

Gemeinsame Abituraufgabenpools der Länder

Beispielaufgaben

Aufgabe für das Fach Biologie

Kurzbeschreibung

Aufgabentitel	Seenomaden
Anforderungsniveau	erhöht
Inhaltsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Leben und Energie <ul style="list-style-type: none"> ◆ Abbauender Stoffwechsel <ul style="list-style-type: none"> ◆ Stoff- und Energiebilanz ◆ Informationsverarbeitung in Lebewesen <ul style="list-style-type: none"> ◆ Grundlagen der Informationsverarbeitung <ul style="list-style-type: none"> ◆ Hormonelle Steuerung ◆ Vielfalt des Lebens <ul style="list-style-type: none"> ◆ Molekulargenetische Grundlagen des Lebens <ul style="list-style-type: none"> ◆ Speicherung und Realisierung genetischer Information ◆ Entstehung und Entwicklung des Lebens <ul style="list-style-type: none"> ◆ Grundlegende Prinzipien der Evolution: Selektion
Materialien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1 Apnoetauchen: Abtauchen mit angehaltenem Atem ◆ M 2 Wie ist die besondere Milzgröße bei den Bajau zu erklären? ◆ M 3 Molekularbiologische Besonderheiten bei den Bajau ◆ M 4 Populationsgenetische Daten zu den Bajau und Saluan
Quellenangaben	<ul style="list-style-type: none"> ◆ M 1c, Abb. 2: Alexis (Philippines); CC2.0, siehe https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_Badjao%27s.jpg?uselang=de Informationen unter https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/deed.de (Zugriff am 30.5.2021) ◆ M 1c, Abb. 3: In Anlehnung an Fig. 1a aus Ilardo M. et al. (2018), Physiological and genetic adaptations to diving in sea nomads, <i>Cell</i>, 173, S. 569-580. ◆ M 2: Abb.4: In Anlehnung an Ilardo, M. (o. J.), Adaptations to Diving in Indonesian Sea Nomads, Verfügbar unter: https://www.youtube.com/watch?v=ZE8Y67y-tY0 (dort Angaben auf Folie bei Minute 11:57 von 37:45) (Zugriff am 30.5.2021) und Ilardo et al. (2018), <i>Cell</i>, 173, S. 569-580. ◆ M 4: In Anlehnung an Fig. 1b aus Ilardo et al. (2018), Physiological and genetic adaptations to diving in sea nomads, <i>Cell</i>, 173, S. 569-580.

◆ Alle weiteren Materialien und Abbildungen wurden im Auftrag des IQB erstellt.

fachpraktischer Anteil ja nein Zeitzuschlag: -

1 Aufgabe

Seenomaden

In Indonesien gibt es eine Bevölkerungsgruppe, die erstaunliche Fähigkeiten bei der Unterwasserjagd mit angehaltenem Atem aufweist. Durch vergleichende Untersuchungen an dieser Bevölkerungsgruppe und an anderen Bevölkerungsgruppen soll ermittelt werden, welche körperlichen und genetischen Besonderheiten sie aufweisen und wie es zur Entstehung dieser Besonderheiten kam.

	BE
<p>1 Erklären Sie mithilfe der Summengleichung der Zellatmung, wie es zu den im Blut gemessenen Veränderungen der Sauerstoffkonzentrationen beim Abtauchen kommt (M 1a). Begründen Sie, warum die in M 1b beschriebenen Reaktionen von Organen als physiologische Anpassungen an das Tauchen gewertet werden können. Erklären Sie die guten Fähigkeiten zum Apnoetauchen bei den Bajau, einer indonesischen Bevölkerungsgruppe (M 1b, M 1c).</p>	10
<p>2 Nennen und begründen Sie die im Material formulierten Hypothesen zur Entstehung der besonderen Milzgröße bei den Bajau (M 2). Beurteilen Sie die Hypothesen anhand der Untersuchungsergebnisse (M 2, M 1c).</p>	10
<p>3 Stellen Sie den Prozess, der zur Produktion des Schilddrüsenhormons führt, mithilfe eines Fließschemas dar (M 3). Leiten Sie daraus ab, wie durch die Genvariante des PDE10A-Gens die Milzgröße beeinflusst wird.</p>	12
<p>4 Erläutern Sie im Sinne der synthetischen Evolutionstheorie, wie es zu den populationsgenetischen Besonderheiten bei der Bevölkerungsgruppe der Bajau gekommen ist (M 4; unter Berücksichtigung von M 1 – M 3).</p>	8

2 Material

Material 1

Apnoetauchen: Abtauchen mit angehaltenem Atem

Als Apnoetauchen bezeichnet man das Abtauchen mit angehaltenem Atem. Das Apnoetauchen ruft typische Reaktionen im Blut (M 1a) und in bestimmten Organen (M 1b) hervor. Von bestimmten Bevölkerungsgruppen kennt man besonders gute Apnoefähigkeiten (M 1c).

M 1a: Sauerstoffkonzentration im Blut nach dem Abtauchen

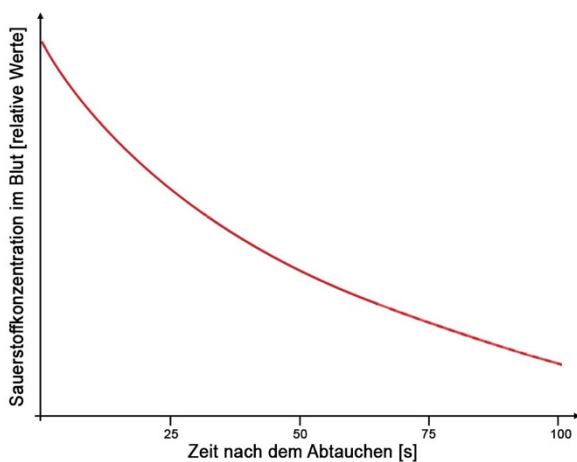


Abb. 1 Sauerstoffkonzentration im Blut, IQB

M 1b: Typische Reaktionen von Organen nach dem Abtauchen

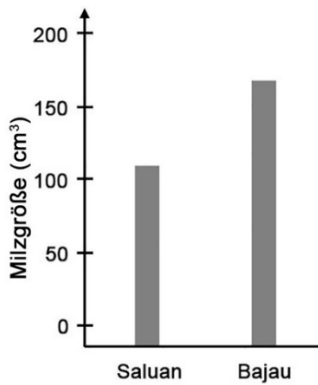
Das Abtauchen löst automatisch Reaktionen in verschiedenen Organen aus: Unter anderem beobachtet man einen verlangsamten Herzschlag (unter 60 Schläge pro Minute), ein Zusammenziehen der peripheren Blutgefäße (z. B. direkt unter der Haut) und eine Verkleinerung der Milz. Letztere erfolgt durch Zusammenziehen der umliegenden Muskulatur. Die Milz ist unter anderem ein Blutreservoir. Durch Zusammendrücken dieses Organs werden zusätzliche mit Sauerstoff gesättigte rote Blutzellen in den Kreislauf entlassen.

M 1c: Die Bajau, eine Bevölkerungsgruppe mit besonders guten Apnoefähigkeiten



Abb. 2 Bajau in ihren typischen Booten
Alexis (Philippines); CC2.0

Die Bajau sind eine indonesische Bevölkerungsgruppe, die fast ihr gesamtes Leben in Holzbooten auf dem Meer verbringt. Mehrere Holzboote bilden zusammen ein „Dorf“ (Abb. 1). Das Hauptnahrungsmittel der Bajau ist Fisch. Zum Fischfang tauchen sie – nur mit Speeren bewaffnet – ab.



Die Bajau besitzen außergewöhnliche Apnoefähigkeiten: Sie können minutenlang unter Wasser bleiben und in Tiefen von bis zu 70 Metern vordringen. Diese Lebensweise praktizieren sie seit vielen Generationen. Bereits die Kinder nehmen am Fischfang teil. Die am engsten mit ihnen verwandte Bevölkerungsgruppe sind die Saluan. Sie nutzen das Meer nicht für ihre Ernährung. In Untersuchungen hat man die Größe der Milz bei Bajau und Saluan verglichen (Abb. 3).

Abb. 3: Mittlere Milzgröße bei 43 Bajau und 33 Saluan. In Anlehnung an Fig. 1a aus Illardo M. et al., 2018.

Material 2

Wie ist die besondere Milzgröße bei den Bajau zu erklären?

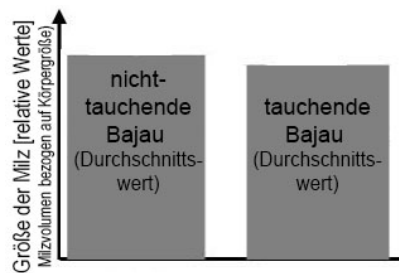


Abb. 4: Milzgröße bei nicht-tauchenden und tauchenden Bajau. In Anlehnung an Illardo, M., o.J.

Forscherteams suchten nach einer Erklärung für die relativ große Milz bei den Bajau. Ein Forscherteam vermutete, dass individuelle Trainingseffekte dafür verantwortlich seien, ein anderes Forscherteam vermutete evolutiv entstandene Unterschiede.

Die Untersuchungen an 43 Bajau zeigte, dass zwischen den spezialisierten Tauchern und den nicht-tauchenden Bajau (z. B. „Bootswächter“, Kochpersonal) keine nennenswerten Unterschiede in der Milzgröße existieren (Abb. 4).

Material 3

Molekularbiologische Besonderheiten bei den Bajau

Das Gen PDE10A wird beim Menschen in Schilddrüsenzellen exprimiert. Es codiert für ein Enzym, das cyclisches AMP (cAMP; Molekül mit Ringsystem) in nicht cyclisches AMP (verändertes Molekül ohne Ringsystem) verwandelt. Diese Umwandlung ist in eine längere Kette von Reaktionen eingebettet, die zur Produktion des Schilddrüsenhormons führt (s. Abb. 5). Man weiß aus Experimenten an Mäusen, dass sich eine erhöhte Konzentration des Schilddrüsenhormons positiv auf die Milzgröße auswirkt. Bei den Bajau fand man eine bisher unbekannte Variante des Gens PDE10A mit abgewandelter Nucleotidsequenz.

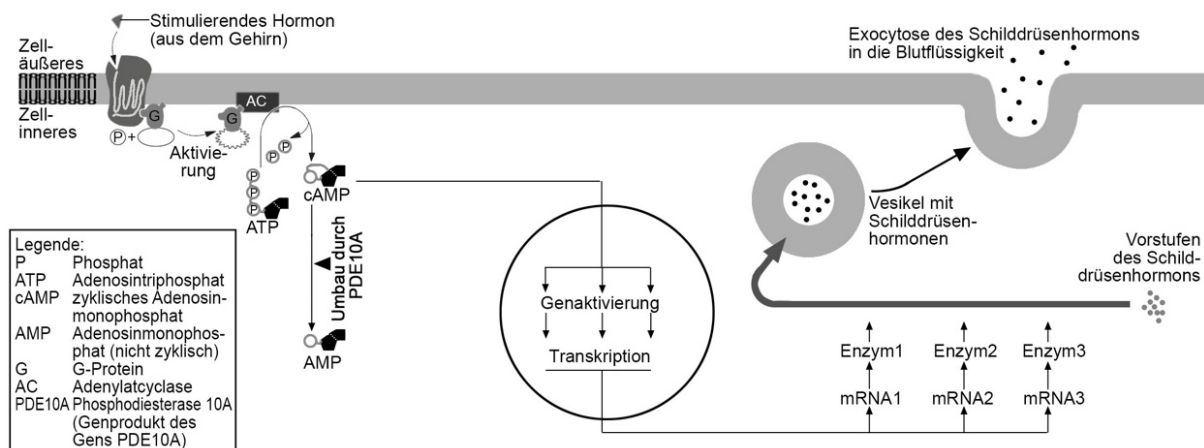


Abb. 5: Prozesse zur Produktion des Schilddrüsenhormons in einer Schilddrüsenzelle, IQB

Material 4

Populationsgenetische Daten zu den Bajau und Saluan

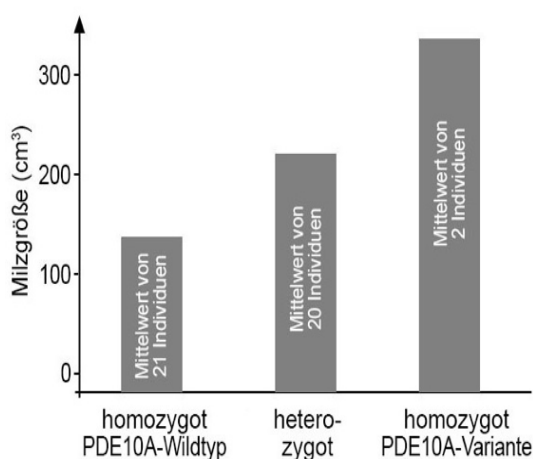


Abb. 6: Milzgröße und Genotyp für das Gen PDE10A. In Anlehnung an Illardo, 2018, S. 570.

Im Gegensatz zu den Bajau leben die eng verwandten Saluan allein von Landwirtschaft. Die räumliche Trennung der beiden Gruppen liegt ca. 16.000 Jahre zurück.

Die neu entdeckte PDE10A-Variante kommt bei 37,1 % der Bajau-Individuen vor, bei den Saluan (und auch anderen Gruppen) hingegen nur zu weniger als 5 %.

Bei den bisher untersuchten 43 Bajau Individuen aus M 1c ergab sich der in Abb. 5 dargestellte Zusammenhang zwischen dem Genotyp für das Gen PDE10A und der Milzgröße.

3 Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont stellt für jede Teilaufgabe eine mögliche Lösung dar. Nicht dargestellte korrekte Lösungen sind als gleichwertig zu akzeptieren.

		BE/AFB		
		I	II	III
1	<p><i>Erklären Sie mithilfe der Summengleichung der Zellatmung, wie es zu den im Blut gemessenen Veränderungen der Sauerstoffkonzentrationen beim Abtauchen kommt (M 1a).</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 1 beschreiben biologische Sachverhalte [...] sachgerecht;</p> <p>S 6 stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen [...] dar.</p> <p>Summengleichung: Glucose + Sauerstoff → CO₂ + Wasser</p> <p>Herstellung eines sachlogischen Bezugs zwischen dem Prozess der Zellatmung in den Zellen und dem Absinken der Sauerstoffkonzentration im Blut mit der Zeit (sinngemäß): Bedarf an Sauerstoff in den Zellen → Entnahme aus dem Blut → Absinken der Sauerstoffkonzentration</p>	1		
	<p><i>Begründen Sie, warum die in M 1b beschriebenen Reaktionen von Organen als physiologische Anpassungen an das Tauchen gewertet werden können.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 erläutern biologische Sachverhalte [...];</p> <p>K 5 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.</p> <p>Begründung über den Zusammenhang der in M 1 genannten Reaktionen und dem Sauerstoffbedarf bzw. der Sauerstoffverfügbarkeit: Absinken der Herzschlagfrequenz und Zusammenziehen peripherer Blutgefäße bedeutet weniger Sauerstoffbedarf; Milzkontraktion liefert zusätzlichen Sauerstoff in das Kreislaufsystem.</p>	1	1	
	<p><i>Erklären Sie die guten Fähigkeiten zum Apnoetauchen bei den Bajau, einer indonesischen Bevölkerungsgruppe (M 1b, M 1c).</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 3 erläutern biologische Sachverhalte [...];</p> <p>K 5 strukturieren und interpretieren ausgewählte Informationen und leiten Schlussfolgerungen ab.</p> <p>Herstellung eines Bezuges zwischen der Rolle der Milz beim Abtauchen (Sauerstoffspender; M 1 b) und den Daten zur Milzgröße der Bajau (M 1c); daraus Ableitung der physiologischen Anpassung für Apnoe: große Milz der Bajau, höhere Sauerstoffverfügbarkeit, gute Apnoefähigkeiten</p>	2	2	
		1	2	

<p>2</p>	<p><i>Nennen und begründen Sie die im Material formulierten Hypothesen zur Entstehung der besonderen Milzgröße bei den Bajau (M 2).</i></p> <p>Die Lernenden . . .</p> <p>S 3 erläutern biologische Sachverhalte, auch indem sie Basiskonzepte nutzen und fachübergreifende Aspekte einbinden;</p> <p>E 3 stellen theoriegeleitet Hypothesen zur Bearbeitung zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Hypothese 1 (z. B.): vererbte Mutation als Ursache: Begründung: Mutation → größere Milz → Fortpflanzungsvorteile der Träger ◆ Hypothese 2 (z. B.): erhöhte Apnoefähigkeit durch gezieltes Training Begründung (z. B.): Training erhöht die Kontraktionsfähigkeit der die Milz umgebenden Muskulatur; typisch für sportliche Disziplinen (ggf. auch Argumentation über „Training“ seit der Kindheit) <p><i>Beurteilen Sie die Hypothesen anhand der Untersuchungsergebnisse (M 2, M 1c).</i></p> <p>Die Lernenden . . .</p> <p>E 11 widerlegen oder stützen die Hypothese (Hypothesenrückbezug).</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Beurteilung H 1: Daten stehen nicht im Widerspruch zu H 1 (keine/kaum Unterschiede in Probandengruppen) ◆ Beurteilung H 2: Darlegung des Widerspruchs zu H 2 (Unterschiede in Probandengruppen wären zu erwarten); H 2 damit widerlegt 	<p>1</p> <p>1</p>	<p>2</p> <p>2</p>	
<p>3</p>	<p><i>Stellen Sie den Prozess, der zur Produktion des Schilddrüsenhormons führt, mithilfe eines Fließschemas dar (M 3). Leiten Sie daraus ab, wie durch die Genvariante des PDE10A-Gens die Milzgröße beeinflusst wird.</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 2 strukturieren und erschließen biologische Phänomene [...];</p> <p>S 6 stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen [...] dar;</p> <p>K 9 nutzen geeignete Darstellungsformen für biologische Sachverhalte und überführen diese ineinander.</p> <p>Beschreibung: Bindung des stimulierenden Hormons an Rezeptor → Aktivierung eines G-Proteins durch Phosphorylierung → Aktivierung einer Adenylatcyclase → Umsetzung von ATP zu cAMP → Aktivierung, Transkription und Translation mehrerer Gene → Synthese des Schilddrüsenhormons aus Vorstufen über mehrere Enzymreaktionen → Exozytose des Hormons</p> <p>Ableitung (proximate Erklärung): Eine verminderte Aktivität der PDE10A-Variante muss erschlossen und in einen sachlogischen Zusammenhang gebracht werden.</p> <p>Zusammenhang zwischen PDE10A-Variante und größerer Milz: PDE10A-Variante → PDE10A Enzym mit verminderter Aktivität → weniger cAMP Abbau → mehr Schilddrüsenhormon → größere Milz</p>	<p>3</p>	<p>4</p>	<p>5</p>

4	<p><i>Erläutern Sie im Sinne der synthetischen Evolutionstheorie, wie es zu den populationsgenetischen Besonderheiten bei der Bevölkerungsgruppe der Bajau gekommen ist (M 4; unter Berücksichtigung von M 1 - M 3).</i></p> <p>Die Lernenden ...</p> <p>S 4 formulieren zu biologischen Phänomenen sowie Anwendungen der Biologie theoriegeleitet [...] Aussagen;</p> <p>S 6 stellen Vernetzungen zwischen Systemebenen [...] dar;</p> <p>K 7 erklären Sachverhalte aus ultimativer [...] Sicht, ohne dabei unangemessene finale Begründungen zu nutzen.</p> <p>♦ Schlüssige Argumentation im Sinne einer ultimativen Erklärung: zufällige Mutation → verändertes PDE10A → weniger cAMP-Abbau → mehr → größere Milz → bessere Apnoefähigkeiten → bessere Nahrungsversorgung → Fortpflanzungsvorteil → gerichtete Selektion → höherer Anteil der mutierten PDE10A Allele bei den Bajau</p> <p>♦ oder ggf. auch schlüssige Argumentation über Gendrift/Gründereffekt</p>			
Summe		10	22	8
Anteile der Bewertungseinheiten in Prozent		25	55	20

4 Standardbezug

Teilaufgabe	Kompetenzbereich			
	S	E	K	B
1	1, 3, 6		5	
2	3	3, 11		
3	2, 6		9	
4	4, 6		7	

5 Bewertungshinweise

Die Bewertung der erbrachten Prüfungsleistungen hat sich für jede Teilaufgabe nach der am rechten Rand der Aufgabenstellung angegebenen Anzahl maximal erreichbarer Bewertungseinheiten (BE) zu richten.

Für die Bewertung der Gesamtleistung eines Prüflings ist ein Bewertungsraster¹ vorgesehen, das angibt, wie die in den drei Prüfungsteilen insgesamt erreichten Bewertungseinheiten in Notenpunkte umgesetzt werden.

¹ Das Bewertungsraster ist Teil des Dokuments „Beschreibung der Struktur“, das auf den Internetseiten des IQB zum Download bereitsteht.