrmals nebeneinander. Diese Bereiche sind methylierbar, d. h., dass ein Enzym (DNA-Methyltransferase) eine Methylgruppe auf Cytosin übertragen kann, das damit zu Methylcytosin wird. Je mehr Methylierungen in einer solchen CpG-Insel vorliegen, desto seltener wird das darauffolgende Gen abgelesen. So kann es auch zu einem praktisch kompletten Ausschalten eines Gens kommen.

4. Erläutern Sie den Mechanismus zur Inaktivierung eines Gens durch DNA-Methylierung. 
5. Recherchieren Sie die Auswirkungen der Mosaikbildung durch die zufällige X-Inaktivierung bei sogenannten „Glückskatzen“ mit dreifarbigem Fell.
6. Erklären Sie, weshalb genetisch identische eineiige Zwillingsschwestern sich trotzdem nicht vollständig gleichen. Vernachlässigen Sie dabei äußere Einflüsse auf die Entwicklung. Erklären Sie auch, weshalb dieser Effekt bei eineiigen Zwillingen nicht auftritt.



Material 1

Mary Frances Lyon, die Lyonization und ein kleiner Unterschied zwischen den meisten Männern und Frauen

Das biologische Geschlecht wird beim Menschen durch die beiden Gonosomen, das X-Chromosom und das Y-Chromosom, bestimmt. Männer besitzen ein X-Chromosom und ein Y-Chromosom, Frauen zwei X-Chromosomen. Daneben treten auch Chromosomensätze mit einer anderen Anzahl als zwei Gonosomen auf, z. B. mit einem X-Chromosom (Turner-Syndrom, biologisch weiblich) oder mit zwei X-Chromosomen und einem Y-Chromosom (Klinefelter-Syndrom, biologisch männlich).

Allen diesen Karyotypen ist gemeinsam, dass bei mehr als einem X-Chromosom in einer Zelle das zweite X-Chromosom durch **epigenetische Mechanismen** inaktiviert wird. Durch epigenetische Mechanismen wird die Struktur der DNA verändert und damit die Transkription von Genen beeinflusst.

Das inaktive X-Chromosom wird als Barr-Körperchen bezeichnet und kann durch mikroskopische Verfahren sichtbar gemacht werden. Der Vorgang der Inaktivierung des X-Chromosoms wurde von der britischen Genetikerin Mary Frances Lyon 1961 entdeckt und wird zu ihren Ehren auch Lyonization genannt, heute jedoch meist einfach X-Inaktivierung.

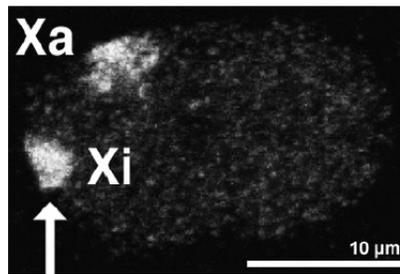


Abb.1: Kern einer Zelle aus Amnionflüssigkeit einer Frau. Darstellung beider X-Chromosomen (Xa, Xi) durch Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung. Das Barr-Körperchen ist hier gut zu erkennen (Pfeil) und identifiziert das inaktive (Xi) und das aktive X-Chromosom (Xa)¹

Erhöhtes Anforderungsniveau (Zusatzinfos und Zusatzaufgaben)

1. Erklären Sie den Zusammenhang zwischen einer Histonmodifikation, der Heterochromatisierung des X-Chromosoms und dessen Stilllegung.
2. Erklären Sie das Prinzip der Wirkungsweise von antisense-RNA.

Bei der Inaktivierung des X-Chromosoms spielen nicht-codierende RNA-Moleküle eine wichtige Rolle (hier: Xist-RNA (X inactive specific transcript))

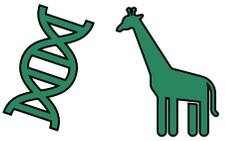
Das Xist-Gen, das selbst auf dem X-Chromosom liegt und für diese RNA codiert, liegt im ursprünglichen Zustand methyliert vor und ist somit inaktiv. Bei Anwesenheit eines Y-Chromosoms bleibt dieser Zustand erhalten. Bei Anwesenheit eines weiteren X-Chromosoms wird das Xist-Gen aktiviert und es werden viele kleine nicht-codierende RNA-Moleküle (Xist-RNA) durch Transkription hergestellt.

Durch RNA-Interferenz der Xist-RNA mit einem der beiden X-Chromosomen kommt es zu einer Heterochromatisierung durch DNA-Methylierung und spezifischer Histonmodifikation.

Dieser Mechanismus der Stilllegung eines ganzen Chromosoms existiert nach bisheriger Kenntnis nur bei Säugetieren. Die Mechanismen dieser Stilllegung finden sich aber an vielen anderen Stellen im Genom.

Eine Inaktivierung des zweiten X-Chromosoms wird durch Bildung einer passenden antisense-RNA verhindert. Diese antisense-RNA bindet an die Xist-RNA und blockiert sie.

2.3 Vervielfältigung genetischer Information (ca. 9 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

- vergleichen den natürlichen Prozess der DNA-Replikation mit dem technischen Prozess der Polymerase-Kettenreaktion (PCR), um an diesem Beispiel Probleme und Lösungen in der technischen Umsetzung natürlicher Prozesse zu erklären. Hierbei beschreiben sie die Bedeutung von **Reparaturenzymen** bei der natürlichen DNA-Replikation.
 - beschreiben die Phasen des Zellzyklus und erklären seine biologische Bedeutung für Wachstum, Reparatur und ungeschlechtliche Reproduktion.
 - erklären am Beispiel der **Tumorbildung** Ursachen und Auswirkungen von Störungen des Zellzyklus und der **Apoptose** auf einen Organismus.
- Mechanismus der semikonservativen Replikation; Mechanismus der Polymerase-Kettenreaktion (PCR); **DNA-Reparatur (u. a. Basenexzisionsreparatur)**
 - Zellzyklus mit Betrachtung der Chromosomenstruktur: Interphase (G-Phasen, Synthesephase), Kernteilung (Pro-, Meta-, Ana-, Telophase); biologische Bedeutung der mitotischen Zellteilung
 - **Apoptose; Tumorbildung**

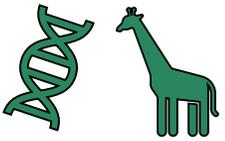
2.4 Neukombination und Veränderung genetischer Information (ca. 22 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

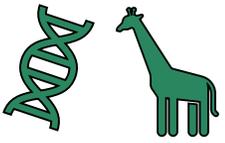
- beschreiben den Ablauf der Meiose bei den unterschiedlichen Geschlechtern und erklären ihre Bedeutung für die geschlechtliche Fortpflanzung.
 - erklären den Zusammenhang zwischen genetischen Neukombinationsprozessen und der Evolution der bisherigen sowie zukünftigen Biodiversität.
 - leiten aus der Auswertung von Karyogrammen verschiedene Typen von Genommutationen ab, beschreiben deren Auswirkungen auf das Lebewesen auf verschiedenen Organisationsebenen und differenzieren zwischen einer Änderung des Genotyps, des Phänotyps und einer Krankheit.
- geschlechtliche Fortpflanzung: Keimzellenbildung durch Meiose (Reduktions- und Äquationsteilung), Neukombination des genetischen Materials, Bedeutung für die Biodiversitätsentwicklung und die Evolution
 - Genommutationen: gonosomale Abweichung, Trisomie 21, Ursachen (Non-Disjunction) und Folgen; Auswertung von Karyogrammen; **Polyploidie bei Pflanzen**

2.4 Neukombination und Veränderung genetischer Information (ca. 22 Std.)



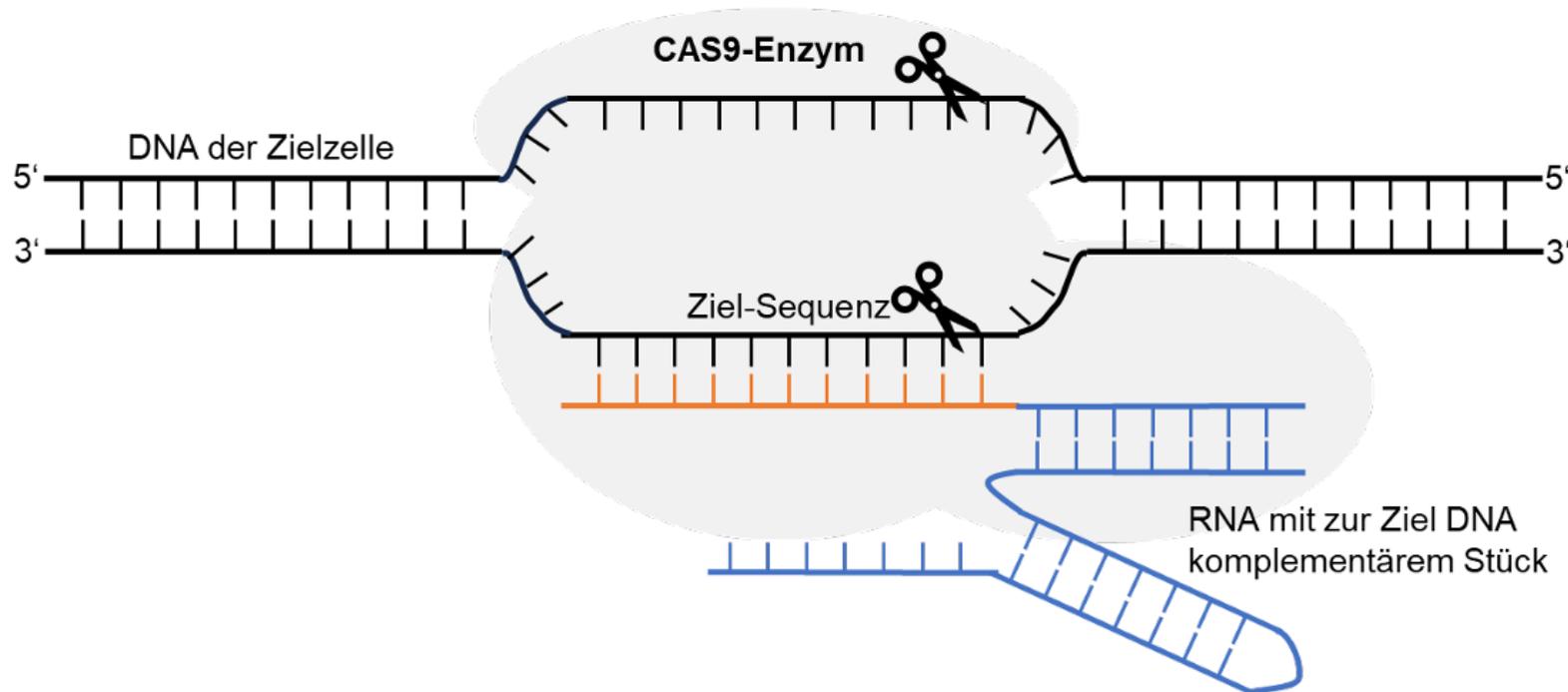
Die Schülerinnen und Schüler ...

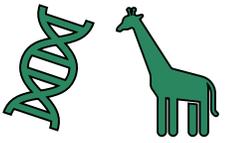
- unterscheiden verschiedene durch mutagene Einflüsse ausgelöste Genmutationen und erläutern deren Auswirkung auf die Funktion des codierten Proteins, um für die Bedeutung des Schutzes vor mutagenen Einflüssen sensibilisiert zu sein.
 - erläutern die **prinzipielle Verfahrensweise und eine konkrete Technik zur künstlichen Veränderung von Erbanlagen** sowie verschiedene Anwendungen von gentechnischen Verfahren und **bewerten** deren gesellschaftliche Auswirkungen.
- Genmutationen: Austausch, Verlust oder Einschub von Nukleotiden; Ursachen von Genmutationen (Mutagene) und Auswirkungen auf die Proteinfunktion; Bedeutung von Reparaturenzymen; Bedeutung für die Evolution; somatische Mutation, Keimbahnmutation; **Mutationen als Ursache für Krebsentstehung (Onkogene und Anti-Onkogene)**
 - **Prinzip der Veränderung von Erbanlagen mit molekulargenetischen Techniken; konkrete Technik: u. a. CRISPR/Cas-System**
 - Anwendungen der Gentechnik: Beispiele aus Tier- und Pflanzenzucht, Lebensmittelproduktion oder Medikamentenherstellung; Gentherapie bzw. gentherapeutische Verfahren; **ethische Aspekte** (z. B. naturalistischer Fehlschluss)



Antwort grundlegendes Anforderungsniveau

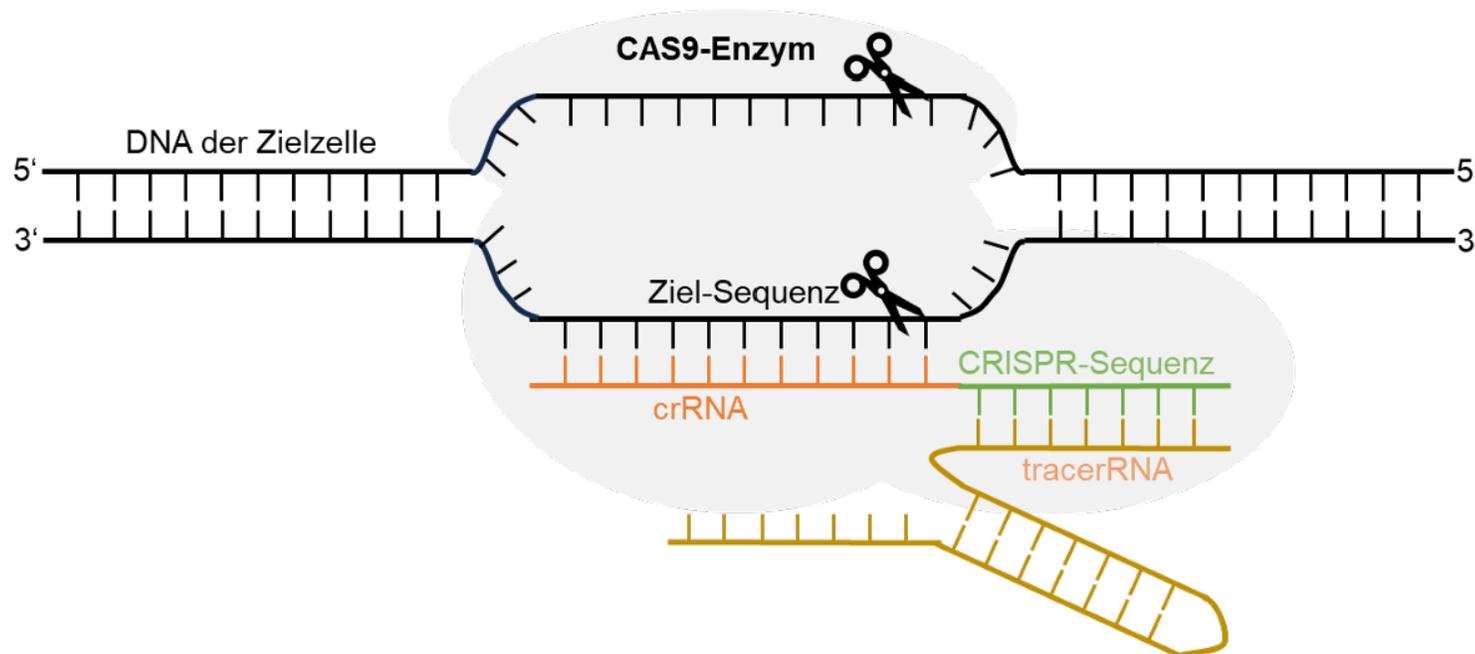
Zunächst identifizieren die Forscher die Stelle in der Ziel-DNA, die sie verändern möchten. Zu dieser Zielsequenz wird eine komplementäre RNA synthetisiert, die mit dem Cas9-Enzym verknüpft wird. Dieser Komplex bindet an die Zielsequenz in der DNA und zerschneidet die DNA an dieser Stelle. Nachdem die DNA geschnitten wurde, werden die losen Enden ohne die ausgeschnittene Sequenz wieder verknüpft. Das Erbgut der Zielzelle hat sich somit verändert.



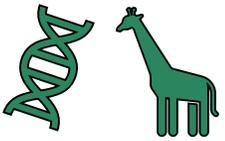


Antwort für erhöhtes Anforderungsniveau

Zunächst identifizieren die Forscher die Stelle in der Ziel-DNA, die sie verändern möchten. Zu dieser Zielsequenz wird eine komplementäre crRNA synthetisiert. Diese crRNA dient zusammen mit der tracrRNA als "Führung", mit der das Cas9-Enzym die Zielsequenz erkennt. Die crRNA wird durch die CRISPR-Sequenz RNA mit dem Cas9-Enzym kombiniert und in die Zielzellen eingeführt. Die crRNA bindet zusammen mit dem Cas9-Enzym an eine Zielsequenz in der DNA und das Enzym Cas9 schneidet die DNA an dieser Stelle. Nachdem die DNA geschnitten wurde, verknüpfen zelleigene Reparaturmechanismen die losen Enden ohne die ausgeschnittene Sequenz wieder miteinander. Das Erbgut der Zielzelle hat sich durch Deletion verändert.



2.4 Neukombination und Veränderung genetischer Information (ca. 22 Std.)



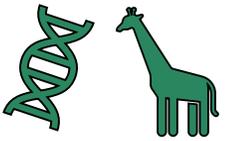
Die Schülerinnen und Schüler ...

- unterscheiden verschiedene durch mutagene Einflüsse ausgelöste Genmutationen und erläutern deren Auswirkung auf die Funktion des codierten Proteins, um für die Bedeutung des Schutzes vor mutagenen Einflüssen sensibilisiert zu sein.
- erläutern die **prinzipielle Verfahrensweise und eine konkrete Technik zur künstlichen Veränderung von Erbanlagen** sowie verschiedene Anwendungen von gentechnischen Verfahren und **bewerten** deren gesellschaftliche Auswirkungen.

Niveau von CRISPR/Cas gemäß LIS-Material
Zum Vergleich: klassische Genetik (Fülle an
Details vermeiden)

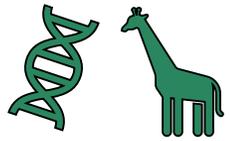
- Genmutationen: Austausch, Verlust oder Einschub von Nukleotiden; Ursachen von Genmutationen (Mutagene) und Auswirkungen auf die Proteinfunktion; Bedeutung von Reparaturenzymen; Bedeutung für die Evolution; somatische Mutation, Keimbahnmutation; **Mutationen als Ursache für Krebsentstehung (Onkogene und Anti-Onkogene)**
- **Prinzip der Veränderung von Erbanlagen mit molekulargenetischen Techniken; konkrete Technik: u. a. CRISPR/Cas-System**
- Anwendungen der Gentechnik: Beispiele aus Tier- und Pflanzenzucht, Lebensmittelproduktion oder Medikamentenherstellung; Gentherapie bzw. gentherapeutische Verfahren; **ethische Aspekte** (z. B. naturalistischer Fehlschluss)

2.5 Weitergabe genetischer Information (ca. 13 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

- werten (ggf. selbst durchgeführte) Kreuzungsexperimente aus, um den statistischen Charakter der Vererbung abzuleiten.
 - treffen Vorhersagen zur Genotypen- und Phänotypenverteilung bei Kreuzungen, indem sie Gesetzmäßigkeiten der Vererbung auf mono- und dihybride Erbgänge anwenden.
 - erklären den direkten Einfluss von Umweltbedingungen auf die Genaktivität der nächsten Generation als Folge **epigenetischer Regulationsmechanismen**.
 - beschreiben die Veränderung des Wissens und die Bedeutung neuer Erkenntnisse bei der Erklärung von biologischen Phänomenen am Beispiel der Aufdeckung von Gesetzmäßigkeiten der Vererbung.
- mono- und dihybrider Erbgang: statistischer Charakter, Allelbegriff, dominante und rezessive Genwirkung (u. a. Rhesus-System), unvollständige Dominanz, Kodominanz (AB0-System); Genkopplung und Genaustausch (Crossing-over)
 - **epigenetische Vererbung, genomische Prägung**
 - Mendelsche Regeln, zellbiologische Grundlagen



Wie funktioniert Genetik - statistische Methoden

Jahrgangsstufe	12
Fach	Biologie gA und eA
Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele	-
Zeitraumen	90 Minuten
Benötigtes Material	<ul style="list-style-type: none">• Grüne Erbsen• Gelbe Erbsen• (Fein-) Waage• Passende Anzahl an Gefäßen (z. B. Zipper-Beutel für F1, F2 und PxF1 oder Petrischalen zum Auszählen der Proben)

Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler

- strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab. Dazu nutzen sie geeignete Darstellungsformen und überführen diese ineinander. (B12 LB 1)
- nehmen qualitative und quantitative Daten auch mithilfe digitaler Werkzeuge auf und werten sie aus. (B12 LB 1)
- werten (ggf. selbst durchgeführte) Kreuzungsexperimente aus, um den statistischen Charakter der Vererbung abzuleiten. (B12 LB 2.5 nur eA)
- beschreiben die Veränderung des Wissens und die Bedeutung neuer Erkenntnisse bei der Erklärung von biologischen Phänomenen am Beispiel der Aufdeckung von Gesetzmäßigkeiten der Vererbung. (B12 LB 2.5)

F2-Generation Vorbereitung:



Im Handel werden gelbe und grüne Erbsen (ungeschält) gekauft.

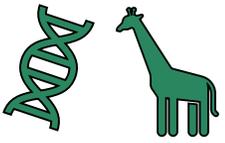


Da die Massen der gelben und grünen Erbsen sich u. U. unterscheiden, wird die durchschnittliche Masse der beiden Erbsensorten durch Wiegen ermittelt.



Die verschiedenen Erbsen werden anhand ihres Massenverhältnisses im Zahlenverhältnis grün/gelb = 3/1 gemischt und anschließend an die Lernenden ausgegeben. Bei Verwendung einer Petrischale mit Deckel können die Erbsen auch gleich in beide Schale und Deckel sortiert und gezählt werden.

2.5 Weitergabe genetischer Information (ca. 13 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

- werten (ggf. selbst durchgeführte) Kreuzungsexperimente aus, um den statistischen Charakter der Vererbung abzuleiten.
 - treffen Vorhersagen zur Genotypen- und Phänotypenverteilung bei Kreuzungen, indem sie Gesetzmäßigkeiten der Vererbung auf mono- und dihybride Erbgänge anwenden.
 - erklären den direkten Einfluss von Umweltbedingungen auf die Genaktivität der nächsten Generation als Folge **epigenetischer Regulationsmechanismen**.
 - beschreiben die Veränderung des Wissens und die Bedeutung neuer Erkenntnisse bei der Erklärung von biologischen Phänomenen am Beispiel der Aufdeckung von Gesetzmäßigkeiten der Vererbung.
- mono- und dihybrider Erbgang: statistischer Charakter, Allelbegriff, dominante und rezessive Genwirkung (u. a. Rhesus-System), unvollständige Dominanz, Kodominanz (AB0-System); Genkopplung und Genaustausch (Crossing-over)
 - **epigenetische Vererbung, genomische Prägung**
 - Mendelsche Regeln, zellbiologische Grundlagen

Epigenetische Vererbung gemäß aktueller Forschung

2.6 Genetik menschlicher Erkrankungen und DNA-Analytik (ca. 15 Std.)

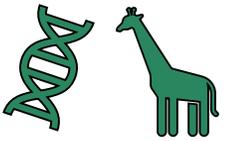


Die Schülerinnen und Schüler ...

- analysieren Erbgänge mithilfe von Familienstammbäumen und treffen so Vorhersagen über Wahrscheinlichkeiten des Auftretens unterschiedlicher genetisch bedingter Krankheiten.
- grenzen Methoden der genetischen Familienberatung gegeneinander ab, um ihre Vor- und Nachteile zu bewerten und in entsprechenden Entscheidungssituationen **eine begründete Entscheidung auch aus ethischer Sicht** treffen zu können.
- erläutern die **Bedeutung der DNA-Analytik** beim Menschen in medizinischen sowie gesellschaftlichen Kontexten. Sie analysieren und **bewerten die DNA-Analytik unter ethischen Gesichtspunkten**.

- Erbgänge beim Menschen (autosomal dominant, autosomal rezessiv, X-chromosomal rezessiv); genetisch bedingte Krankheiten
- Methoden der genetischen Familienberatung: Familienstammbaumanalyse, Heterozygotentest, Pränataldiagnostik, Präimplantationsdiagnostik; ethische Aspekte
- DNA-Analytik (Gentests) beim Menschen: Gelelektrophorese, genetischer Fingerabdruck, **DNA-Sequenzierung; personalisierte Medizin**
- **ethische Gesichtspunkte: z. B. Feststellung der Identität, Massengentests, Gentests als Teil von Gesundheitsprüfungen**

2.6 Genetik menschlicher Erkrankungen und DNA-Analytik (ca. 15 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

- analysieren Erbgänge mithilfe von Familienstammbäumen und treffen so Vorhersagen über Wahrscheinlichkeiten des Auftretens unterschiedlicher genetisch bedingter Krankheiten.
- grenzen Methoden der genetischen Familienberatung gegeneinander ab, um ihre Vor- und Nachteile zu bewerten und in entsprechenden Entscheidungssituationen **eine begründete Entscheidung auch aus ethischer Sicht** treffen zu können.

- erläutern die **Bedeutung** der Anwendung und Erweiterung der bisher erworbenen Kompetenzen
- A** Schwerpunkt der DNA-Analytik auf der Bedeutung und der ethischen Bewertung, z.B. kein Mechanismus (z.B. Kettenabbruchmethode nach Sanger) verlangt

- Erbgänge beim Menschen (autosomal dominant, autosomal rezessiv, X-chromosomal rezessiv); genetisch bedingte Krankheiten
- Methoden der genetischen Familienberatung: Familienstammbaumanalyse, Heterozygotentest, Pränataldiagnostik, Präimplantationsdiagnostik; ethische Aspekte
- DNA-Analytik (Gentests) beim Menschen: Gelelektrophorese, genetischer Fingerabdruck, **DNA-Sequenzierung; personalisierte Medizin**
- **ethische Gesichtspunkte: z. B. Feststellung der Identität, Massengentests, Gentests als Teil von Gesundheitsprüfungen**

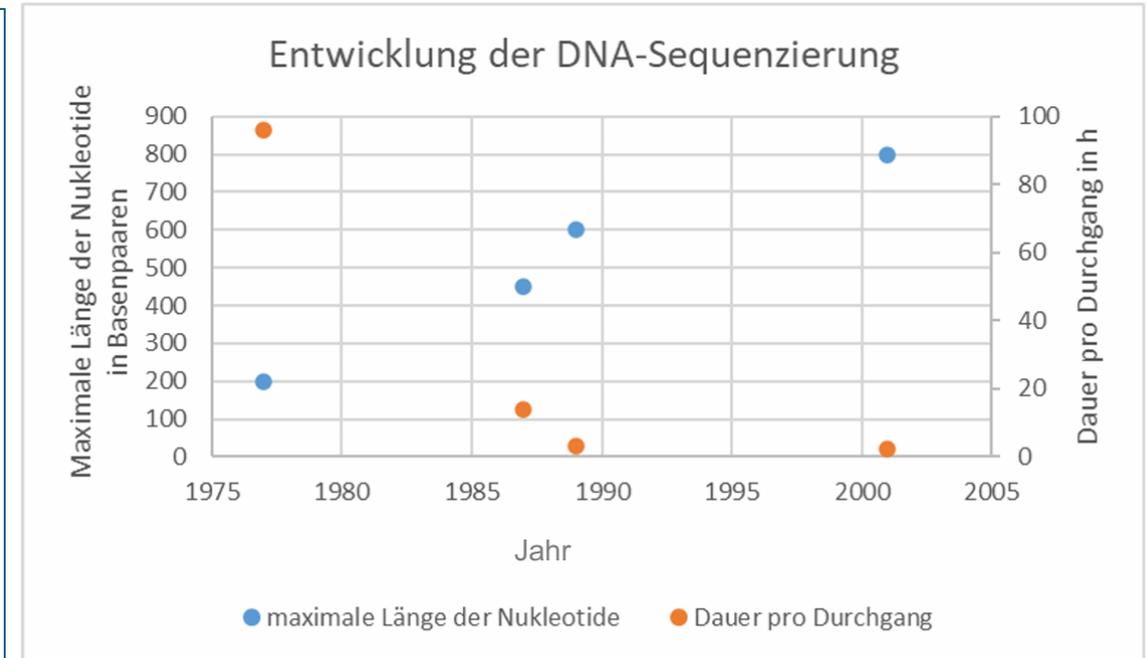


Aufgabe

1. Stellen Sie den technologischen Fortschritt der Sequenzierungstechnologie im Zeitraum von 1977 und 2001 grafisch dar, indem Sie die Veränderung der maximal möglichen Länge der sequenzierbaren Sequenzen sowie die Dauer eines Sequenzierungsdurchgangs im Laufe der Jahre angeben.
2. Beschreiben Sie, welche neuen Errungenschaften wichtig für die Weiterentwicklung der DNA-Sequenzierungstechnologie waren.
3. Nach Abschluss des Humangenomprojekts wurde im Jahr 2008 das komplette Genom von James Watson, einem der Entdecker der DNA-Struktur, mittels NGS (next generation sequencing) entschlüsselt. Recherchieren Sie, ...
 - a) was man unter NGS versteht und welche Möglichkeiten damit heutzutage in der medizinischen Diagnostik verbunden sind,
 - b) jeweils die Dauer sowie die Kosten dieser beiden Vorhaben und vergleichen Sie mit den heutigen Zahlen.

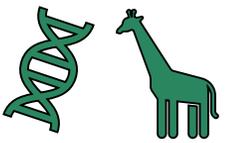
Lösungshinweise

1. Individuelle Lösung, z. B.



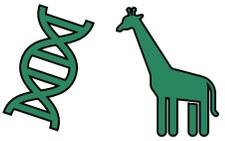
Durch die PCR kann die Menge der DNA-Fragmente in der Probe gesteigert werden und so können auch bei geringen DNA-Mengen stärkere Signale erhalten werden. Die Arbeit mit Fluoreszenz-Farbstoffen ist ungefährlicher als der Umgang mit radioaktiven Substanzen. Die DNA-Fragmente werden mithilfe eines Lasers detektiert und direkt durch einen Computer ausgewertet, was die Methode schneller macht. Die Entwicklung der Kapillarelektrophorese ermöglicht eine schnellere Laufzeit und höhere Auflösung, da durch die Konstruktion eine höhere Spannung angelegt werden kann.

Überblick über die weiteren Lernbereiche in B12



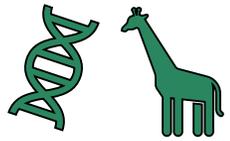
Lernbereich		Stunden (ca.)	
		gA	eA
2	Genetik und Gentechnik	51	86
2.1	Speicherung und Realisierung genetischer Information	7	19
2.2	Regulation der Genaktivität	6	8
2.3	Vervielfältigung genetischer Information	4	9
2.4	Neukombination und Veränderung genetischer Information	16	22
2.5	Weitergabe genetischer Information	7	13
2.6	Genetik menschlicher Erkrankungen und DNA-Analytik	11	15
3	Evolution	18	30
3.1	Evolutionsforschung	7	9
3.2	Mechanismen der Evolution	11	21
4	Verhaltensökologie – Evolution und Anpasstheit von Verhalten	15	24

3.1 Evolutionsforschung (ca. 9 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

- erstellen für ausgewählte Gruppen von Lebewesen einen **Stammbaum (auch Kladogramm)**, indem sie **molekulare Merkmale vergleichen**.
 - vergleichen unterschiedliche historische und aktuelle Ansätze zur Systematisierung von Lebewesen und beurteilen deren Aussagekraft.
 - **bestimmen unterschiedliche Tier- und Pflanzenarten.**
- **molekularbiologische Homologien als Belege für die Evolution:**
Basensequenzvergleich,
Aminosäuresequenzvergleich
 - Rekonstruktion der Stammesgeschichte von Organismen; natürliches System als Einteilung der Lebewesen aufgrund ihrer Verwandtschaft; **Stammbäume**
 - Evolution des Menschen: Ursprung, Fossilgeschichte, **Stammbäume**, Verbreitung des heutigen Menschen
 - **Bestimmen, Vergleichen, Ordnen und Systematisieren der Lebewesen als fachgemäße Arbeitsweisen an ausgewählten Beispielen; Erstellung eines Stammbaums bzw. Kladogramms durch Vergleich ursprünglicher und abgeleiteter Merkmale;** morphologischer Artbegriff



Stammbäume und Kladogramme

Der Begriff "plesiomorph" wird in der Evolutionsbiologie verwendet, um eine Merkmalsausprägung bei einer Gruppe von Organismen zu beschreiben, die als urtümlich betrachtet wird. Im Gegensatz dazu stellt ein "apomorphes" Merkmal eine neuere, abgeleitete oft spezialisierte Ausprägung des Merkmals dar.

Beispiel:

Ein Beispiel für ein plesiomorphes (= ursprüngliches) Merkmal in der Botanik ist das Vorhandensein von flächig ausgeprägten Blättern bei Samenpflanzen. Bei einigen Arten wurden diese Organe aber durch Evolutionsprozesse beispielsweise zu Dornen umgewandelt. Da diese dornartige Blattstruktur nicht bei allen gemeinsamen Vorfahren vorhanden war, handelt es sich um ein apomorphes (= abgeleitetes) Merkmal.

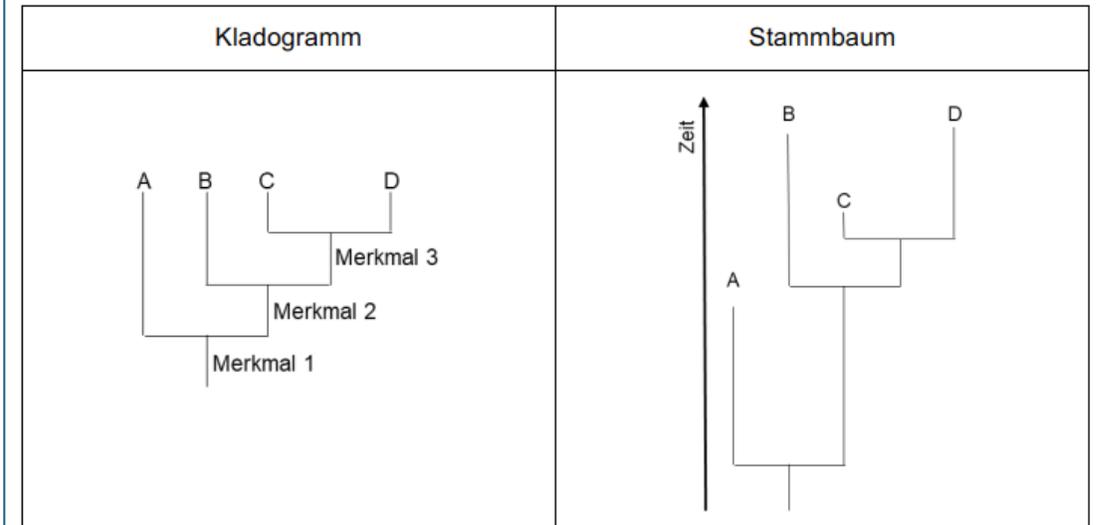
Für die Rekonstruktion von Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Organismen werden plesiomorphe und apomorphe Ausprägungen von Merkmalen miteinander verglichen, um den Grad der Übereinstimmung zu bestimmen.

Die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen verschiedenen Arten oder Gruppen von Organismen lassen sich grafisch in einem Kladogramm oder einem Stammbaum veranschaulichen.

Ein Kladogramm ist eine grafische Darstellung von Beziehungen zwischen verschiedenen Gruppen von Organismen auf der Grundlage von gemeinsamen Merkmalen. Jede Verzweigung entspricht dabei der Ausbildung eines neuen, apomorphen Merkmals und veranschaulicht so die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den betrachteten Organismen. Dabei werden bei allen Knotenpunkten die apomorphen Merkmale angegeben, die zur Unterscheidung der Organismen(gruppen) dienen. Die absolute zeitliche Abfolge spielt dabei keine Rolle.

Ein phylogenetischer Stammbaum stellt wie ein Kladogramm Beziehungen zwischen Organismen-Gruppen durch gemeinsame Vorfahren (Knotenpunkte) und Nachkommen (Äste) dar. In dieser Darstellung fehlen die Merkmale, die zur Unterscheidung führen. Dafür zeigt ein Stammbaum aber eine historische Entwicklung im Verlauf der Erdgeschichte dar und hat oft eine Zeitachse, die durch die Länge der Äste symbolisiert wird. In einem Stammbaum steht die zeitliche Abfolge des Auftretens der Organismengruppen im Vordergrund.

Beispiel:



Sowohl aus einem Kladogramm als auch aus einem Stammbaum lässt sich die Verwandtschaft der Tiere ableiten. So ist beispielsweise Lebewesen C mit D näher verwandt (1 Vorfahr/Abzweigung), als mit B bzw. A (2 bzw. 3 gemeinsame Vorfahren/Abzweigungen)

Lebewesen A unterscheidet sich von allen anderen in der Ausprägung von Merkmal 1, während B, C und D das gleiche Merkmal 1 zeigen.

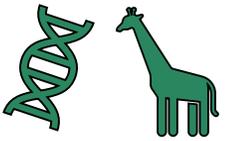
Lebewesen A und Lebewesen C existierten auf der Erde kürzer als B und D. Da ihr Ast nicht bis in die Gegenwart reicht, sind sie ausgestorben

Sowohl Kladogramme als auch phylogenetische Stammbäume werden auf der Grundlage von morphologischen Merkmalen, genetischen Informationen oder einer Kombination beider erstellt. Sie helfen die Evolution von Arten und Gruppen von Organismen zu verstehen und ermöglichen es, Verwandtschaftsbeziehungen zwischen verschiedenen Arten zu analysieren.

Weitere Informationen finden sich hier:

<https://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/stammbaum/11173>

3.1 Evolutionsforschung (ca. 9 Std.)



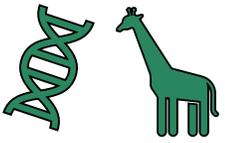
Die Schülerinnen und Schüler ...

- erstellen für ausgewählte Gruppen von Lebewesen einen **Stammbaum (auch Kladogramm)**, indem sie **molekulare Merkmale vergleichen**.
- vergleichen unterschiedliche historische und aktuelle Ansätze zur Systematisierung von Lebewesen und beurteilen deren Aussagekraft.
- **bestimmen unterschiedliche Tier- und Pflanzenarten.**

Homologie nur anhand molekularbiologischer Merkmale
Arbeit mit verschiedenen Darstellungsformen
(Stammbaum, Kladogramm)
Betonung der Vorläufigkeit wissenschaftlicher
Erkenntnisse bei der Evolution des Menschen
Bestimmungsübungen verpflichtend

- **molekularbiologische Homologien als Belege für die Evolution:**
Basensequenzvergleich,
Aminosäuresequenzvergleich
- Rekonstruktion der Stammesgeschichte von Organismen; natürliches System als Einteilung der Lebewesen aufgrund ihrer Verwandtschaft; **Stammbäume**
- Evolution des Menschen: Ursprung, Fossilgeschichte, **Stammbäume**, Verbreitung des heutigen Menschen
- **Bestimmen, Vergleichen, Ordnen und Systematisieren der Lebewesen als fachgemäße Arbeitsweisen an ausgewählten Beispielen; Erstellung eines Stammbaums bzw. Kladogramms durch Vergleich ursprünglicher und abgeleiteter Merkmale;** morphologischer Artbegriff

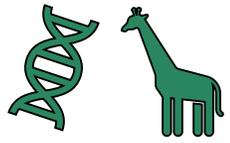
3.2 Mechanismen der Evolution (ca. 21 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

- beurteilen die **Aussagekraft verschiedener Erklärungsansätze zu Mechanismen der Evolution** und überprüfen ihre Vereinbarkeit mit dem heutigen Wissensstand der Genetik.
- wenden die synthetische Evolutionstheorie an, um die Entstehung der Biodiversität sowie die Entstehung von Arten **u. a. in der Ordnung der Primaten** als Zusammenspiel der Evolutionsfaktoren zu erklären.
- erklären u. a. auch beim Menschen wechselseitige Anpasstheiten zwischen interagierenden artfremden Lebewesen als Ergebnis einer Koevolution.

- Erklärungsansätze von Darwin und Lamarck; **Abgrenzung von naturwissenschaftlichen zu nicht naturwissenschaftlichen Vorstellungen**
- synthetische Evolutionstheorie als Zusammenspiel der Evolutionsfaktoren: Allelfrequenzänderung in einer Population durch Mutation und Rekombination, Variation, natürliche Selektion und Selektionsformen (stabilisierend, transformierend, disruptiv), **Alleldrift**; Fitness
- Artbildung als Folge von geographischer und ökologischer Isolation; reproduktive Isolation und **populationsgenetischer Artbegriff**; Problematik des Artbegriffs
- **Koevolution: mutualistisch, antagonistisch**



Erklärungsansätze zu Mechanismen der Evolution **Naturwissenschaftliche und nicht naturwissenschaftliche Vorstellungen**

Die Aufklärung der Mechanismen der Evolution, wie wir sie heute verstehen, ist das Ergebnis naturwissenschaftlicher Forschung. Die Erkenntnisse, die viele Teildisziplinen – allen voran die moderne Genetik – hierzu zusammengetragen haben, münden in der **synthetischen Evolutionstheorie**, die bislang nicht widerlegt wurde und somit den Rang einer gültigen, naturwissenschaftlichen Theorie innehat.

Aber auch vor der heutigen Zeit haben sich Forscherinnen und Forscher naturwissenschaftlich mit den Mechanismen der Evolution auseinandergesetzt.

Jean-Baptiste de Lamarck erkannte beispielsweise durch seine Beobachtungen, dass die Lebewesen sich nicht in Sprüngen, sondern graduell verändern. Er nahm an, dass diese Veränderungen durch ebensolche graduelle Veränderungen der Umwelt verursacht würden. Die von den Tieren neu erworbenen Eigenschaften würden dann an nachfolgende Generationen weitergegeben werden.

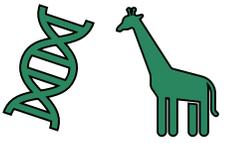
Charles Darwin erkannte durch seine Beobachtungen ebenfalls die graduellen Veränderungen der Lebewesen. Er nahm aber an, dass diese Veränderungen unabhängig von der Umwelt bei den Lebewesen auftreten und sich dann in der entsprechenden Umwelt bewähren oder eben nicht. Diejenigen Lebewesen, die die momentan günstigeren Anpassungen zeigten, hatten einen größeren Fortpflanzungserfolg.

Beide Naturwissenschaftler verwendeten für ihre Forschung naturwissenschaftliche Methoden und entwickelten so **naturwissenschaftliche Vorstellungen**. Durch die Erkenntnisse der Genetik wurde aber klar, dass Gene eben nur über die Keimbahn weitergegeben werden, was mit den Vorstellungen Lamarcks nicht vereinbar war. Die Theorie Darwins ließ sich mit diesen Erkenntnissen durchaus vereinbaren und stellt daher auch heute noch ein zentrales Element der synthetischen Evolutionstheorie dar.

Auf der Basis der in der Genetik erworbenen Kompetenzen können die Schülerinnen und Schüler also die **Aussagekraft verschiedener Erklärungsansätze zu Mechanismen der Evolution beurteilen und ihre Vereinbarkeit mit dem heutigen Wissensstand der Genetik überprüfen**.

Neben den naturwissenschaftlichen Erklärungsansätzen von Darwin und Lamarck (von denen nur noch der Ansatz Darwins mit heutigen Erkenntnissen vereinbar ist), gab und gibt es auch **nicht naturwissenschaftliche Vorstellungen** von der Entwicklung der Lebewesen. Hierzu zählen zum Beispiel Schöpfungsmythen, die in vielen menschlichen Kulturen überliefert werden. Diese nicht naturwissenschaftlichen Vorstellungen können von den Schülerinnen und Schülern von naturwissenschaftlichen Vorstellungen abgegrenzt werden, da diese nicht nach den Prinzipien der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung zustande gekommen sind.

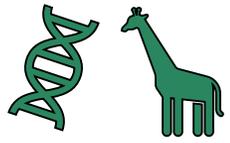
3.2 Mechanismen der Evolution (ca. 21 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

- beurteilen die **Aussagekraft verschiedener Erklärungsansätze zu Mechanismen der Evolution** und überprüfen ihre Vereinbarkeit mit dem heutigen Wissensstand der Genetik.
- wenden die synthetische Evolutionstheorie an, um die Entstehung der Biodiversität sowie die Entstehung von Arten **u. a. in der Ordnung der Primaten** als Zusammenspiel der Evolutionsfaktoren zu erklären.
- erklären u. a. auch beim Menschen wechselseitige Anpasstheiten zwischen interagierenden artfremden Lebewesen als Ergebnis einer Koevolution.

- Erklärungsansätze von Darwin und Lamarck; **Abgrenzung von naturwissenschaftlichen zu nicht naturwissenschaftlichen Vorstellungen**
- synthetische Evolutionstheorie als Zusammenspiel der Evolutionsfaktoren: Allelfrequenzänderung in einer Population durch Mutation und Rekombination, Variation, natürliche Selektion und Selektionsformen (stabilisierend, transformierend, disruptiv), **Alleldrift**; Fitness
- Artbildung als Folge von geographischer und ökologischer Isolation; reproduktive Isolation und **populationsgenetischer Artbegriff**; Problematik des Artbegriffs
- **Koevolution: mutualistisch, antagonistisch**



Artbegriffe

Bis heute sind verschiedene Definitionen des Begriffes gebräuchlich. Im Biologie-Unterricht wird zwischen dem morphologischen und populationsgenetischen (= biologischen) Artbegriff unterschieden.

Artbegriffe

morphologisch

Arten sind Gruppen von Individuen, die sich zwar nicht völlig gleichen, aber in ihren wesentlichen Merkmalen und Verhaltensweisen übereinstimmen.

populationsgenetisch (= biologisch)

Arten sind reproduktiv voneinander isolierte Fortpflanzungsgemeinschaften mit einem gemeinsamen Genpool, deren Mitglieder unter natürlichen Bedingungen durch sexuelle Fortpflanzung Allele austauschen und fruchtbare Nachkommen erzeugen.

Abbildung 1: Überblick über die verschiedenen Definitionen des Artbegriffes

Der morphologische Artbegriff geht auf Carl von Linné zurück und ist in vielerlei Hinsicht problematisch. Zum einen zeigen alle Individuen bei genügend genauer Betrachtung unterschiedliche Merkmale. Darüber hinaus können sich die Geschlechter oder Entwicklungsstadien einer Art deutlich in ihren Merkmalen und Verhaltensweisen unterscheiden (Abbildung 2), so dass es innerhalb einer sogenannten Morphospezies eine große Varianz der Phänotypen gibt. Die Grenzziehung zwischen den Arten erscheint dadurch oft subjektiv, da nicht klar definiert ist, was genau ein „wesentliches“ Merkmal darstellt und wie verschieden es ausgeprägt sein muss, um die beiden Individuen in getrennte Arten zu stellen.



Abbildung 2: Sexualdimorphismus (oben links) bei Stockenten (*Anas platyrhynchos*) und unterschiedlich alte Individuen der Enten-Art (oben rechts). Kaulquappen-Larve (unten links) und adulter Grasfrosch (*Rana temporaria*) (unten rechts)

Auf Grund dieser Unschärfe wurde der morphologische Artbegriff durch den **populationsgenetischen (= biologischen) Artbegriff** von Ernst Mayr ergänzt und so eine Vielzahl von Lebewesen klassifiziert. Doch auch der populationsgenetische Artbegriff hat Schwächen. Auf Lebewesen ohne sexuelle Fortpflanzung (z.B. viele Bakterien) lässt er sich prinzipiell nicht anwenden und auch bei freilandbiologischen Fragestellungen (z. B. qualitative und quantitative Erhebungen zur Biozönose eines Ökosystems) werden die Arten mit dem morphologischen Artbegriff bestimmt, da sich in der Regel nicht feststellen lässt, ob sie zu einer Fortpflanzungsgemeinschaft gehören oder nicht.

Die allgemeinen Bildungsstandards für die Sekundarstufe II erwähnen im Themenbereich Evolution nur den populationsgenetischen Artbegriff. Gleichzeitig fordern die Bildungsstandards im grundlegenden Niveau die qualitative und im erhöhten Leistungsniveau die quantitative Erfassung von Arten in einem Areal. Da die Bestimmung in der Schule nur nach morphologischen Gesichtspunkten erfolgen kann, wurden beide Artbegriffe als Lerninhalte in den LehrplanPLUS aufgenommen. Weitere Artbegriffe spielen für den Biologie-Unterricht in der gymnasialen Oberstufe keine Rolle.



Aufgabe

- Beschreiben Sie unter Verwendung von Material 1 die Entstehung des Vogelgesangs mithilfe der synthetischen Evolutionstheorie.
- Erläutern sie mit Hilfe von Material 1, wieso es im Miozän zu einer starken Zunahme der Artenvielfalt bei Singvögeln kommen konnte. Entscheiden sie, ob es sich dabei um einen Prozess der geographischen oder ökologischen Isolation handelt.
- Diskutieren Sie mit Hilfe von Material 2, ob es sich nach den in Material 3 formulierten Artbegriffen um getrennte Arten handelt. Formulieren Sie dabei die Grenzen der jeweiligen Artbegriffe.
Hinweis: Denken Sie dabei sowohl an prinzipielle Probleme als auch an praktische Hürden bei der Feldarbeit.
- Für die Unterscheidung von Arten nach dem populationsgenetischen Artbegriff ist die reproduktive Isolation der Populationen entscheidend. Erklären Sie mithilfe der Informationen in Material 3, wieso sich Fitis-Individuen nicht mit Zilpzalpen fortpflanzen.
Hinweis: Überlegen Sie, welche Bedeutung der Vogelgesang hat.
- Sollten Sie mehr über das Dawn Chorus-Projekt oder den Vogelgesang wissen wollen, folgen Sie gerne den beiden abgedruckten QR-Codes.

Soundmap des Dawn-Chorus-Projekts



(<https://explore.dawn-chorus.org/?lang=de>)

Wurde der Gesang eines Fitis oder Zilpzalps bei Ihnen in der Nähe aufgenommen?

Vogelstimmen beim BISA-Projekt



(<https://www.bisa100.de/lernen/wirbeltiere/vogel/320-vogelstimmen-im-dawn-chorus>)

Welcher Vogel singt denn da? Wie erzeugen Vögel ihre Töne? Warum singen Vögel?

Material 1:

Weltweit sind über 11.000 verschiedene Vogelarten beschrieben. Über die Hälfte davon gehören zur Gruppe der Singvögel, welche im Bereich der Luftröhre eine besonders Struktur, die Syrinx, aufweisen, mit deren Hilfe die Vögel singen. Molekulargenetischen Untersuchungen zur Folge traten die ersten Singvögel im Eozän vor rund 33 Millionen Jahren im heutigen Australien auf. Im folgenden Miozän bildeten sich zahlreiche Inseln zwischen Australien und Asien, über die sich die Singvögel dann in alle anderen Kontinente ausbreiten konnten. Mit der Arealerweiterung kam es zu einer regelrechten Artenexplosion (Moyle et al, 2016).

Material 2:

Fitis (*Phylloscopus trochilus*) und Zilpzalp (*Phylloscopus collybita*) sind zwei eng verwandte Singvogelarten, die bei uns häufig vorkommen. Auf Grund ihres sehr ähnlichen Erscheinungsbildes werden sie als „Zwillingsarten“ bezeichnet.

	Fitis	Zilpzalp
Aussehen	 © Gerl-Thomas (BISA Projekt)	 © pixabay.com/makamuki0
Lebensraum	Wälder, Parks	Wälder, Parks
Gesang	 (https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Phylloscopus_rochilus.ogg)	 (https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Phylloscopus_collybita_7029.ogg)

Material 3:

In vielen Teildisziplinen der Biologie wird von Arten gesprochen. Dabei ist keineswegs klar, was genau eine Art ist. Es existieren verschiedene Definitionen nebeneinander. Die beiden gebräuchlichsten sind der populationsgenetische und der morphologische Artbegriff.

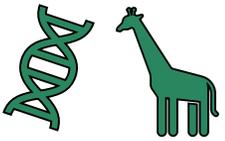
Populationsgenetischer Artbegriff

Lebewesen, deren Mitglieder sich unter natürlichen Bedingungen frei miteinander paaren und fruchtbare Nachkommen erzeugen, bilden eine Art.

Morphologischer Artbegriff

Lebewesen, die sich in vielen Körperbaumerkmalen oder Verhaltensweisen ähneln und dadurch von anderen unterscheiden, bilden eine Art.

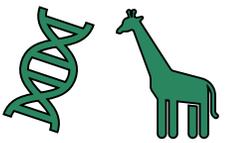
3.2 Mechanismen der Evolution (ca. 21 Std.)



Die Schülerinnen und Schüler ...

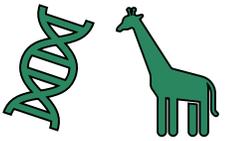
- leiten Selektionsvorteile des Menschen ab, die sich durch die v. a. sprachliche Weitergabe von erlerntem Verhalten und Wissen an andere und an nachfolgende Generationen ergeben und erklären so die Bedeutung der sozialen und kulturellen Evolution des Menschen und seine weltweite Verbreitung.
- **beschreiben, wie der Mensch seine Umwelt an seine Bedürfnisse aktiv anpasst, vergleichen dies mit den Mechanismen zur Entstehung von Angepasstheiten durch die natürliche Selektion und zeigen Grenzen und Gefahren eines menschlichen Eingriffs in natürliche Evolutionsprozesse auf.**
- kulturelle Evolution: Weitergabe von erlerntem Verhalten, Traditionsbildung, Werkzeuggebrauch, Sprachentwicklung, Informationsspeicherung
- **aktive Veränderungen der Umwelt durch den Menschen: z. B. Rodung, Ackerbau, Viehzucht**
- **Grenzen und Gefahren des Eingriffs in natürliche Evolutionsprozesse: z. B. Überzüchtung, Veränderung des Genpools, Sozialdarwinismus**

Überblick über die weiteren Lernbereiche in B12



Lernbereich		Stunden (ca.)	
		gA	eA
2	Genetik und Gentechnik	51	86
2.1	Speicherung und Realisierung genetischer Information	7	19
2.2	Regulation der Genaktivität	6	8
2.3	Vervielfältigung genetischer Information	4	9
2.4	Neukombination und Veränderung genetischer Information	16	22
2.5	Weitergabe genetischer Information	7	13
2.6	Genetik menschlicher Erkrankungen und DNA-Analytik	11	15
3	Evolution	18	30
3.1	Evolutionsforschung	7	9
3.2	Mechanismen der Evolution	11	21
4	Verhaltensökologie – Evolution und Anpasstheit von Verhalten	15	24

Lernbereich 4: Verhaltensökologie



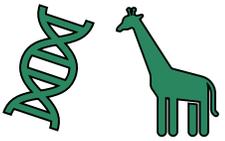
Die Schülerinnen und Schüler ...

- erklären das Auftreten verschiedener Verhaltensweisen, indem sie deren Einfluss auf die Gesamtfitness des Lebewesens beurteilen.
- wenden Methoden der verhaltensökologischen Forschung an, um Verhaltensweisen zum Überleben des Individuums bei Kooperation, Kommunikation, Aggression und Fortpflanzung zu analysieren und deren Bedeutung für die Weitergabe der genetischen Information zu erklären.

Keine beschreibende Verhaltensforschung und Unterscheidung genetisch bedingt/erworben (Jgst. 8)!

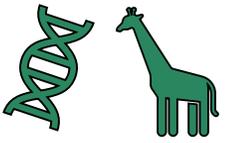
Leitgedanke ist den Einfluss auf die Gesamtfitness des Lebewesens zu beurteilen.

- adaptiver Wert von Verhalten; direkte und indirekte reproduktive Fitness
- verhaltensökologische Forschung: Kosten-Nutzen-Analyse, Optimalitätsmodell, ggf. vergleichende Methode
- Überleben des Individuums: energieeffizientes Verhalten, Nahrungserwerb, Habitatwahl, ggf. weitere
- Kooperation und Altruismus: bei Nahrungserwerb, Verteidigung, Jungenaufzucht, ggf. weitere



Die Schülerinnen und Schüler ...

- wenden Methoden der verhaltensökologischen Forschung an, um Verhaltensweisen zum Überleben des Individuums bei Kooperation, Kommunikation, Aggression und Fortpflanzung zu analysieren und deren Bedeutung für die Weitergabe der genetischen Information zu erklären.
 - analysieren das **Sozialverhalten der Primaten** im Hinblick auf **exogene und endogene Ursachen**, um ausgewählte menschliche Verhaltensweisen zu erklären. Dabei treten sie einseitig **biologistischen Erklärungsansätzen** kritisch gegenüber.
- Kommunikation: Sender-Empfänger-Modell, Signale, Signalfälschung
 - Aggression: Intensitätsstufen (Drohen, Kommentkampf, Beschädigungskampf), Aggressionskontrolle (Rangordnung, Territorialität, ggf. weitere)
 - Fortpflanzung: Partnerwahl (u. a. **Handicap-Prinzip**), Paarungssysteme (Monogamie, Polygamie), Elternaufwand (Brutpflege, **Eltern-Kind-Konflikt**)
 - Sozialverhalten von Primaten inkl. Mensch: **exogene und endogene Ursachen**, Fortpflanzungsverhalten, ggf. Kooperations-, Kommunikations-, Aggressionsverhalten



Evolution des Verhaltens: Tauben und Welse

Stand: Februar 2024

Jahrgangsstufe	12
Fach	Biologie
Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele	--
Zeitrahmen	30 min
Benötigtes Material	mebis-Kurs oder entsprechendes Arbeitsblatt

Kompetenzerwartungen

Die Schülerinnen und Schüler...

... wenden die synthetische Evolutionstheorie an, um die Entstehung der Biodiversität sowie die Entstehung von Arten als Zusammenspiel der Evolutionsfaktoren zu erklären. (12 LB 3.2)

... erklären wechselseitige Anpassungen zwischen interagierenden artfremden Lebewesen als Ergebnis einer Koevolution. (12 LB 3.2)

... erklären das Auftreten verschiedener Verhaltensweisen, indem sie deren Einfluss auf die Gesamtfitness des Lebewesens beurteilen. (12 LB 4)

Hinweise

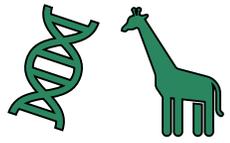
Die Aufgaben stehen auch als mebis-Kurs zur Verfügung.

Aufgabe 2:

In dem Textausschnitt kommt das folgende Zitat über die Welse in Albi vor: „Nach etwa 20 Jahren der Anpassung und Verbreitung in ihrem neuen Lebensraum, begannen die Welse Tauben zu fressen“.

Wählen Sie die Aussagen aus, die diese Erscheinung richtig durch einen evolutionären Vorgang erklären!

- Einige Welse lernten, dass sie Tauben fressen können. Diese Individuen jagten deshalb vermehrt Tauben und hatten damit ein besseres Nahrungsangebot als andere Welse. So entgingen sie der Konkurrenz der anderen Welse und konnten besser überleben und sich öfter fortpflanzen. Sie hatten viele Nachkommen, die dieses Verhalten auch zeigten.
- Einige Welse zeigten ein merkwürdiges angeborenes Verhalten. Sie jagten nicht nur sich bewegende Objekte im Wasser, sondern schnappten auch nach sich bewegenden Objekten an der Wasseroberfläche. Diese Individuen hatten mehr Nahrung zur Verfügung und konnten sich besser vermehren. Viele ihrer Nachkommen zeigten dieses Verhalten auch.
- Alle Welse zeigten das angeborene Verhalten, sich bewegende Objekte im Wasser zu jagen. Es gab aber auch Individuen, die neben diesem angeborenen Verhalten auch angeborenerweise die Möglichkeit haben zu lernen, Objekte an der Wasseroberfläche zu jagen. Diese Individuen hatten den Vorteil, dass sie viel mehr Beutetiere jagen konnten. Sie konnten so besser überleben und sich besser fortpflanzen. Sie hatten viele Nachkommen, die dieses Jagdverhalten auch erlernen konnten.



Aufgabe

Viele Vogel-Arten singen zur Zeit des Sonnenaufgangs in einem arttypischen Gesang. Um die Bedeutung dieses aufwändigen Verhaltens aufzuklären, wurde die Bedeutung des Kohlmeisengesangs auf Artgenossen untersucht (Material 1). Je nach Umweltbedingungen kann der Gesang von Kohlmeisen variieren (Material 2). Die plakative Schlagzeile „Vögel in Städten sind Langschläfer“ stützt sich auf eine Untersuchung an 22 männlichen Kohlmeisen aus den Niederlanden (Material 3). Die Aussagekraft dieser Untersuchung ist dabei allerdings umstritten.

1. Analysieren Sie die Befunde aus Material 1 mit Hilfe Ihrer Kenntnisse zu Aggressionskontrolle und dem Handicap-Prinzip bei der Partnerwahl.
2. Einflussfaktoren auf den Gesang von Kohlmeisen
 - 2.1. Formulieren Sie für die beiden Untersuchungen in Material 2 je eine Forschungsfrage, die sich mithilfe der erhobenen Daten beantworten lässt.
 - 2.2. Fassen Sie Ergebnisse der beiden Untersuchungen in Material 2 zusammen und entwickeln Sie je eine Hypothese, die die Befunde erklären könnte.
3. Singen Vögel in Städten früher als am Land?
 - 3.1. Begründen Sie, warum die Aussagekraft der Daten aus Material 3 umstritten sein könnte.
 - 3.2. Planen Sie ein Vorgehen, um die Aussagekraft der Daten zu erhöhen. Gehen Sie dabei auch darauf ein, welche Bedeutung Citizen Science-Projekte wie beispielsweise Dawn Chorus in Zukunft für die Forschung spielen könnten.
 - 3.3. Nutzen Sie das mitgelieferte Daten-Material aus dem Dawn Chorus-Projekt, um die Befunde an Kohlmeisen aus Material 3 zu stützen oder zu widerlegen. Untersuchen Sie die Daten darauf, ob die Aussage auch für andere Vogelarten gelten könnte.

Material 1:

In einem Experiment wurden Verhaltensänderungen von Kohlmeisen in freier Wildbahn nach Abspielen einer Klangattrappe getestet. Dabei spielten Lautsprecher den Gesang eines Männchens ab und die Reaktion des jeweiligen ansässigen Männchens wurde quantifiziert, in dem die Anzahl seiner Gesänge notiert wurde. Daraufhin wurde das Verhalten von 21 männlichen und 23 weiblichen Kohlmeisen in Abhängigkeit der Anzahl der Gesänge des Männchens untersucht. Dazu wurde per Radiotelemetrie gemessen, ob sich die Tiere der Klangquelle nähern (negative Werte) oder ob sie sich von der Klangquelle entfernen (positive Werte). Dabei ergaben sich folgende Befunde:

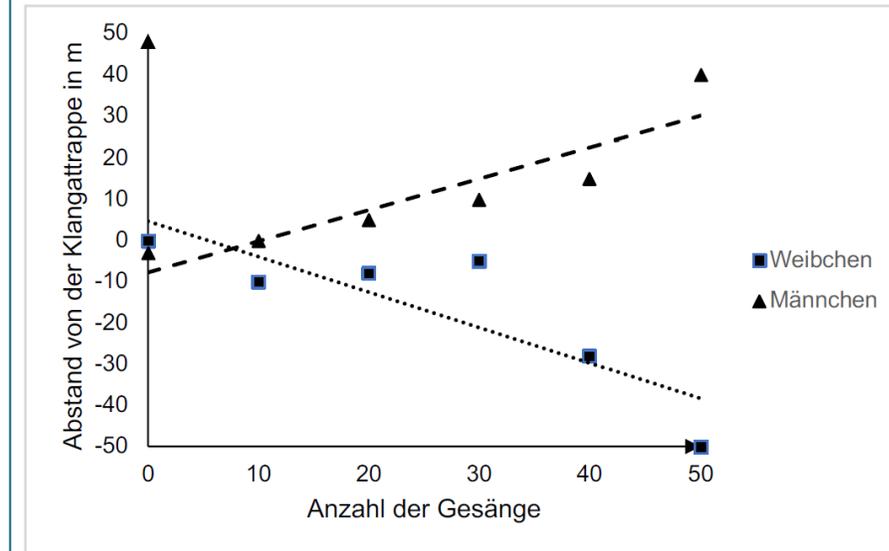
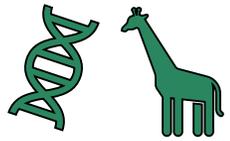


Abb. 1: Ergebnisse einer Untersuchung zum Abstand von der Klangattrappe in Abhängigkeit von der Anzahl der Gesänge des ansässigen Männchens als Reaktion auf die Klangattrappe (vereinfacht nach Snijders et al. 2017).



Aufgabe

Viele Vogel-Arten singen zur Zeit des Sonnenaufgangs in einem arttypischen Gesang. Um die Bedeutung dieses aufwändigen Verhaltens aufzuklären, wurde die Bedeutung des Kohlmeisengesangs auf Artgenossen untersucht (Material 1). Je nach Umweltbedingungen kann der Gesang von Kohlmeisen variieren (Material 2). Die plakative Schlagzeile „Vögel in Städten sind Langschläfer“ stützt sich auf eine Untersuchung an 22 männlichen Kohlmeisen aus den Niederlanden (Material 3). Die Aussagekraft dieser Untersuchung ist dabei allerdings umstritten.

1. Analysieren Sie die Befunde aus Material 1 mit Hilfe Ihrer Kenntnisse zu Aggressionskontrolle und dem Handicap-Prinzip bei der Partnerwahl.
2. Einflussfaktoren auf den Gesang von Kohlmeisen
 - 2.1. Formulieren Sie für die beiden Untersuchungen in Material 2 je eine Forschungsfrage, die sich mithilfe der erhobenen Daten beantworten lässt.
 - 2.2. Fassen Sie Ergebnisse der beiden Untersuchungen in Material 2 zusammen und entwickeln Sie je eine Hypothese, die die Befunde erklären könnte.
3. Singen Vögel in Städten früher als am Land?
 - 3.1. Begründen Sie, warum die Aussagekraft der Daten aus Material 3 umstritten sein könnte.
 - 3.2. Planen Sie ein Vorgehen, um die Aussagekraft der Daten zu erhöhen. Gehen Sie dabei auch darauf ein, welche Bedeutung Citizen Science-Projekte wie beispielsweise Dawn Chorus in Zukunft für die Forschung spielen könnten.
 - 3.3. Nutzen Sie das mitgelieferte Daten-Material aus dem Dawn Chorus-Projekt, um die Befunde an Kohlmeisen aus Material 3 zu stützen oder zu widerlegen. Untersuchen Sie die Daten darauf, ob die Aussage auch für andere Vogelarten gelten könnte.

Material 2:

Verschiedene Forschungsteams untersuchten den Einfluss von Umweltfaktoren auf den Gesang von Kohlmeisen.

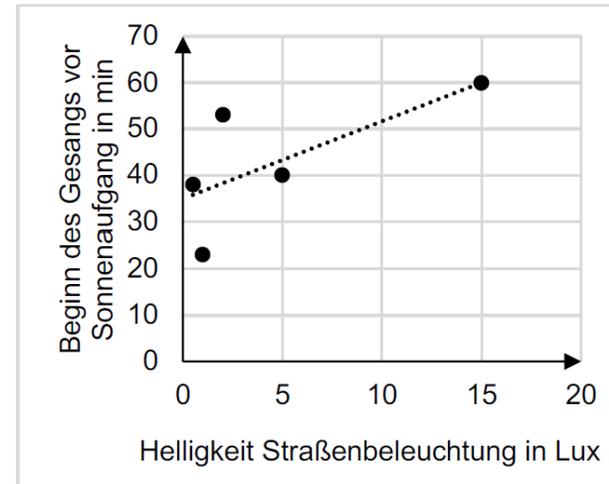


Abb. 2: Beginn des Vogelgesangs in Abhängigkeit von der Helligkeit der Straßenbeleuchtung (vereinfacht nach Da Silva A. et al, 2014)

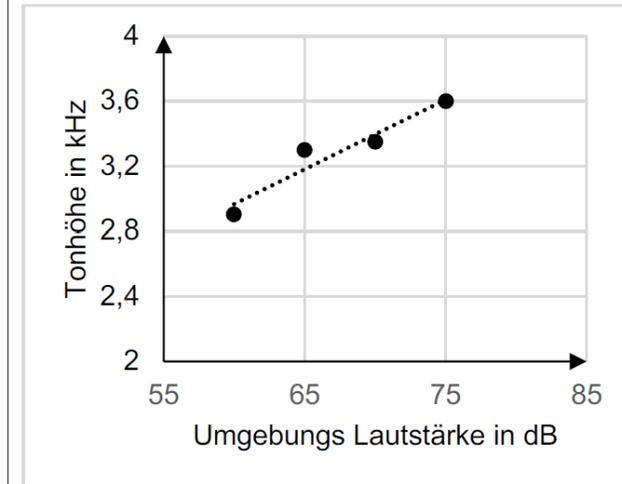


Abb. 3: Tonhöhe des Vogelgesangs in Abhängigkeit von der Lautstärke in der Umgebung (vereinfacht nach Salaberria & Gil., 2010)



Aufgabe

Viele Vogel-Arten singen zur Zeit des Sonnenaufgangs in einem arttypischen Gesang. Um die Bedeutung dieses aufwändigen Verhaltens aufzuklären, wurde die Bedeutung des Kohlmeisengesangs auf Artgenossen untersucht (Material 1). Je nach Umweltbedingungen kann der Gesang von Kohlmeisen variieren (Material 2). Die plakative Schlagzeile „Vögel in Städten sind Langschläfer“ stützt sich auf eine Untersuchung an 22 männlichen Kohlmeisen aus den Niederlanden (Material 3). Die Aussagekraft dieser Untersuchung ist dabei allerdings umstritten.

1. Analysieren Sie die Befunde aus Material 1 mit Hilfe Ihrer Kenntnisse zu Aggressionskontrolle und dem Handicap-Prinzip bei der Partnerwahl.
2. Einflussfaktoren auf den Gesang von Kohlmeisen
 - 2.1. Formulieren Sie für die beiden Untersuchungen in Material 2 je eine Forschungsfrage, die sich mithilfe der erhobenen Daten beantworten lässt.
 - 2.2. Fassen Sie Ergebnisse der beiden Untersuchungen in Material 2 zusammen und entwickeln Sie je eine Hypothese, die die Befunde erklären könnte.
3. Singen Vögel in Städten früher als am Land?
 - 3.1. Begründen Sie, warum die Aussagekraft der Daten aus Material 3 umstritten sein könnte.
 - 3.2. Planen Sie ein Vorgehen, um die Aussagekraft der Daten zu erhöhen. Gehen Sie dabei auch darauf ein, welche Bedeutung Citizen Science-Projekte wie beispielsweise Dawn Chorus in Zukunft für die Forschung spielen könnten.
 - 3.3. Nutzen Sie das mitgelieferte Daten-Material aus dem Dawn Chorus-Projekt, um die Befunde an Kohlmeisen aus Material 3 zu stützen oder zu widerlegen. Untersuchen Sie die Daten darauf, ob die Aussage auch für andere Vogelarten gelten könnte.

Material 3:

An verschiedenen Orten der Niederlande wurde an insgesamt 22 männlichen Kohlmeisen ermittelt, wann die Vögel morgens mit ihrem Gesang beginnen. Dabei ergab sich folgendes Bild:

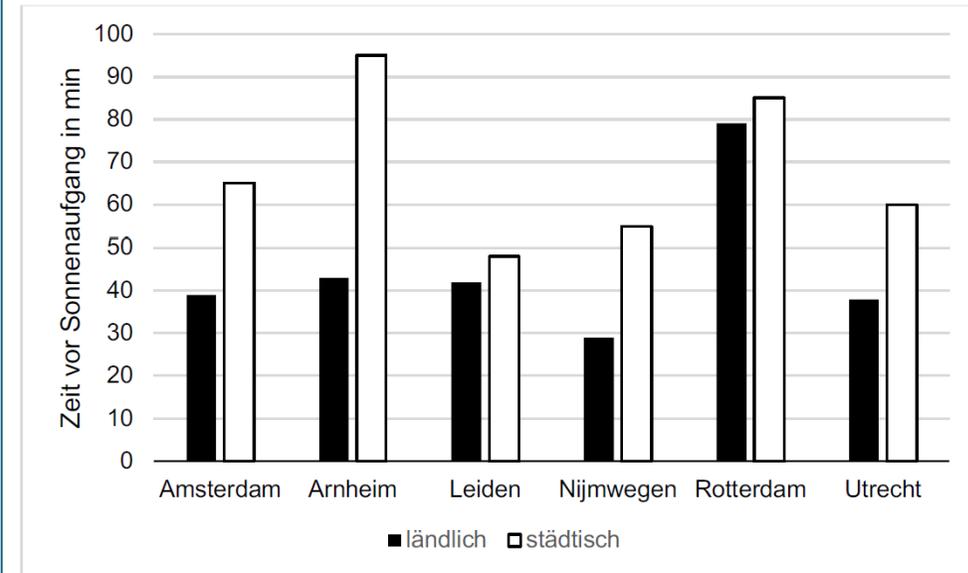
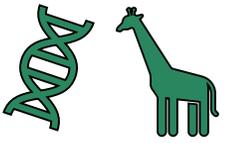
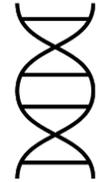
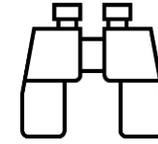


Abb. 4: Beginn des Vogelgesangs in verschiedenen Teilen der Niederlande (vereinfacht nach Bermúdez-Cuamatzin et al. 2020)



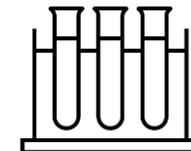
Jahrgangsstufe 12

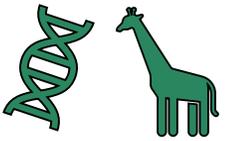
- Mikroskopie von Mitosephasen
- DNA-Analytik, genetischer Fingerabdruck, PCR
- Kreuzungsexperimente
- **Bestimmen von Tier- und Pflanzenarten**
- Beobachtung des Sozialverhaltens von Primaten



Jahrgangsstufe 13

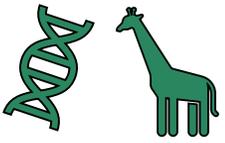
- Potentialmessungen
- optische sinnesphysiologische Phänomene
- **Chromatographie von Blattfarbstoffen**
- Mikroskopie von Blattanatomie (C3, C4)
- Messung von Absorptionsspektren
- Außenfaktoren der Photosynthese (z. B. Wasserpest)
- **Experimente zur Abhängigkeit der Enzymaktivität**
- Gärungsversuche mit Hefe / Pasteur-Effekt
- **Messung abiotischer Faktoren**
- qualitative und quantitative Zusammensetzung einer Biozönose erfassen
- **Ermittlung von Toleranzkurven**





- Viel Bekanntes bei den Inhalten, aber z.T. neue Herangehensweise (Funktion statt Systemebene in der Genetik) → Materialien müssen überarbeitet und ggf. neu erstellt werden
- Alle Inhalte des grundlegenden Anforderungsniveaus sind im erhöhten Anforderungsniveau enthalten → muss „nur“ erweitert werden
- Schulbücher sind eine gute Inspirationsquelle, müssen aber auf Anforderungen des LP überprüft werden: z.T. zu detailliert (vgl. z.B. Meselson-Stahl, CRISPR,...)
- LIS-System und Seite des IQB bieten immer wieder neue Anregungen
- Zeit im eA ist großzügig angelegt → hier Kompetenzen trainieren; Lerninhalte des LB 1 immer wieder „abstreichen“
- Abituraufgaben im neuen Stil regelmäßig trainieren und Klausurformate entsprechend neu erstellen; Korrektur der Abituraufgaben gemäß Lehrplanbegriffen und Unterricht

4. Ausblick: Abiturprüfungen



mündliche Abiturprüfung



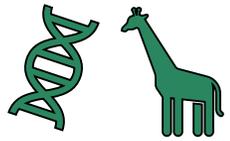
- Es gibt keine strukturellen Veränderungen zur bisherigen Prüfung.
- Sowohl im gA als auch im eA ist eine mündliche Prüfung möglich.
- Praktische Anteile sind in beiden Anforderungsniveaus möglich.
- Prüfung im eA haben komplexere Aufgabenstellungen (z. B. Material enthält Fachartikelauszüge)

schriftliche Abiturprüfung



- Vier Aufgaben werden gestellt. SuS wählen davon selbständig drei Aufgaben zur Bearbeitung aus.
- Jede Aufgabe hat 30 BE (gA) bzw. 40 BE (eA).
- Die Aufgaben sind materialgeleitet. Aufgabe und Material sind getrennt.
- Die Bearbeitungszeit beträgt 255 min (gA) bzw. 300 min (eA).

4. Ausblick: Abiturprüfungen



A 2 Anolis

Anolis, auch Saumfingerechsen genannt, sind kleine baumbewohnende Echsen, die zu den Leguanartigen zählen. Der Verbreitungsschwerpunkt der Gattung liegt in der Karibik. Hier werden die verschiedenen Inseln von über 100 verschiedenen Arten besiedelt.

- 1.1 Beurteilen Sie, ob sich anhand der Ähnlichkeit der einzelnen Ökomorphen von verschiedenen Inseln die Stammesgeschichte rekonstruieren lässt. Wählen Sie dazu mindestens zwei Arten als konkretes Beispiel. (M 1)
- 1.2 Definieren Sie den Begriff molekulare Homologie und ordnen Sie die Basensequenzen A, B und C den Arten *Anolis cuvieri*, *A. acutus* und *A. grahami* zu. (M 1)
- 2.1 Erklären Sie anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse das Verhalten des Anolis-Männchens und erklären Sie die Partnerwahl des Weibchens mithilfe des Handicap-Prinzips. (M 2)
- 2.2 Erklären Sie die Kommunikation zwischen männlichen und weiblichen Anolis auf Grundlage des Sender-Empfänger-Modells und entwickeln Sie eine Hypothese zur Entstehung der UV-reflektierenden Kehlfahne bei *Anolis conspersus*. (M 2)
- 3 Beschreiben Sie die in Material 3 gezeigten Untersuchungsergebnisse und beurteilen Sie, ob die Untersuchungsergebnisse geeignet sind, den evolutiven Erklärungsansatz von Lamarck zu stützen. Differenzieren Sie dabei aus heutiger Sicht zwischen naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Aspekten. (M 3)
- 4 Erläutern Sie die gute Eignung des Tyrosinase-Gens zur Erprobung eines molekularbiologischen Werkzeugs wie CRISPR-Cas9 und beurteilen Sie, ob es sich bei den Nachkommen eines gentechnisch modifizierten Anolis-Weibchens um Knock-Out-Organismen handeln könnte. (M 4)

BE

6

6

6

5

7

10

40

Material 2: Kehlfahne

Anolis sind kleine, wehrlose Echsen, die ins Nahrungsspektrum von zahlreichen Vögeln, Kleinsäugetern oder auch Schlangen passen. Durch gute Tarnung und unauffälliges Verhalten versuchen Anolis daher möglichst nicht entdeckt zu werden.

Männliche Anolis besitzen jedoch eine auffällige Kehlfahne (Abb. 4), die sie beim Anblick eines Weibchens mehrmals hintereinander aufstellen und wieder einklappen. Sind die Körper der Anolis meist in Braun- oder Grüntönen gehalten, so hebt sich die Farbe der Kehlfahne maximal vom Hintergrund ab. Anolisarten, die ein offenes Habitat bewohnen, besitzen oft rote Kehlfahnen, und Waldbewohner eher gelblich-weiße Kehlfahnen, die vor dem dunklen Hintergrund fast zu leuchten scheinen. Weibchen wählen als potenzielle Partner bevorzugt Männchen mit besonders großen und auffälligen Kehlfahnen.

Im Laufe der Evolution sind bei den Männchen von *Anolis conspersus*, einer mit *Anolis grahami* eng verwandten Art, Kehlfahnen entstanden, die für unsere Augen eher unauffällig dunkelblau gefärbt sind, jedoch stark ultraviolettes (UV-) Licht reflektieren. Wie alle anderen Echsen auch können Anolis Licht im UV-Bereich wahrnehmen.

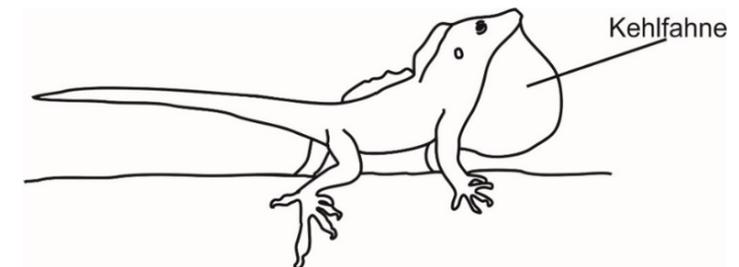
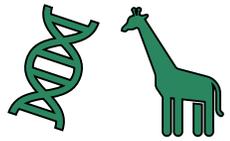


Abb. 4: männlicher Anolis mit aufgestellter Kehlfahne

4. Ausblick: Abiturprüfungen



A 2 Anolis

Anolis, auch Saumfingerechsen genannt, sind kleine baumbewohnende Echsen, die zu den Leguanartigen zählen. Der Verbreitungsschwerpunkt der Gattung liegt in der Karibik. Hier werden die verschiedenen Inseln von über 100 verschiedenen Arten besiedelt.

- 1.1** Beurteilen Sie, ob sich anhand der Ähnlichkeit der einzelnen Ökomorphen von verschiedenen Inseln die Stammesgeschichte rekonstruieren lässt. Wählen Sie dazu mindestens zwei Arten als konkretes Beispiel. (M 1)
- 1.2** Definieren Sie den Begriff molekulare Homologie und ordnen Sie die Basensequenzen A, B und C den Arten *Anolis cuvieri*, *A. acutus* und *A. grahami* zu. (M 1)
- 2.1** Erklären Sie anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse das Verhalten des Anolis-Männchens und erklären Sie die Partnerwahl des Weibchens mithilfe des Handicap-Prinzips. (M 2)
- 2.2** Erklären Sie die Kommunikation zwischen männlichen und weiblichen Anolis auf Grundlage des Sender-Empfänger-Modells und entwickeln Sie eine Hypothese zur Entstehung der UV-reflektierenden Kehlfahne bei *Anolis conspersus*. (M 2)
- 3** Beschreiben Sie die in Material 3 gezeigten Untersuchungsergebnisse und beurteilen Sie, ob die Untersuchungsergebnisse geeignet sind, den evolutiven Erklärungsansatz von Lamarck zu stützen. Differenzieren Sie dabei aus heutiger Sicht zwischen naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Aspekten. (M 3)
- 4** Erläutern Sie die gute Eignung des Tyrosinase-Gens zur Erprobung eines molekularbiologischen Werkzeugs wie CRISPR-Cas9 und beurteilen Sie, ob es sich bei den Nachkommen eines gentechnisch modifizierten Anolis-Weibchens um Knock-Out-Organismen handeln könnte. (M 4)

BE

6

6

6

5

7

10

40

Material 3: Hinterbeinlängen

In der Natur haben Anolis-Individuen, die auf breiten Ästen leben, längere Beine als diejenigen, die auf schmalen Ästen leben.

Forschende fragten sich, ob diese Anpasstheit auf natürlicher Selektion beruht oder ob sich die Beinlänge innerhalb der Individualentwicklung anpassen könne. Dazu wurde in einem Experiment eine Gruppe frisch geschlüpfter Anolis der Art *Anolis sagrei* auf zwei Terrarien aufgeteilt, von denen unter sonst gleichen Bedingungen das eine ausschließlich mit schmalen Ästen und das andere nur mit breiten Ästen bestückt wurde. Zu Beginn des Experiments sowie ein halbes Jahr später wurden jeweils die Hinterbeinlängen der Anolis in beiden Terrarien gemessen. Anhand der Messungen wurde die relative Zunahme der Hinterbeinlängen ermittelt (Abb. 5).

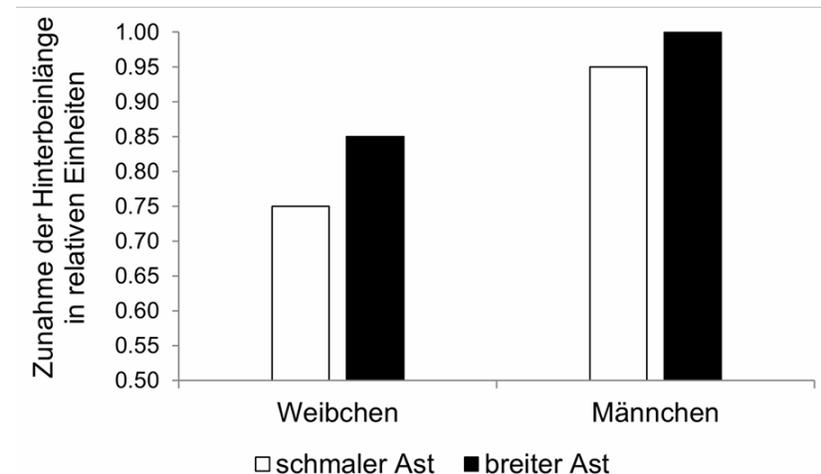


Abb. 5: Zunahme der Hinterbeinlänge von weiblichen und männlichen Anolis, die auf schmalen bzw. breiten Äste aufgezogen wurden²

4. Ausblick: Abiturprüfungen



A 2 Anolis

Anolis, auch Saumfingerechsen genannt, sind kleine baumbewohnende Echsen, die zu den Leguanartigen zählen. Der Verbreitungsschwerpunkt der Gattung liegt in der Karibik. Hier werden die verschiedenen Inseln von über 100 verschiedenen Arten besiedelt.

- | | |
|---|-----------|
| 1.1 Beurteilen Sie, ob sich anhand der Ähnlichkeit der einzelnen Ökomorphen von verschiedenen Inseln die Stammesgeschichte rekonstruieren lässt. Wählen Sie dazu mindestens zwei Arten als konkretes Beispiel. (M 1) | 6 |
| 1.2 Definieren Sie den Begriff molekulare Homologie und ordnen Sie die Basensequenzen A, B und C den Arten <i>Anolis cuvieri</i> , <i>A. acutus</i> und <i>A. grahami</i> zu. (M 1) | 6 |
| 2.1 Erklären Sie anhand einer Kosten-Nutzen-Analyse das Verhalten des Anolis-Männchens und erklären Sie die Partnerwahl des Weibchens mithilfe des Handicap-Prinzips. (M 2) | 6 |
| 2.2 Erklären Sie die Kommunikation zwischen männlichen und weiblichen Anolis auf Grundlage des Sender-Empfänger-Modells und entwickeln Sie eine Hypothese zur Entstehung der UV-reflektierenden Kehlfahne bei <i>Anolis conspersus</i> . (M 2) | 5 |
| 3 Beschreiben Sie die in Material 3 gezeigten Untersuchungsergebnisse und beurteilen Sie, ob die Untersuchungsergebnisse geeignet sind, den evolutiven Erklärungsansatz von Lamarck zu stützen. Differenzieren Sie dabei aus heutiger Sicht zwischen naturwissenschaftlichen und nicht-naturwissenschaftlichen Aspekten. (M 3) | 7 |
| 4 Erläutern Sie die gute Eignung des Tyrosinase-Gens zur Erprobung eines molekularbiologischen Werkzeugs wie CRISPR-Cas9 und beurteilen Sie, ob es sich bei den Nachkommen eines gentechnisch modifizierten Anolis-Weibchens um Knock-Out-Organismen handeln könnte. (M 4) | 10 |

BE

40

Material 4: CRISPR-Cas9

Das erste Reptil, das gentechnisch verändert wurde, war ebenfalls ein Anolis. In die unreifen Eizellen im Körper eines Anolis-Weibchens wurde das molekularbiologische Werkzeug CRISPR-Cas9 injiziert, um gezielt Mutationen im zweiten Exon des Gens für das Enzym Tyrosinase hervorzurufen. Dieses Enzym ist an der Synthese des braunen Farbstoffs Melanin beteiligt, der die Dunkelfärbung der Haut bewirkt. Im Folgenden sind der codogene Strang eines Abschnitts dieses Exons des Wildtyps sowie eine mutierte Variante des Wildtyps abgebildet:

Wildtyp:	3' –	GAC	CTT	CGG	CTC	CAC	AGG	–5'
Mutation:	3' –	GAC	CTT	CGG	ATC	CAC	AGG	–5'

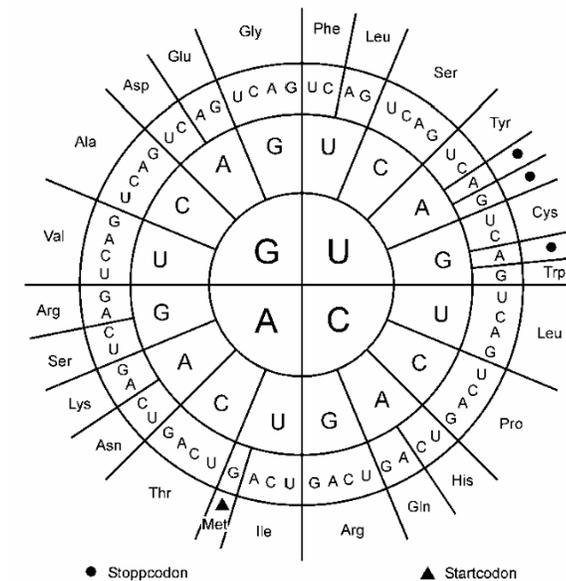
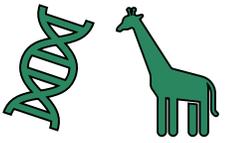


Abb. 6: Code-Sonne

4. Ausblick: Abiturprüfungen



1.1	Alle Anolisarten einer Insel näher verwandt als gleiche Ökomorphen, z. B. <i>A. cuvieri</i> näher mit <i>A. acutus</i> als mit <i>A. baleatus</i> ; jeweils neue Entstehung der verschiedenen Ökomorphen auf jeder Insel: ähnliche Entwicklung durch ähnliche Selektionsdrücke bzw. Besetzung vergleichbarer ökologischer Nischen.	6	3	Tiere auf breiten Ästen mit relativ höherem Wachstum der Hinterbeine als Tiere auf schmalen Ästen; Vergleichbar mit den Beobachtungen Lamarcks des Gebrauchs bzw. Nichtgebrauchs von Gliedmaßen und deren Weiterentwicklung bzw. Verkümmern; jedoch im Experiment kein Hinweis auf Vererbung ⇒ keine Unterstützung der Theorie; Wissenschaftlich: Experiment, Messwerte; Nicht-Wissenschaftlich: Drang nach Vervollkommen, reine Spekulation über Veränderung der Organe, kein Beleg für Vererbung.	7
1.2	Homologe Strukturen haben denselben Ursprung, können jedoch abgeleitet sein. Dies lässt sich auch auf Gene übertragen, die beim letzten gemeinsamen Vorfahren noch dieselbe Basensequenz hatten, die sich dann nach der Abspaltung durch Mutationen verändert hat. Je länger der letzte gemeinsame Vorfahre zurückliegt, desto unterschiedlicher können die Basensequenzen eines Gens sein. ⇒ <i>Anolis cuvieri</i> und <i>A. acutus</i> : A oder C <i>A. grahami</i> : B.	6	4	<p>Wildtyp: mRNA: 5' CUG GAA GCC GAG GUG UCC 3' AS-Sequenz: Leu – Glu – Ala – Glu – Val – Ser</p> <p>Mutation: mRNA: 5' CUG GAA GCC UAG GUG UCC 3' AS-Sequenz: Leu – Glu – Ala – Stopp-Codon;</p> <p>Unvollständige Translation ⇒ verkürzte Aminosäurekette ⇒ Enzym nicht funktionsfähig. Wahl des Tyrosinase-Gens: Mutation im Phänotyp gut sichtbar: helle Haut; Wahl des Exons: auch nach Prozessierung noch Auswirkung auf das Enzym; Knock-out-Organismus: vollständige Abschaltung eines Gens des Genoms; Auch hier passend, da Abschaltung des Tyrosinase-Gens gut erkennbar im Phänotyp.</p>	2
2.1	Kosten: Auffällig für Fressfeinde; Nutzen: Balz, Anlocken von Weibchen; Sexuelle Selektion: Überleben des Männchens trotz Auffälligkeit (Handicap-Prinzip) ⇒ auffällige Kehlfahne als Hinweis auf hohe Fitness ⇒ Bevorzugung von Männchen mit auffälligen Signalstrukturen durch die Weibchen.	6			
2.2	Männchen: Sender; Weibchen: Empfänger; Farbe der Kehlfahne dient als visuelles Signal der Arterkennung; UV-Reflektionen sind nur von anderen Echsen, v. a. Artgenossen erkennbar ⇒ Signal wird nicht von Raubtieren ohne Sehvermögen im UV-Bereich wahrgenommen.	5			



Zeit für Ihre Fragen

**Viel Freude bei Ihrem Unterricht
in der 12.Jahrgangsstufe!**