

Abiturprüfung auf Basis der Kernlehrpläne

Beispielaufgabe

Biologie, Grundkurs

Vorbemerkung:

Mit dem Abiturjahrgang 2017 legen die ersten Schülerinnen und Schüler ihre Abiturprüfung ab, die in der Gymnasialen Oberstufe nach den neuen kompetenzorientierten Lehrplänen (Inkraftsetzung 01.08.2014) unterrichtet wurden. Grundlage für die Anforderungen im Zentralabitur sind damit von 2017 an die Kompetenzerwartungen der neuen Lehrpläne sowie die fachlichen Vorgaben für das Zentralabitur des jeweiligen Prüfungsjahres.

Die neuen Lehrpläne weisen schriftliche und mündliche Überprüfungsformen zur Lernerfolgsüberprüfung und Leistungsbewertung aus, aus denen sich auch bezogen auf das Zentralabitur je nach Fach unterschiedlich weit reichende Modifizierungen oder Ergänzungen der bisher üblichen Aufgabenstellungen und -formate im Zentralabitur ergeben.

Die folgende Beispielaufgabe dient der Orientierung der Schulen und unterstützt die Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler auf die Abiturprüfung von 2017 an.

Fragen oder Hinweise zu den Aufgaben richten Sie bitte an abitur.nrw@qua-lis.nrw.de.

MSW, Referat 521 / QUA-LiS, Arbeitsbereich 5

Aufgabenstellung

Thema: Die Evolution der Eisfische in den antarktischen Gewässern

1. Erklären Sie die Anpasstheit der Eisfische an ihren Lebensraum hinsichtlich Temperatur und Sauerstoffversorgung (Material A). (12 Punkte)
2. Nennen Sie vier Evolutionsfaktoren und geben Sie jeweils eine Definition an. Erläutern Sie mit Hilfe von Material B und unter Berücksichtigung der hier wirksamen Evolutionsfaktoren die Entstehung der Artenvielfalt bei den Antarktischen (*Notothenioidei*). (24 Punkte)
3. Vergleichen Sie Vorkommen und die Struktur sowie die DNA-Sequenzen der Globin-Gene von Eisfisch und Felsenbarsch (Material C). Leiten Sie anhand aller Materialien eine mögliche evolutionsbiologische Erklärung für die Veränderungen der Hämoglobin-Gene bei den Eisfischen ab. (18 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel

Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

Material A: Die Biologie der Eisfische

Eisfische leben in den polaren Gewässern der Antarktis mit hohem Sauerstoffgehalt bei Temperaturen zwischen -2 und $+2$ °C. Bei Wassertemperaturen über $+8$ °C sterben die Eisfische. Ein körpereigenes Frostschutzprotein erniedrigt den Gefrierpunkt des Blutes auf $-2,7$ °C. Die Stoffwechselprozesse der Eisfische werden zwar bei den niedrigen Temperaturen verlangsamt, können aber durch das Frostschutzprotein dennoch stattfinden.

Die meisten Fische transportieren wie wir Menschen den Sauerstoff im Blut an das Protein Hämoglobin gebunden, einen Bestandteil der roten Blutkörperchen (Erythrocyten), der auch für die rote Farbe des Blutes verantwortlich ist. So kann in der Blutflüssigkeit deutlich mehr von diesem Gas transportiert werden, als wenn es nur im Serum gelöst ist. Die Eisfische besitzen jedoch keine Erythrozyten, daher ist ihr Blut dünnflüssig und farblos. Eisfische besitzen aber ein großes Blutvolumen, ein langsam schlagendes Herz mit dennoch hoher Pumpleistung sowie Blutgefäße mit großem Durchmesser. Ihre schuppenlose und daher für gasförmige Stoffe gut durchlässige Haut ist stark durchblutet.

Material B: Die Evolution der Antarktische

Die Familie der Eisfische (*Channichthyidae*) gehört zur Unterordnung der Antarktische (*Notothenioidei*). Alle anderen Familien der Antarktische besitzen ebenfalls Gefrierschutzproteine, aber im Gegensatz zu den Eisfischen rotes Blut.

Die Antarktische machen etwa 75 % aller Fischarten der Antarktis aus. Man nimmt an, dass die gemeinsame Ursprungsart aller Antarktische im flachen Wasser auf dem Boden lebte und keine Schwimmblase besaß. Aus ihr entwickelten sich über 100 unterschiedliche Arten, von denen einige durch Fetteinlagerungen und reduzierte Verknöcherung die Auftriebsleistung der fehlenden Schwimmblase kompensieren. Heute findet man die verschiedenen Arten der Antarktische in allen Regionen des Südpolarmeeres. Auch das Nahrungsspektrum ist breit gefächert; so ernähren sich einige Arten von antarktischem Krill, andere lauern bewegungslos am Grund auf Beute.

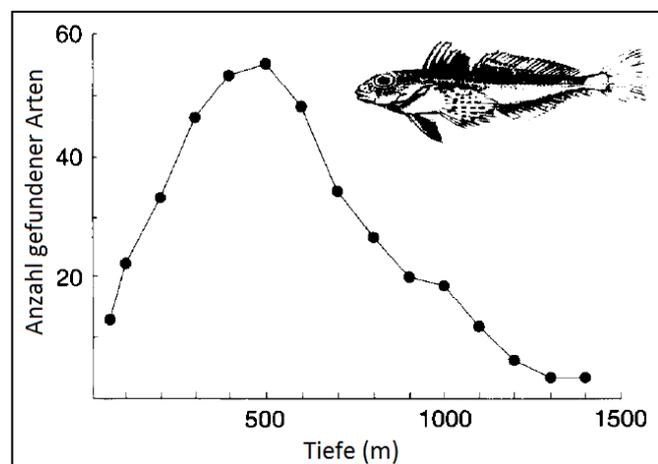


Abbildung 1: Tiefenverteilung der Antarktische

Die Evolution der Antarktische fand während gravierender geographischer und klimatischer Veränderungen auf der Südhalbkugel statt (Abbildung 2).

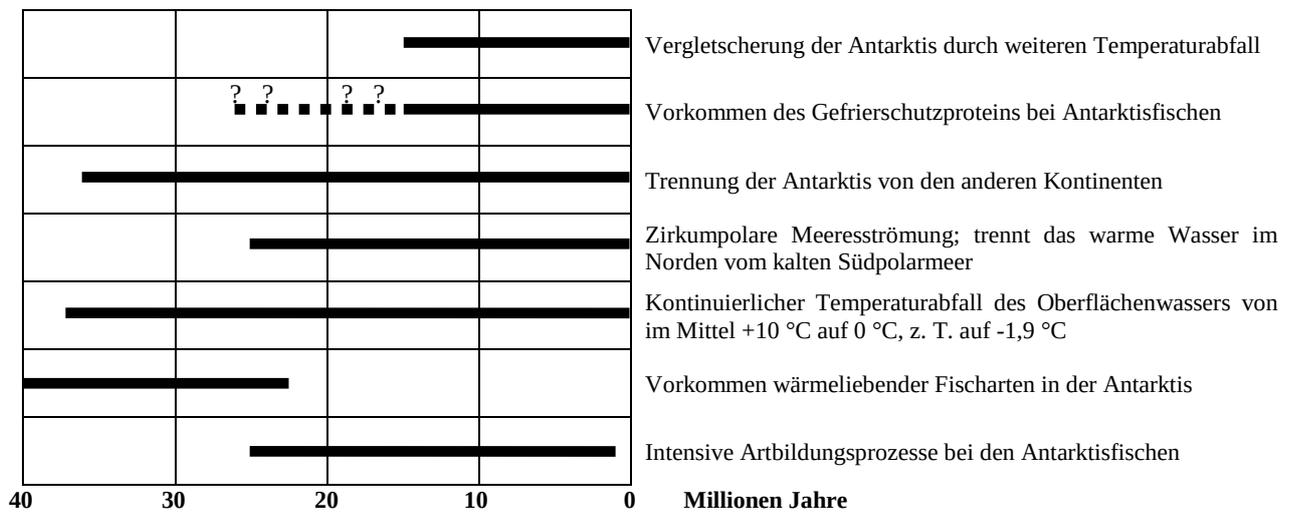


Abbildung 2: Klimatische, geographische und evolutive Ereignisse rund um den antarktischen Kontinent in den letzten 40 Millionen Jahren

Material C: Die Globin-Gene der Eisfische

Hämoglobin besteht aus vier Protein-Untereinheiten, zwei identischen α -Globinen und zwei identischen β -Globinen. Nur in dieser Form kann es Sauerstoff (O_2) transportieren. Wissenschaftler untersuchten die Globingene verschiedener Eisfischarten und verglichen sie mit denen des Felsenbarsches (*Notothenia coriiceps*), einem Antarktische, welcher rotes Blut besitzt. Dabei stellten sie fest, dass das β -Globin-Gen beim Eisfisch fehlt. Ein α -Globin-Gen ist jedoch vorhanden und wurde genauer untersucht (Abbildungen 3 und 4). Die Ergebnisse sind exemplarisch für die Eisfischart *Chionodraco aceratus* dargestellt.

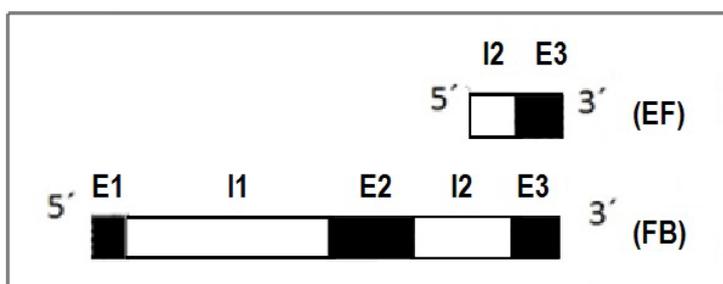


Abbildung 3: Struktur des α -Globin-Gens bei der Eisfischart (EF) *Chionodraco aceratus* und dem Felsenbarsch (FB) *Notothenia coriiceps* (Entsprechende Regionen werden durch die Färbung bzw. gleiche Nummerierung gekennzeichnet.)
 Introns (I1, I2),
 Exons (E1, E2, E3)

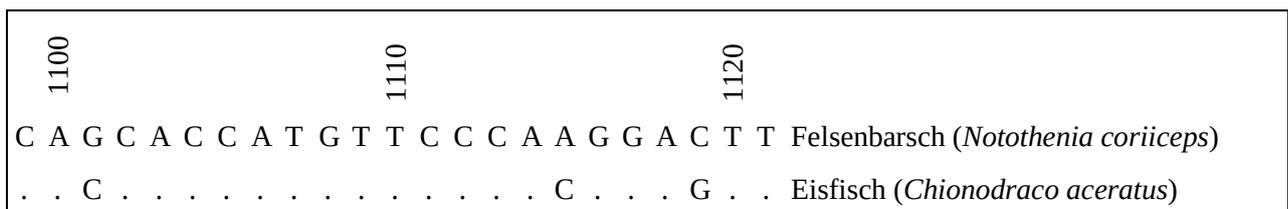


Abbildung 4: Ausschnitt aus Exon 3 des α -Globin-Gens eines Felsenbarsches und eines Eisfisches (Punkte bedeuten identische Nucleotide, die Zahlen geben die Position der Nucleotide im Gen an. Die Anzahl der Mutationen ist für ein Exon außergewöhnlich hoch.)

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung auf Basis der Kernlehrpläne Beispielaufgabe Biologie, Grundkurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung und Material

Thema: Die Evolution der Eisfische in den antarktischen Gewässern

1. Erklären Sie die Anpasstheit der Eisfische an ihren Lebensraum hinsichtlich Temperatur und Sauerstoffversorgung (Material A). (12 Punkte)
2. Nennen Sie vier Evolutionsfaktoren und geben Sie jeweils eine Definition an. Erläutern Sie mit Hilfe von Material B und unter Berücksichtigung der hier wirksamen Evolutionsfaktoren die Entstehung der Artenvielfalt bei den Antarktischen (*Notothenioidei*). (24 Punkte)
3. Vergleichen Sie Vorkommen und die Struktur sowie die DNA-Sequenzen der Globin-Gene von Eisfisch und Felsenbarsch (Material C). Leiten Sie anhand aller Materialien eine mögliche evolutionsbiologische Erklärung für die Veränderungen der Hämoglobin-Gene bei den Eisfischen ab. (18 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Material A: nach Kock (2006)
- Material B: nach Eastman (1993) und Matschiner (2011)
Abb. 1 nach Clarke (1996)
Abb. 2 kombiniert aus Matschiner (2011), Clarke (1996) und Eastman (1993)
- Material C: Abb. 3 und 4 verändert nach: Zhao (1998)
- Clarke, A., Johnston, I.A. (1996): Evolution and adaptive radiation of Antarctic fishes; Trends in ecology and evolution vol. 11, pp 212-218
- Detrich, H. W., Amemiya, C.T. (2010): Antarctic Notothenioid Fishes: Genomic Resources and Strategies for Analyzing an Adaptive Radiation, in: Integrative and Comparative Biology, volume 50, number 6, pp. 1009–1017
- Eastman, J.T. (1993): Antarctic Fish Biology, Academic Press Inc., San Diego
- Kock, K.H. (2006): Eisfische - Fische ohne Blut?
http://literatur.vti.bund.de/digbib_extern/dk040331.pdf (Zugriff 06.02.2012)
- Matschiner, Michael et. al (2011): On the Origin and Trigger of the Notothenioid Adaptive Radiation; PloS One ; doi:10.1371/journal.pone.0018911
- Zhao, Y. et.al. (1998): The Major Adult α -Globin Gene of Antarctic Teleosts and Its Remnants in the Hemoglobinless Icefishes; the journal of biological chemistry Vol. 273, pp. 14745–14752

4. Bezüge zu den Vorgaben 2017

Inhaltsfeld: Evolution

- Grundlagen evolutiver Veränderung
- Art und Artbildung

Inhaltsfeld: Ökologie

- Umweltfaktoren und ökologische Potenz

Inhaltsfeld: Genetik

- Meiose und Rekombination
- Proteinbiosynthese

5. Zugelassene Hilfsmittel

Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	erklärt die Anpasstheit der Eisfische an ihren Lebensraum hinsichtlich Temperatur und Sauerstoffversorgung (Material A), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das Gefrierschutzprotein verhindert ein Gefrieren der Zellflüssigkeit und damit auch die Zerstörung der Körperzellen durch Eisbildung. • Die geringe Wassertemperatur bewirkt eine stark verringerte Stoffwechselrate und damit einen geringeren Sauerstoffbedarf. 	5
2	erklärt die Anpasstheit der Eisfische an ihren Lebensraum hinsichtlich Temperatur und Sauerstoffversorgung (Material A), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das sauerstoffreiche kalte Wasser und die schuppenlose, gut durchblutete Haut ermöglicht eine Sauerstoffaufnahme zusätzlich zu den Kiemen. • Das fehlende Hämoglobin erzwingt zwar einen Sauerstofftransport im Blutserum, macht das Blut aber auch dünnflüssiger. • Dadurch und durch die hohe Pumpleistung des Herzens, die Blutgefäße mit großem Durchmesser und das große Blutvolumen ist eine ausreichende Versorgung der Gewebe mit O₂ gesichert. 	7
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>nennt vier Evolutionsfaktoren und gibt jeweils eine Definition an, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mutation ist eine spontane und ungerichtete Veränderung der Erbinformation. • Rekombination ist eine bei der sexuellen Fortpflanzung auftretende und zufällig bedingte Neukombination der genetischen Information. • Selektion ist eine natürliche Auslese vorteilhafter Phänotypen. • Gendrift ist eine zufällige Veränderung der Allelfrequenz innerhalb eines Genpools. • Isolation ist ein Evolutionsfaktor, der zu einer Unterbrechung des Genflusses zwischen Populationen führt. <p><i>(Es können auch andere als die aufgeführten Evolutionsfaktoren genannt werden.)</i></p>	8
2	<p>erläutert mit Hilfe von Material B und unter Berücksichtigung der hier wirksamen Evolutionsfaktoren die Entstehung der Artenvielfalt bei den Antarktischen (<i>Notothenioidei</i>), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es ist anzunehmen, dass durch Mutation und Rekombination schon früher als vor 25 Millionen Jahren Fischarten entstanden, die niedrigere Temperaturen tolerierten. • Die Entstehung des Gefrierschutzproteins durch Mutation vor ca. 25 Millionen sicherte den Antarktischen einen zusätzlichen Selektionsvorteil für das Überleben in kälterem Wasser. 	6
3	<p>erläutert mit Hilfe von Material B und unter Berücksichtigung der hier wirksamen Evolutionsfaktoren die Entstehung der Artenvielfalt bei den Antarktischen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch die Abspaltung der Antarktis und die entstehende Zirkumpolarströmung wurden die Antarktischen isoliert. Dies verhinderte eine Zuwanderung anderer Fischarten, so dass sich die Antarktischen ohne Konkurrenz vermehrten. • Die durch den Rückgang der wärmeliebenden Arten frei gewordenen Planstellen konnten neu besetzt werden. So nutzen die Antarktischen heute Tiefen von 50 bis 1500 Metern (vgl. Abb. 1), verschiedenste Nahrung und alle Regionen des Südpolarmeeres. • Diese Einnischung verminderte die intraspezifische (und auch interspezifische) Konkurrenz. 	6
4	<p>erläutert mit Hilfe von Material B und unter Berücksichtigung der hier wirksamen Evolutionsfaktoren die Entstehung der Artenvielfalt bei den Antarktischen (<i>Notothenioidei</i>), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es kam zur Aufspaltung in viele Arten, was sich aus der Intensität der Artenbildung in diesem Zeitraum ableiten lässt, diesen Vorgang bezeichnet man als adaptive Radiation. 	4
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	vergleicht Vorkommen und die Struktur sowie die DNA-Sequenzen der Globin-Gene von Eisfisch und Felsenbarsch (Material C), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Das β-Globin-Gen fehlt bei den untersuchten Eisfischarten. • Insgesamt ist das α-Globin-Gen der Eisfische stark verkürzt. • Es finden sich Deletionen von Exon1 und 2 sowie von Intron 1, Intron 2 ist beim Eisfisch deutlich kürzer. • Der Eisfisch zeigt Punktmutationen an den Positionen 1101, 1115 und 1019. 	8
2	leitet anhand aller Materialien eine mögliche evolutionsbiologische Erklärung für die Veränderungen der Hämoglobin-Gene bei den Eisfischen ab, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Vorfahren der heutigen Eisfische besaßen Hämoglobin, das durch die α- und β-Globin-Gene kodiert wurde. • Weil die Eisfische die O_2-Versorgung durch andere Anpassungsleistungen sichern konnten (siehe Material A), waren sie nicht auf das Hämoglobin als O_2-bindendes Protein angewiesen. • Zufällige Mutationen in den Globin-Genen wirkten sich daher nicht nachteilig aus. Auch die Deletion des gesamten β-Globulin-Gens stellte keinen Selektionsnachteil dar. Die Vielzahl der Mutationen im verbliebenen Teil des α-Globin-Gens zeigt ebenfalls, dass Mutationen hier selektionsneutral sind. (<i>Andere sinnvolle Lösungen werden entsprechend gewertet.</i>)	10
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	6