



Hamburg

Behörde für Schule,
Familie und Berufsbildung

Schriftliche Abiturprüfung Schuljahr 2025/2026

Biologie auf grundlegendem Anforderungsniveau an allgemeinbildenden und beruflichen gymnasialen Oberstufen

Haupttermin
Mittwoch, 22. April 2026, 09:00 Uhr

Unterlagen für die Lehrkräfte

Diese Unterlagen sind nicht für die Prüflinge bestimmt.

Diese Unterlagen enthalten:

1. Allgemeines
 2. Rückmeldebogen für die Zweidurchsicht
 3. Hinweise zu den Aufgaben
 4. Hinweise zum Korrekturverfahren
 5. Bewertung und Erwartungshorizont
-

1. Allgemeines¹

- Weisen Sie bitte die Prüflinge auf die allgemeinen Arbeitshinweise hin.
- Die Arbeitszeit beträgt **255 Minuten**.
- Eine gesonderte Lese- oder Auswahlzeit wird nicht gewährt.
- Hilfsmittel: Taschenrechner (nicht programmierbar, nicht grafikfähig), Zeichenhilfsmittel, Rechtschreibwörterbuch

¹ Entsprechend der „Richtlinie über die Gewährung von Erleichterungen für neu zugewanderte Schülerinnen, Schüler und Prüflinge bei Sprachschwierigkeiten in der deutschen Sprache“ (MBISchul Nr. 08, 7. Oktober 2016, S. 60) werden für die betroffenen Prüflinge die folgenden Erleichterungen gewährt:

- Die Bearbeitungszeit wird um 30 Minuten auf **285 Minuten** erhöht.
 - Ein nicht-elektronisches Wörterbuch Deutsch – Herkunftssprache / Herkunftssprache – Deutsch wird bereitgestellt.
-

2. Rückmeldebogen für die Zweيتدurchsicht

Bitte umgehend ausfüllen und

- a) an die Schule senden, die die externe Zweيتدurchsicht übernimmt,
oder ggf.
- b) an die Kollegin/den Kollegen geben, die/der die interne Zweيتدurchsicht übernimmt.

Information für die Zweيتدurchsicht

Fach:

Biologie

auf grundlegendem Anforderungsniveau

Kurs-Nummer: _____

Bearbeitet wurden die folgenden Aufgaben:

Aufgaben-Nr.		Anzahl	
I	von		Prüflingen
II	von		Prüflingen
III	von		Prüflingen
IV	von		Prüflingen

3. Hinweise zu den Aufgaben

- Die Lehrkraft erhält **vier** Aufgaben und reicht diese an die Prüflinge weiter.
- Die Prüflinge wählen **drei** Aufgaben aus und bearbeiten diese.
- Sie vermerken auf dem Deckblatt und der Reinschrift, welche Aufgaben sie bearbeitet haben.

4. Hinweise zum Korrekturverfahren

- Die Korrekturen werden gemäß der „Richtlinie für die Aufgabenstellung und Bewertung der Leistungen in der Abiturprüfung“ (Abiturrichtlinie) in der geltenden Fassung vorgenommen.
- Die für das Fach zuständige Lehrkraft begutachtet die Arbeiten unter Beachtung zentraler Bewertungsvorgaben und unter Kennzeichnung ihrer Vorzüge und Mängel, der richtigen Lösungen und der Fehler und bewertet jede Arbeit mit einer Punktzahl (siehe Erstkorrekturbogen). Entwürfe können ergänzend zur Bewertung herangezogen werden.
- Jede Arbeit wird sodann von der zweiten Fachlehrkraft durchgesehen, die sich entweder (auf dem Erstkorrekturbogen) der Bewertung durch die für das Fach zuständige Lehrkraft anschließt oder (auf dem Zweidurchsichtbogen) ein ergänzendes Gutachten mit Bewertung anfertigt.
- Die oder der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses legt die endgültige Punktzahl fest. Beträgt die Differenz der im Erstgutachten und im ergänzenden Gutachten erteilten Punktzahlen nicht mehr als drei Punkte, bildet sie oder er den Mittelwert beider Punktzahlen; eine gebrochene Zahl wird zur nächsten vollen Punktzahl aufgerundet. Beträgt die Differenz der im Erstgutachten und im ergänzenden Gutachten erteilten Punktzahlen mehr als drei Punkte, legt die oder der Vorsitzende des Fachprüfungsausschusses die endgültige Punktzahl in Auseinandersetzung mit den erstellten Gutachten entsprechend dem Erfordernis der Einheitlichkeit und Vergleichbarkeit der Bewertung der Prüfungsleistungen fest und begründet die Entscheidung auf dem Formular „Festlegung der Note bei einer Differenz der im Erstgutachten und im ergänzenden Gutachten erteilten Punktzahlen von mehr als drei Notenpunkten“.
- Die Bewertungsbögen sind als Download zu finden auf der Plattform Prüfungen (vormals HERA) in LMS.

5. Bewertung und Erwartungshorizont

I. Bewertung

Jeder Aufgabe sind 30 Bewertungseinheiten (BE) zugeordnet. In allen Teilaufgaben werden nur ganze oder halbe BE vergeben. Die erbrachte Gesamtleistung ergibt sich aus der Summe der Bewertungseinheiten in den drei Aufgaben. Insgesamt sind somit 90 BE erreichbar. Bei der Festlegung von Notenpunkten gilt die folgende Tabelle.

Notenpunkte	mindestens zu erreichender Anteil an den insgesamt zu erreichenden Bewertungseinheiten	erreichte Bewertungseinheiten
15	95 %	85,5 – 90
14	90 %	81 – 85
13	85 %	76,5 – 80,5
12	80 %	72 – 76
11	75 %	67,5 – 71,5
10	70 %	63 – 67
9	65 %	58,5 – 62,5
8	60 %	54 – 58
7	55 %	49,5 – 53,5
6	50 %	45 – 49
5	45 %	40,5 – 44,5
4	40 %	36 – 40
3	33 %	30 – 35,5
2	27 %	24,5 – 29,5
1	20 %	18 – 24
0	0 %	0 – 17,5

Schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit oder gegen die äußere Form führen zu einem Abzug von bis zu zwei Notenpunkten in einfacher Wertung. Mangelhafte Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen oder unzureichende oder falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text sind als fachliche Fehler zu werten. Ein Abzug für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit soll nicht erfolgen, wenn diese bereits Gegenstand der fachspezifischen Bewertungsvorgaben sind.

II. Erwartungshorizont

Bei den auf den folgenden Seiten dargestellten erwarteten Schülerleistungen handelt es sich um Lösungsskizzen. Oft sind aber Lösungsvarianten möglich, die in der Skizze nur zum Teil beschrieben werden konnten. Grundsätzlich gilt deshalb, dass alle Varianten, die zu richtigen Lösungen führen, mit voller Punktzahl bewertet werden, unabhängig davon, ob die gewählte Variante in der Lösungsskizze aufgeführt ist oder nicht. Kursiv gedruckte Passagen sind Hinweise an die korrigierenden Lehrkräfte. Sie sind nicht Bestandteile der erwarteten Schülerleistung.

Aufgabe I: Leuchtmoos

Schwerpunkt: Leben und Energie

	Lösungsskizze Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten. <u>Der Prüfling...</u>	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	Erläutern: - Der in den Primärreaktionen gebildete Stoff $\text{NADPH} + \text{H}^+$ wird in den Sekundärreaktionen für die Reduktionsphase benötigt. Während der Reduktion erfolgt die Regeneration des NADP^+ für die Primärreaktionen. - Der in den Primärreaktionen bereitgestellte Energieträger ATP wird sowohl in der Reduktionsphase als auch in der Regenerationsphase benötigt. Dabei wird ATP zu $\text{ADP} + \text{P}_i$ umgewandelt, die in den Primärreaktionen erneut genutzt werden können.	4	2	
b)	Auswerten: - Wenn jeweils die doppelte Lichtintensität einer Wellenlänge eingestrahlt wird, dann ist die O_2-Produktion etwa doppelt so groß. Wenn jedoch mit Licht beider Wellenlängen gleichzeitig belichtet wird, dann ergibt sich eine mehr als doppelt so hohe O_2-Produktion. - Die Untersuchungsergebnisse weisen darauf hin, dass die maximale Fotosyntheserate dann erreicht wird, wenn beide Fotosysteme gleichzeitig mit Licht bestrahlt werden, dessen Wellenlänge ihrem jeweiligen Absorptionsmaximum entspricht. Denn dann besteht eine höhere Auslastung der beiden Fotosysteme.	3	5	
c)	Erklären: - Das Linsenprotonema besteht aus Linsenzellen, die sich flächig zum einfallenden Licht anordnen, wodurch eine höhere Lichtabsorption möglich ist. - Bei den Linsenzellen werden die einfallenden Lichtstrahlen beim Übertritt von der Zellwand in die Vakuole so gebrochen, dass sie auf eine Ausbuchtung am Ende der kugelförmigen Zelle fallen, in der sich die Chloroplasten befinden. - Der Bau des Linsenprotonemas und der Linsenzellen ermöglicht eine effektive Ausnutzung der geringen Lichtintensität für die lichtabhängigen Reaktionen in den Chloroplasten und stellt eine Anpasstheit an dunkle Standorte dar.	3	5	
d)	Beurteilen: Maßnahme 1: - Die Pigmente in den Chloroplasten absorbieren Rotlicht. → kein reflektierter Lichtstrahl → kein Leuchteffekt → Ziel 1 nicht erreicht. - Mit dem Rotlicht steht dem Leuchtmoos eine Lichtquelle zur Verfügung, die für die Fotosynthese nutzbar ist. → Leuchtmoosbestand bleibt erhalten → Ziel 2 erreicht. Maßnahme 2: - Grünlicht wird von den Pigmenten in den Chloroplasten weitgehend reflektiert → grüner Leuchteffekt → Ziel 1 erreicht. - Dem Grünlicht fehlen die Wellenlängenbereiche, die von den meisten Pigmenten in den Chloroplasten absorbiert werden. → geringe Fotosyntheseleistung → Leuchtmoosbestand bleibt nicht erhalten → Ziel 2 nicht erreicht.		2	6

Insgesamt 30 BE	10	14	6
-----------------	----	----	---

Aufgabe II: Wirkungen von Neurotoxinen auf Synapsen

Schwerpunkt: Informationsverarbeitung in Lebewesen

	Lösungsskizze Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten. <u>Der Prüfling...</u>	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	Darstellen: Aktionspotenzial erreicht Endknöpfchen → Öffnung spannungsgesteuerter Calciumionenkanäle → Einstrom von Calciumionen in das Endknöpfchen → Verschmelzen von synaptischen Vesikeln mit der präsynaptischen Membran → Freisetzung eines in den Vesikeln enthaltenen Neurotransmitters in den synaptischen Spalt → Bindung des Neurotransmitters an Rezeptoren in der postsynaptischen Membran → Öffnung von Natriumionenkanälen → Einstrom von Natriumionen in die Postsynapse → Entstehung eines PSP	8		
b)	Zusammenfassen: - Nach elektrischer Reizung des präsynaptischen Neurons verursacht die Anwesenheit von ω-Agatoxin eine starke Verminderung des postsynaptischen Potenzials im Vergleich zur Kontrolle ohne Giftstoffeinwirkung. - Bei Zugabe des Neurotransmitters entsteht sowohl ohne Giftstoff als auch mit ω-Agatoxin jeweils das gleiche postsynaptische Potenzial.	3		
	Ableiten: - Die elektrische Reizung des präsynaptischen Neurons löst zunächst Prozesse an der Präsynapse und daraus folgend an der Postsynapse aus, die zu einem postsynaptischen Potenzial führen. Die Verminderung des PSP durch ω-Agatoxin lässt daher keine eindeutige Aussage darüber zu, ob der Giftstoff an der Präsynapse oder Postsynapse wirkt. - Wenn der Neurotransmitter direkt zugegeben wird, sind nur die Vorgänge an der Postsynapse für die Ausbildung des PSP erforderlich. Da ω-Agatoxin in diesem Versuch keine Auswirkungen hatte, zeigt sich, dass ω-Agatoxin nicht auf die Postsynapse, sondern auf die Präsynapse wirkt.		5	
c)	Ableiten: - Beide Giftstoffe wirken auf die spannungsgesteuerten Calciumionenkanäle in der Präsynapse und verursachen eine Reduktion der Calciumionenströme. - Bei einlaufenden Aktionspotenzialen führt der verminderte Calciumioneneinstrom zur Reduktion der Transmitterfreisetzung. Das resultierende postsynaptische Potenzial fällt daher geringer aus als bei der Kontrolle. - In der Folge wird am Axonhügel kein Aktionspotenzial oder eine geringere Frequenz von Aktionspotenzialen ausgelöst. Die Signalübertragung im Gehirn wird gestört oder unterbrochen. - Beide Giftstoffe wirken auf Zellen im Kleinhirn, das an der Bewegungssteuerung beteiligt ist. Die Störung der Signalübertragung könnte daher zu Lähmungen führen. - Weil ω-Agatoxin den Ionenstrom stärker reduziert als ω-Conotoxin, sind bei ω-Agatoxin stärkere Auswirkungen auf die Erregungsübertragung und somit auf den Organismus zu erwarten.		6	2

d)	Beurteilen: • Wenn die Giftstoffe an unterschiedliche Typen von Calciumionenkanälen binden, müssten sie unabhängig voneinander wirken. Die Untersuchungsergebnisse passen zur Hypothese, da die einzelne Zugabe der Giftstoffe zu unterschiedlich starken maximalen Effekten auf den Calciumionenstrom führte. • Zudem würden sich die Auswirkungen der beiden Giftstoffe auf den Ionenstrom addieren. Tatsächlich zeigte sich, dass unabhängig von der Reihenfolge der Giftstoffzugabe der Ionenstrom insgesamt auf etwa den gleichen Wert reduziert wurde. Auch die gleichzeitige Zugabe beider Giftstoffe bewirkte den gleichen resultierenden Ionenstrom. • Die Ergebnisse widerlegen demnach nicht die Hypothese, dass die beiden Giftstoffe an unterschiedliche Typen von Calciumionenkanälen binden.		2	4
Insgesamt 30 BE		11	13	6

Aufgabe III: Alpenschneehase und Feldhase

Schwerpunkt: Lebewesen in ihrer Umwelt

	Lösungsskizze Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten. <u>Der Prüfling...</u>	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	Beschreiben: - interspezifische Konkurrenz - durch gemeinsame Nahrungspräferenzen wie z. B. Gräser, Rinde oder Kräuter - durch Vorkommen an gleichen Orten wie z. B. auf halboffenen Flächen und dadurch Konkurrenz um Schlafplätze Erläutern: - weißes Haar des Alpenschneehasen ist von Oktober bis April luftgefüllt - Tarnung: Schutz vor Fressfeinden im Schnee - Aufrechterhaltung der Körpertemperatur: Verhinderung der Unterkühlung durch Minimierung von Wärmeverlusten durch gute Isolierfähigkeit der Haare in alpiner Zone bei Kälte - grau-braunes Haar des Feldhasen ist farbstoffgefüllt - Tarnung: Schutz vor Fressfeinden auf erdbraunen Flächen	4		
b)	Zusammenfassen: - die Jahresmitteltemperatur stieg im angegebenen Zeitraum von 30 Jahren um etwa 1 °C an, Zunahme der Jahresmitteltemperaturen erkennbar - die Anzahl an Tagen mit Frost ist im selben Zeitraum im Mittel von ca. 230 auf ca. 190 Tage im Jahr zurückgegangen Ableiten: - Fellwechsel findet in Abhängigkeit von der Tageslänge und nicht in Abhängigkeit von der Temperatur statt → Abnahme der mit Schnee bedeckten Tage im Jahr → Wegfall der Tarnung, weißer Hase auf braunem oder grünem Untergrund leichter für Fressfeinde zu entdecken	4		
c)	Auswerten: Vorkommen zweier Hasenarten in Bezug auf die Höhe - Alpenschneehase kommt in höheren Lagen vor als der Feldhase - nur geringe Überschneidung der beiden Arten im Bereich von ca. 1.850 m - Schlussfolgerung: Nur sehr kleiner Bereich, in dem Hybridisierungen stattfinden könnten Hypothesen aufstellen: - Hypothese 1: Alpenschneehase verschwindet aus dem Habitat - Feldhasen dringen aufgrund zu erwartender weiterer Veränderungen abiotischer Faktoren, wie z. B. steigender Temperaturen und weniger Schnee, in die Höhenlage des Alpenschneehasen vor. Dies geschieht schneller, als die Population des Alpenschneehasen ausweichen kann. Feldhasen sind mit ihrer Fellfarbe besser an die veränderten Umweltbedingungen angepasst. → Das Vorkommen von Alpenschneehasen verschiebt sich in immer höher gelegene Gebiete, bis das Habitat zu klein ist.	2	2	
			4	4

	• Hypothese 2: Hybridisierung, Auflösung der Artgrenze des Alpenschneehasen zum Feldhasen ○ Alpenschneehase und Feldhase sind nicht vollständig reproduktiv voneinander isoliert. → Durch vermehrte Begegnungen wegen des Vorkommens in gleichen Höhenregionen wäre die Hybridbildung wahrscheinlicher.			
Insgesamt 30 BE		12	14	4

Aufgabe IV: Pavianartige – Evolution und Sozialverhalten

Schwerpunkt: Evolution als Ursache von Biodiversität

	Lösungsskizze Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten. <u>Der Prüfling...</u>	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	Angeben: - Nach dem populationsgenetischen Artbegriff werden alle diejenigen Individuen zu einer Art zusammengefasst, die zu einem von anderen Populationen deutlich abgegrenzten Genpool gehören. Erklären: - sachlogische Darstellung eines allopatrischen Artbildungsmechanismus durch geografische Isolation zwischen zwei Teilen einer Ausgangspopulation und Entstehung einer reproduktiven Barriere durch unabhängige zufällige Mutation, Rekombination und Selektion; ggf. auch Argumentation über Gendrift möglich - Der Anstieg des Flusses Sanaga ist als Ursache für die geografische Isolation der beiden Teile der Ausgangspopulation anzusehen.	1 4	3	
b)	Begründen: - Argumentation ausschließlich über abgeleitete Merkmale, d. h. veränderte Nukleotide, nicht über Gesamtzahl der Übereinstimmungen oder Unterschiede Begründung für Stammart der vier Pavianarten: - Positionen 6, 8, 108 (jeweils Mutation C→T) sowie 114 (A→C) sind gemeinsame abgeleitete Merkmale aller vier Arten; weitere Übereinstimmungen sind identisch mit der Außengruppe (Makaken) und damit ursprünglich Begründung für Schwesterartenverhältnis von Pavian und Djelada: - Positionen 95 (C→T) und 112 (G→A) sind gemeinsame abgeleitete Merkmale von Pavian und Djelada; weitere Übereinstimmungen sind ursprünglich	2 2	3 3	
c)	Erläutern: reproduktive Fitness als Maß für Nachkommenzahl; hohe reproduktive Fitness erhöht die Häufigkeit der eigenen Allele in der Folgegeneration der Population	3		
d)	Begründen: - Djelada: hohe Körpergröße und große Eckzähne: große physisch wehrhafte Männchen zur Verteidigung gegen andere Männchen und Kontrolle der Weibchen → Selektion auf Stärke; Selektion auf relativ kleine Hoden. Diese reichen zur Begattung der Weibchen im Harem aus; keine anderen Männchen anwesend - Pavian: relativ große Hoden → sehr viele Spermienzellen → viele Begattungen und höhere Wahrscheinlichkeit, dass die eigenen Spermienzellen bei Mehrfachbegattung zur Befruchtung kommen → Selektion auf Anzahl der Spermienzellen; Körpergröße und große Eckzähne weniger bedeutend, da Weibchengruppe nicht kontrolliert werden muss		5	4
Insgesamt 30 BE		12	14	4



Hamburg

Behörde für Schule,
Familie und Berufsbildung

Name / Kurs-Nr.

Schriftliche Abiturprüfung Schuljahr 2025/2026

Biologie auf grundlegendem Anforderungsniveau an allgemeinbildenden und beruflichen gymnasialen Oberstufen

Haupttermin
Mittwoch, 22. April 2026, 09:00 Uhr

Unterlagen für die Prüflinge

Allgemeine Arbeitshinweise

- Überprüfen Sie diese Unterlagen auf Vollständigkeit.
- Schreiben Sie auf alle Prüfungsunterlagen Ihren Namen und zusätzlich auf dieses Deckblatt Ihre Kursnummer.
- Kennzeichnen Sie Ihre Entwurfsblätter (Kladde) und Ihre Reinschrift.

Fachspezifische Arbeitshinweise¹

- Die Arbeitszeit beträgt **255 Minuten**.
- Eine gesonderte Lese- oder Auswahlzeit wird nicht gewährt.
- Hilfsmittel: Zeichenhilfsmittel, Rechtschreibwörterbuch

Aufgabenauswahl

- Sie erhalten **vier** Aufgaben zu unterschiedlichen Schwerpunkten.
- Wählen Sie **drei** Aufgaben aus und bearbeiten Sie diese.
- Vermerken Sie auch auf der Reinschrift, welche Aufgaben Sie bearbeitet haben.

Bearbeitet wurden die folgenden Aufgaben (Bitte kreuzen Sie an):

I	Leben und Energie	
II	Informationsverarbeitung in Lebewesen	
III	Lebewesen in ihrer Umwelt	
IV	Evolution als Ursache von Biodiversität	

¹ Entsprechend der „Richtlinie über die Gewährung von Erleichterungen für neu zugewanderte Schülerinnen, Schüler und Prüflinge bei Sprachschwierigkeiten in der deutschen Sprache“ (MBISchul Nr. 08, 7. Oktober 2016, S. 60) werden für die betroffenen Prüflinge die folgenden Erleichterungen gewährt:

- Die Bearbeitungszeit wird um 30 Minuten auf **285 Minuten** erhöht.
- Ein nicht-elektronisches Wörterbuch Deutsch – Herkunftssprache / Herkunftssprache – Deutsch wird bereitgestellt.

Bewertung

Jeder Aufgabe sind 30 Bewertungseinheiten (BE) zugeordnet. In allen Teilaufgaben werden nur ganze oder halbe BE vergeben. Die erbrachte Gesamtleistung ergibt sich aus der Summe der Bewertungseinheiten in den drei Aufgaben. Insgesamt sind somit 90 BE erreichbar. Bei der Festlegung von Notenpunkten gilt die folgende Tabelle.

Notenpunkte	mindestens zu erreichender Anteil an den insgesamt zu erreichenden Bewertungseinheiten	erreichte Bewertungseinheiten
15	95 %	85,5 – 90
14	90 %	81 – 85
13	85 %	76,5 – 80,5
12	80 %	72 – 76
11	75 %	67,5 – 71,5
10	70 %	63 – 67
9	65 %	58,5 – 62,5
8	60 %	54 – 58
7	55 %	49,5 – 53,5
6	50 %	45 – 49
5	45 %	40,5 – 44,5
4	40 %	36 – 40
3	33 %	30 – 35,5
2	27 %	24,5 – 29,5
1	20 %	18 – 24
0	0 %	0 – 17,5

Schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit oder gegen die äußere Form führen zu einem Abzug von bis zu zwei Notenpunkten in einfacher Wertung. Mangelhafte Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen oder unzureichende oder falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text sind als fachliche Fehler zu werten. Ein Abzug für Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit soll nicht erfolgen, wenn diese bereits Gegenstand der fachspezifischen Bewertungsvorgaben sind.

Aufgabe I: Leuchtmoos

30 BE

Schwerpunkt: Leben und Energie

Das Leuchtmoos (*Schistostega pennata*) kommt an Standorten mit geringer Lichtintensität vor. Es besitzt Anpassungen auf molekularer und zellulärer Ebene, die es ihm ermöglichen, ausreichend Lichtenergie aufzunehmen und für die Fotosynthese nutzbar zu machen.

Teilaufgaben

- | | | |
|-----|--|---|
| I.a | Erläutern Sie den stofflichen und energetischen Zusammenhang zwischen Primär- und Sekundärreaktionen der Fotosynthese. | 6 |
| I.b | Werten Sie die in Abbildung 1 dargestellten Untersuchungsergebnisse aus (M 1). | 8 |
| I.c | Erklären Sie am Zusammenhang von Bau und Funktion des Linsenprotonemas sowie der Linsenzellen die Anpassung des Leuchtmooses an seinen Lebensraum (M 2). | 8 |
| I.d | Beurteilen Sie, ob die in Material 3 beschriebenen Ziele mit den beiden vorgeschlagenen Maßnahmen jeweils erreicht werden können (M 2, M 3). | 8 |

Anlage zur Aufgabe I: Leuchtmoos

Material 1 Untersuchung der lichtabhängigen Reaktionen der Fotosynthese

In den Thylakoidmembranen der Chloroplasten sind Chlorophyllmoleküle an verschiedene Proteine gebunden, sodass sogenannte Fotosysteme vorliegen. Es gibt zwei unterschiedliche Typen von Fotosystemen. Das Fotosystem I besitzt ein Absorptionsmaximum bei 700 nm, das Fotosystem II bei 680 nm.

In einem Experiment wurden die lichtabhängigen Reaktionen der Fotosynthese in Abhängigkeit von der Wellenlänge des eingestrahlten Lichts untersucht. Dazu wurden in drei Versuchsansätzen isolierte Chloroplasten entweder von einer Lampe oder von zwei Lampen bestrahlt. Die Lampen senden Licht mit der Wellenlänge 680 nm oder 700 nm aus. Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde die Intensität der Lichtquellen so eingestellt, dass bei Bestrahlung mit nur einer Lampe unabhängig von der Wellenlänge gleich viel Sauerstoff produziert wurde (Abb. 1).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Sauerstoffproduktion von isolierten Chloroplasten bei Belichtung mit unterschiedlichen Wellenlängen

Material 2 Besonderheiten des Leuchtmooses

Das Leuchtmoos (*Schistostega pennata*) wächst im hinteren Bereich von Höhleneingängen. Wie für Moose typisch, geht der ausgewachsenen Leuchtmoospflanze eine Vorstufe voraus, die als Protonemafaden bezeichnet wird (Abb. 2, links).

An Standorten mit geringem Lichtangebot bildet der Protonemafaden verstärkt charakteristisch geformte Linsenzellen aus, die das Linsenprotonema bilden (Abb. 2). Aufgrund des durch die Linsenzellen reflektierten Lichts entsteht ein charakteristischer Leuchteffekt, der als schwaches grünes Funkeln und Schimmern beschrieben wird. Dieser Effekt ist namensgebend für das Leuchtmoos.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2: links: Protonemafaden mit Linsenprotonema, rechts: Aufbau einer Linsenzelle mit schematisch vereinfacht dargestelltem Strahlengang des einfallenden Lichts

Material 3 Touristische Nutzung von Höhlen

Höhlen werden zunehmend für den Tourismus genutzt und umgestaltet. Die Betreiberfirma einer touristisch erschlossenen Höhle will Leuchtmoose nutzen, um die Höhle für Besucherinnen und Besucher attraktiver zu gestalten. Dabei wird die Höhle von äußeren Lichteinflüssen abgeschirmt und es kommt eine künstliche Beleuchtung zum Einsatz. Sowohl das Schimmern und Funkeln des Leuchtmooses als auch der Leuchtmoosbestand sollen erhalten bleiben. Zum Erreichen der beiden Ziele werden unabhängig voneinander die beiden folgenden Maßnahmen vorgeschlagen:

- Maßnahme 1: Es werden Lampen mit einer geringen Beleuchtungsstärke, die ausschließlich rotes Licht aussenden, auf das Leuchtmoos gerichtet.
- Maßnahme 2: Es werden Lampen mit einer geringen Beleuchtungsstärke, die ausschließlich grünes Licht aussenden, auf das Leuchtmoos gerichtet.

Literatur- und Quellenverzeichnis zu Aufgabe I

Material 1

In Anlehnung an: Helmich, U. (2020) Lichtreaktion, Emerson-Effekt. <https://u-helmich.de/bio/stoffwechsel/reihe4/reihe42/422-Emersoneffekt.html> [abgerufen am: 18.01.2025]

Material 2

In Anlehnung an: Rauh, W. (1953). Zwei interessante einheimische Moose, in: Kosmos, Heft 9 (September 1953), Franck'sche Verlagshandlung Stuttgart, S. 395

Material 3

Neu erstellt nach Ton- und Lichtshow Origin. (o. D.). Grotte De Han. <https://grotte-de-han.be/de/tropfsteinhohle/origin> [abgerufen am: 18.01.2025]

Aufgabe II: Wirkungen von Neurotoxinen auf Synapsen

30 BE

Schwerpunkt: Informationsverarbeitung in Lebewesen

Natürlich vorkommende Neurotoxine finden sich bei verschiedenen Lebewesen. Diese Giftstoffe werden zur Jagd auf Beutetiere oder zur Abwehr von Fressfeinden eingesetzt. Untersuchungen zur Wirkweise dieser Giftstoffe können Aufschluss über die Funktionsweise von Ionenkanälen und Synapsen geben.

Teilaufgaben

- II.a Stellen Sie die Erregungsübertragung an einer erregenden chemischen Synapse ausgehend von einem ankommenden Aktionspotenzial als Fließschema dar. 8
- II.b Fassen Sie die in den Abbildungen 1 und 2 dargestellten Ergebnisse zusammen (M 1). Leiten Sie anhand der in den Abbildungen 1 und 2 dargestellten Ergebnisse ab, ob ω -Agatoxin an der Präsynapse oder an der Postsynapse wirkt (M 1). 8
- II.c Leiten Sie auf Basis von Abbildung 3 für beide Toxine die Wirkung auf die Erregungsübertragung an der Synapse sowie die Auswirkungen auf den Organismus ab (M 2). 8
- II.d Beurteilen Sie, ob die in Material 2 dargestellte Hypothese mit den in Abbildung 4 gezeigten Ergebnissen widerlegt werden kann (M 2). 6

Anlage zur Aufgabe II: Wirkungen von Neurotoxinen auf Synapsen

Material 1 Die Wirkung von ω -Agatoxin auf Insekten

Zahlreiche Lebewesen produzieren Giftstoffe mit neurophysiologischer Wirkung, die für die Jagd auf Beutetiere genutzt werden. Dazu gehören auch die Spinnenart *Agelenopsis aperta* und Kegelschnecken der Gattung *Conus*.

A. aperta produziert unter anderem den Giftstoff Omega-Agatoxin, kurz ω -Agatoxin. Um den Wirkort von ω -Agatoxin an der Synapse zu untersuchen, wurden in einem Experiment Muskelzellen von Insekten verwendet. Dazu wurde das postsynaptische Potenzial ohne ω -Agatoxin und in Anwesenheit von ω -Agatoxin gemessen. Die Messung erfolgte jeweils nach elektrischer Reizung des präsynaptischen Neurons (Abb. 1).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Postsynaptisches Potenzial an Muskelzellen von Insekten nach elektrischer Reizung des präsynaptischen Neurons. A ohne ω -Agatoxin, B mit ω -Agatoxin

In einem weiteren Experiment wurde das postsynaptische Potenzial nach Zugabe des Neurotransmitters ohne elektrische Reizung des Neurons gemessen (Abb. 2).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2: Postsynaptisches Potenzial an Muskelzellen von Insekten nach Zugabe des Neurotransmitters. A ohne ω -Agatoxin, B mit ω -Agatoxin

Material 2 Wirkungen von Giftstoffen auf Gehirnzellen von Ratten

Viele Giftstoffe wirken auch auf Neurone im Gehirn von Säugetieren. Zur Untersuchung solcher Wirkungen wurden Neuronen aus dem Kleinhirn von Ratten verwendet. Das Kleinhirn ist an der Steuerung von Muskelbewegungen beteiligt.

In einem ersten Experiment wurde zu diesen Neuronen entweder der Giftstoff ω -Agatoxin aus *A. aperta* oder der Giftstoff ω -Conotoxin aus Kegelschnecken gegeben. Bei diesem und im folgenden Experiment wurde jeweils eine Giftstoff-Konzentration eingesetzt, die eine maximale Wirkung auf den Calcium-Ionenstrom verursachte. Nach elektrischer Reizung wurden die präsynaptischen Calcium-Ionenströme gemessen und mit einer Kontrolle ohne Gifteinwirkung verglichen (Abb. 3).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 3: Relativer Calcium-Ionenstrom ohne Giftstoff und bei Anwesenheit von ω -Agatoxin oder ω -Conotoxin

Eine Synapse kann verschiedene Typen von spannungsgesteuerten Calciumionen-Kanälen besitzen, die sich in ihren neurophysiologischen Eigenschaften und ihren Reaktionen auf Giftstoffe unterscheiden. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass ω -Agatoxin und ω -Conotoxin auf unterschiedliche Typen von spannungsgesteuerten Calciumionen-Kanälen wirken.

Um diese Hypothese zu überprüfen, wurden in einem zweiten Experiment Neuronen aus dem Gehirn der Ratte elektrisch gereizt und anschließend wieder der Calcium-Ionenstrom gemessen. Dabei wurde die Wirkung von drei verschiedenen Kombinationen der Giftstoffe untersucht. Bei den Kombinationen I und II wurde jeweils zunächst ein Giftstoff zugegeben und der Calcium-Ionenstrom gemessen (1. Gabe). Danach wurde zusätzlich jeweils der andere Giftstoff zugeben und erneut gemessen

(2. Gabe). Bei Kombination III wurden beide Giftstoffe gleichzeitig zugegeben. Als Kontrolle wurde der Calcium-Ionenstrom an Neuronen ohne Giftstoff-Einwirkung gemessen (Abb. 4).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 4: Relativer Calcium-Ionenstrom ohne Giftstoff und bei unterschiedlichen Giftstoff-Kombinationen

Literatur- und Quellenverzeichnis zu Aufgabe II

Material 1

In Anlehnung an: Adams, M. E. (2004). Agatoxins: ion channel specific toxins from the american funnel web spider, *Agelenopsis aperta*. *Toxicon*, 43(5), 509–525.
<https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2004.02.004>

Material 2

In Anlehnung an: Mintz, I. M. et al. (1995). Calcium control of transmitter release at a cerebellar synapse. *Neuron*, 15(3), 675–688. [https://doi.org/10.1016/0896-6273\(95\)90155-8](https://doi.org/10.1016/0896-6273(95)90155-8)

Aufgabe III: Alpenschneehase und Feldhase

30 BE

Schwerpunkt: Lebewesen in ihrer Umwelt

Der Alpenschneehase (*Lepus timidus varronis*) kommt in hochgelegenen Gebieten der europäischen Alpen vor. Die Population des Alpenschneehasen ist aus einer Population von Feldhasen (*Lepus europaeus*) nach der letzten Eiszeit entstanden.

Teilaufgaben

- III.a Beschreiben Sie anhand von zwei Aspekten die interspezifische Konkurrenz zwischen den beiden Hasenarten (M 1).
Erläutern Sie anhand der jeweiligen Eigenschaften der Haare die Anpasstheit der jeweiligen Hasenarten an ihren Lebensraum (M 1, M 2).
11
- III.b Fassen Sie die in Abbildung 2 dargestellten Untersuchungsergebnisse zusammen (M 3).
Leiten Sie eine mögliche Folge für den Alpenschneehasen ab (M 1, M 3).
7
- III.c Werten Sie Abbildung 3 aus (M 4).
Stellen Sie unter Berücksichtigung von Abbildung 3 zwei Hypothesen zur Entwicklung der Population des Alpenschneehasen in den nächsten Jahrzehnten auf (M 1 bis M 4).
12

Anlage zur Aufgabe III: Alpenschneehase und Feldhase

Material 1 Alpenschneehase und Feldhase

Aufgrund ihrer stammesgeschichtlichen Verwandtschaft haben Alpenschneehase und Feldhase einige Gemeinsamkeiten, unterscheiden sich aber auch in ihren Ansprüchen an ihre Umwelt. In Tabelle 1 sind ausgewählte Informationen dazu angegeben.

	Alpenschneehase	Feldhase
Verbreitung	in Alpenregionen in Europa, in halboffenen Bereichen an der Baumgrenze mit niedrigem Strauchbewuchs	in ganz Europa, auf offenen und halboffenen Flächen
Klima im Lebensraum	vorwiegend in alpinem Gebirgsklima mit einer Jahresmitteltemperatur von ca. 4 °C	vorwiegend in gemäßigtem Klima mit einer Jahresmitteltemperatur von ca. 10 °C
Schnee im Lebensraum	schneebedeckte Flächen in der Regel von Oktober bis Mai	schneebedeckte Flächen nur an wenigen Tagen im Jahr
Nahrung	Gräser, Rinde, Kräuter, Knospen, Blätter	Gräser, Rinde, Kräuter, Knospen, Blätter, Feldfrüchte
Fell	von Oktober bis April weiß und von Mai bis September grau-braun (vgl. Abb. 1), Zeitpunkt des Fellwechsels richtet sich nach der Tageslänge	über das gesamte Jahr braun oder grau (vgl. Abb. 1), kein Fellwechsel
Lebensweise	vorwiegend dämmerungs- und nachtaktiv, schläft tagsüber in flachen Mulden	vorwiegend nachtaktiv, schläft tagsüber in flachen Mulden
Fortpflanzung	zwei bis drei Würfe mit zwei bis drei Junghasen pro Jahr, in Höhlenbauten in Pulverschneebereichen und Felsspalten	drei bis vier Würfe mit einem bis fünf Junghasen pro Jahr, in flachen Erdmulden
natürliche Feinde	Fuchs, Greifvögel, Rabenvögel	Fuchs, Greifvögel, Rabenvögel

Tab. 1: Ausgewählte Informationen zum Alpenschneehasen und Feldhasen

Material 2 Struktur von Hasenhaaren

Die Temperaturregulation erfolgt bei Lebewesen unter anderem über die Wärmeabgabe an die Umgebung. Diese wird bei Hasen durch die Beschaffenheit des Fells beeinflusst. In Abbildung 1 ist die typische Haarstruktur des weißen und braunen Fells schematisch dargestellt. Die Isolierfähigkeit eines luftgefüllten, weißen Haares ist dabei besser als die eines mit braunem Farbstoff gefüllten Haares.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Haarstrukturen bei weißem und braunem Fell

Material 3 Temperaturverlauf und Schneeaufkommen in San Bernardino

San Bernardino ist ein Ort in der Region Graubünden in der Schweiz. Hier befindet sich ein Verbreitungsgebiet des Alpenschneehasen. In den letzten 30 Jahren wurden Klimadaten zur Jahresmitteltemperatur und dem Auftreten von Frosttagen erfasst (Abb. 2). San Bernardino ist eine sehr niederschlagsreiche Region. Es kann davon ausgegangen werden, dass es nach Schneefall an den Frosttagen eine geschlossene Schneedecke gibt.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2: Jahresmitteltemperatur und Anzahl an Tagen mit Frost in San Bernardino, Schweiz

Material 4 Untersuchungen zum gemeinsamen Vorkommen

Die Region Graubünden in der Schweiz hat ihre höchste Erhebung bei über 4.000 m und ihr tiefstes Tal bei ca. 250 m über dem Meeresspiegel. Die Analyse von Jagddaten aus dieser Region lässt Rückschlüsse auf das Vorkommen von Alpenschneehase und Feldhase in der Region Graubünden zu (Abb. 3). Im Vergleich der letzten drei Jahrzehnte wurden Alpenschneehasen im Schnitt jeweils 28 Meter höher angetroffen als im Jahrzehnt zuvor, bei den Feldhasen waren es etwa 31 Meter.

Untersuchungen haben des Weiteren gezeigt, dass die beiden Hasenarten nicht vollständig reproduktiv voneinander isoliert sind. Feldhasen und Alpenschneehasen können fruchtbare Nachkommen hervorbringen, wenn sie im gleichen Gebiet vorkommen.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 3: Vereinfachte Darstellung des Vorkommens von Alpenschneehase und Feldhase in einem Teil von Graubünden in Metern über dem Meeresspiegel

Literatur- und Quellenverzeichnis zu Aufgabe III

Material 1

Deutsche Wildtier Stiftung, Hamburg (o. D.). Alpenschneehase.
<https://www.deutschewildtierstiftung.de/wildtiere/schneehase> [abgerufen am: 30.12.2024]

Deutsche Wildtier Stiftung, Hamburg (o. D.). Feldhase.
<https://www.deutschewildtierstiftung.de/wildtiere/feldhase> [abgerufen am: 30.12.2024]

Material 2

In Anlehnung an: Kainz, J. (2023). Zu weiß für die Alpen: Kann der Schneehase dem Klimawandel trotzen? National Geographic Deutschland. <https://www.nationalgeographic.de/tiere/2023/03/zu-weiss-fuer-die-alpen-kann-der-schneehase-dem-klimawandel-trotzen> [abgerufen am: 30.12.2024]

Material 3

In Anlehnung an: Schai-Braun, S. C. et al. (2021). Temperature increase and frost decrease driving upslope elevational range shifts in Alpine grouse and hares. Global Change Biology, 27(24), 6602–6614. <https://doi.org/10.1111/gcb.15909>.

In Anlehnung an: Mühr, B. (2007). Das Klima am San Bernadino.
<https://klimadiagramme.de/Europa/Schweiz/sanbernadino.html> [abgerufen am: 27.01.2025]

Material 4

In Anlehnung an: Schai-Braun, S. C. et al. (2021) Temperature increase and frost decrease driving upslope elevational range shifts in Alpine grouse and hares. Global Change Biology, 27(24), 6602–6614. <https://doi.org/10.1111/gcb.15909>.

Wikipedia-Autoren. (2024, Juni 24). Kanton Graubünden.
https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Kanton_Graub%C3%BCnden&oldid=246168756 [abgerufen am: 30.12.2024]

Aufgabe IV: Pavianartige – Evolution und Sozialverhalten 30 BE

Schwerpunkt: Evolution als Ursache von Biodiversität

Die Verwandtschaftsgruppe der Pavianartigen (u. a. Pavian, Mandrill, Drill und Djelada) geht auf eine gemeinsame Stammart zurück. Mithilfe von DNA-Sequenzen wurden ihre Verwandtschaftsbeziehungen rekonstruiert. Innerhalb dieser Verwandtschaftsgruppe evolvierten bei den Djeladas Besonderheiten hinsichtlich ihres Lebensraumes, ihrer Ernährung und ihres Paarungssystems.

Teilaufgaben

- IV.a Geben Sie eine Definition für den populationsgenetischen Artbegriff an.
 Erklären Sie mithilfe der synthetischen Evolutionstheorie, wie es zur Artaufspaltung in Drill und
 Mandrill gekommen ist (M 1). 8
- IV.b Begründen Sie die Abstammung der vier Pavianartigen von einer Stammart sowie die
 Verwandtschaft von Pavian und Djelada als Schwesterarten (M 2). 10
- IV.c Erläutern Sie, welchen Einfluss eine hohe reproduktive Fitness eines Individuums auf den
 Genpool einer Population hat. 3
- IV.d Begründen Sie, warum die Merkmale von Djelada- und Pavianmännchen deren reproduktive
 Fitness beim jeweiligen Paarungssystem begünstigen könnten (M 3). 9

Anlage zur Aufgabe IV: Pavianartige – Evolution und Sozialverhalten

Material 1 Die Schwesterarten Drill und Mandrill an der Westküste Zentralafrikas

Die Schwesterarten Drill und Mandrill gehen auf eine gemeinsame Stammart zurück, die als einheitliche Population beiderseits des Flusses Sanaga lebte. Vermutlich ist der Wasserstand des Sanaga noch zu Zeiten dieser gemeinsamen Stammart stark angestiegen, als sich das vormals trockene Klima zum heutigen feucht-tropischen Klima wandelte. Heute kommt der Drill nördlich und der Mandrill südlich des Sanaga vor (Abb. 1).

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 1: Verbreitungsgebiete von Drill und Mandrill an der Westküste Afrikas

Material 2 Stammesgeschichtliche Verwandtschaft bei Pavianartigen

Die Pavianartigen umfassen die vier Arten Pavian, Djelada, Mandrill und Drill. Zur Ermittlung ihrer Verwandtschaftsverhältnisse wurden umfangreiche homologe Abschnitte ihrer DNA sequenziert und verglichen (Tabelle 1). Die Makaken, nahe Verwandte der Pavianartigen, dienten als Außengruppe. Ihre DNA-Sequenz entspricht dem ursprünglichen Zustand bei der Stammart der Pavianartigen. Man erhielt den abgebildeten Stammbaum (Abb. 2).

Basenposition	6	7	8	...	94	95	96	...	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115
Makaken (Außengruppe)	C	A	C	...	T	C	T	...	T	T	C	C	T	A	G	T	A	T
Pavian	T	A	T	...	T	T	T	...	T	T	T	T	T	A	A	T	C	T
Djelada	T	A	T	...	T	T	T	...	T	T	T	C	T	A	A	T	C	T
Mandrill	T	A	T	...	T	C	T	...	C	T	T	C	T	A	G	T	C	C
Drill	T	A	T	...	T	C	T	...	C	T	T	C	T	A	G	T	C	C

Tabelle 1: Ausgewählte Positionen eines DNA-Abschnitts, der für die Cytochrom-C-Oxidase codiert; Unterschiede der Pavianartigen zu den Makaken (Außengruppe) durch **Fettdruck** hervorgehoben

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 2: Mit DNA-Sequenzen ermittelte Verwandtschaft der Pavianartigen, Außengruppe Makaken

Material 3 Paarungssysteme und Männchenmerkmale bei Pavianen und Djeladas

Alle Arten der Pavianartigen leben in Sozialverbänden. Bei den meisten Arten findet man in diesen Sozialverbänden das Paarungssystem der „Polygynandrie“. Dabei bilden mehrere Weibchen und mehrere Männchen einen Sozialverband. In einem solchen Sozialverband gelingt es den Männchen nicht, eines oder mehrere Weibchen bezüglich der Fortpflanzung zu kontrollieren. Weibchen kopulieren oft in kurzer Folge mit verschiedenen Männchen. Männchen agieren so, dass sie sich möglichst schnell und oft paaren.

Das Paarungssystem der Djeladas ist anders und innerhalb der Pavianartigen einzigartig. Sie haben im Laufe ihrer Evolution eine Polygynie entwickelt. Dabei lebt ein Männchen mit einer Weibchengruppe. Es kontrolliert diese und verteidigt sie gegenüber anderen Männchen. Diese anderen Männchen werden in räumlich getrennte Männchengruppen verdrängt.

Sowohl Polygynandrie als auch Polygynie korrelieren bei Männchen mit Merkmalen von Stärke (Körpergröße), Drohung (Eckzähne) und Fortpflanzung (Hodengröße bzw. Anzahl der Spermienzellen). Dies ist nicht nur bei Pavianartigen der Fall, sondern generell bei Primaten (Abb. 3). Das spricht dafür, dass diese Männchenmerkmale generell in dem jeweiligen Paarungssystem positiv selektiert werden.

Die Abbildung wurde aus urheberrechtlichen Gründen entfernt.

Abb. 3: Durchschnittswerte für drei Merkmale bei polygynandrinen und polygynen Primatenarten im Vergleich

Literatur- und Quellenverzeichnis zu Aufgabe IV

Material 1

https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Mandrillus_leucophaeus?uselang=de#/media/File:Cynocephalus_leucophaeus_-_1809-1845_-_Print_-_Iconographia_Zoologica_-_Special_Collections_University_of_Amsterdam_-_UBA01_IZ19800029.tif

https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Mandrillus_illustrations?uselang=de#/media/File:Cynocephalus_mormon_-_1809-1845_-_Print_-_Iconographia_Zoologica_-_Special_Collections_University_of_Amsterdam_-_UBA01_IZ20100082.tif

Material 2

Verändert nach: Disotell T. R. et al. (1992) Mitochondrial DNA Phylogeny of the Old-World Monkey Tribe Papionini. Mol. Biol. Evol. 9:1-13; dort Fig. 1 S. 6;
<https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.molbev.a040700>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cynocephalus_hamadryas_-_1818-1842_-_Print_-_Iconographia_Zoologica_-_Special_Collections_University_of_Amsterdam_-__\(white_background\).tif?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Cynocephalus_hamadryas_-_1818-1842_-_Print_-_Iconographia_Zoologica_-_Special_Collections_University_of_Amsterdam_-__(white_background).tif?uselang=de)

[https://de.wikipedia.org/wiki/Dschelada#/media/Datei:Neue_Wirbelthierre_zu_der_Fauna_von_Abyssinien_gehörig_\(1835\)_Theropithecus_gelada.png](https://de.wikipedia.org/wiki/Dschelada#/media/Datei:Neue_Wirbelthierre_zu_der_Fauna_von_Abyssinien_gehörig_(1835)_Theropithecus_gelada.png)

Material 3

In Anlehnung an: Kappeler P. M. (2020) Verhaltensbiologie. Springer; S. 403, Abb. 13.18