

Abiturprüfung auf Basis der Kernlehrpläne Beispielaufgabe

Biologie, Leistungskurs

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. Erläutern Sie mit Hilfe von Material B und unter Berücksichtigung der hier wirksamen Evolutionsfaktoren die Entstehung der Artenvielfalt bei den Antarktischen (*Notothenioidei*). *(14 Punkte)*
3. Vergleichen Sie Vorkommen und die Struktur sowie die DNA-Sequenzen der Globin-Gene von Eisfisch und Felsenbarsch (Material C). Erläutern Sie anhand der DNA-Sequenzierung den Stellenwert molekularbiologischer Methoden in der Evolutionsforschung. *(12 Punkte)*
4. Leiten Sie anhand der Materialien A - C eine mögliche evolutionsbiologische Erklärung für die Veränderungen der Globin-Gene bei Eisfischen ab. *(10 Punkte)*
5. Erläutern Sie die Bedeutung der Untersuchung von Globin-Genen für die evolutionsbiologische Forschung unter Berücksichtigung der cytologischen und molekularbiologischen Prozesse, die vermutlich zur Entstehung der Multigen-Familie der Globine geführt haben (Material D). *(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.

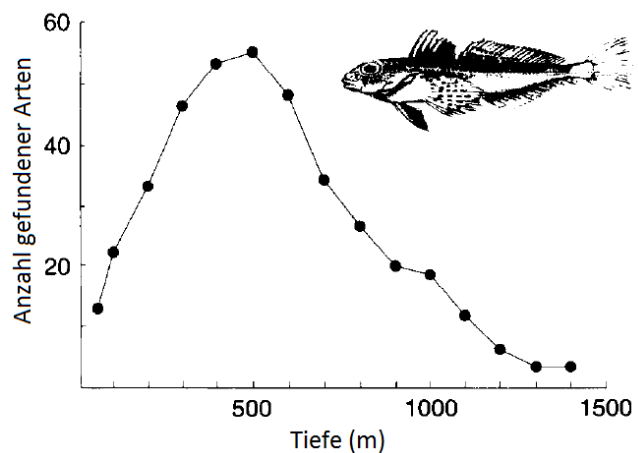


Abbildung 1: Tiefenverteilung der Antarktische

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

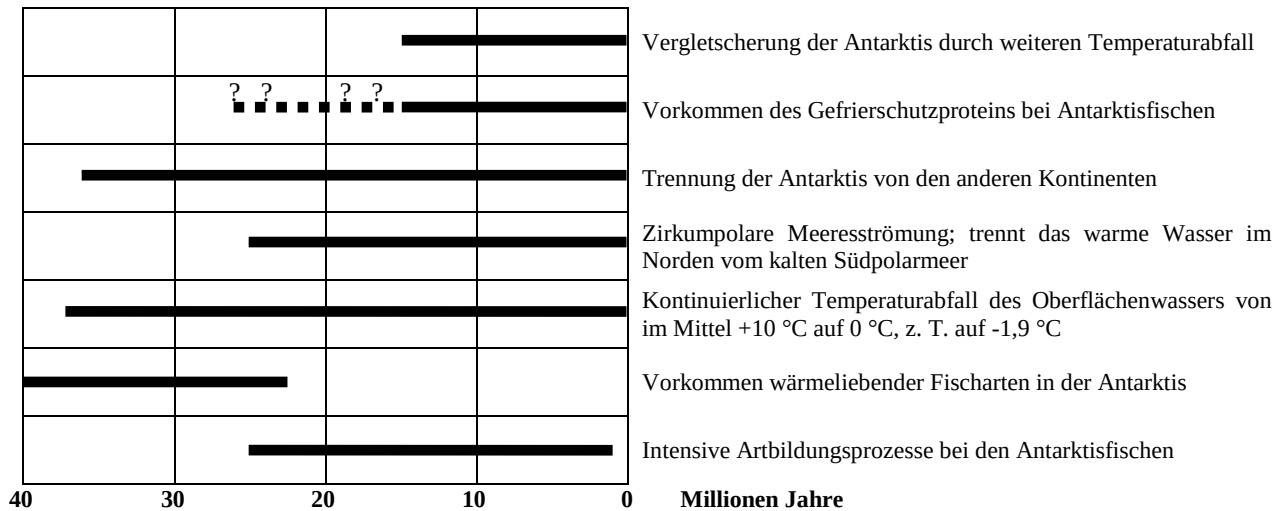


Abbildung 2: Klimatische, geographische und evolutive Ereignisse rund um den antarktischen Kontinent in den letzten 40 Millionen Jahren

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 (Abb. 3 und 4). Die Ergebnisse sind exemplarisch für die Eisfischart *Chionodraco aceratus* dargestellt.

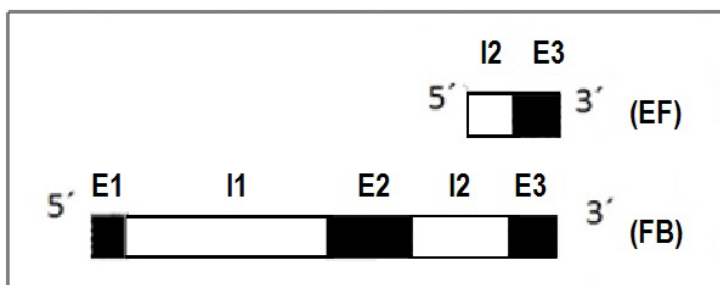


Abbildung 3:
 Struktur des α -Globin-Gens bei der Eisfischart (EF) *Chionodraco aceratus* und dem Felsenbarsch (FB) *Notothenia coriiceps* (Entsprechende Regionen werden durch die Färbung bzw. gleiche Nummerierung gekennzeichnet.)
 Introns (I1, I2),
 Exons (E1, E2, E3)



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

Material D: Globin-Stammbaum

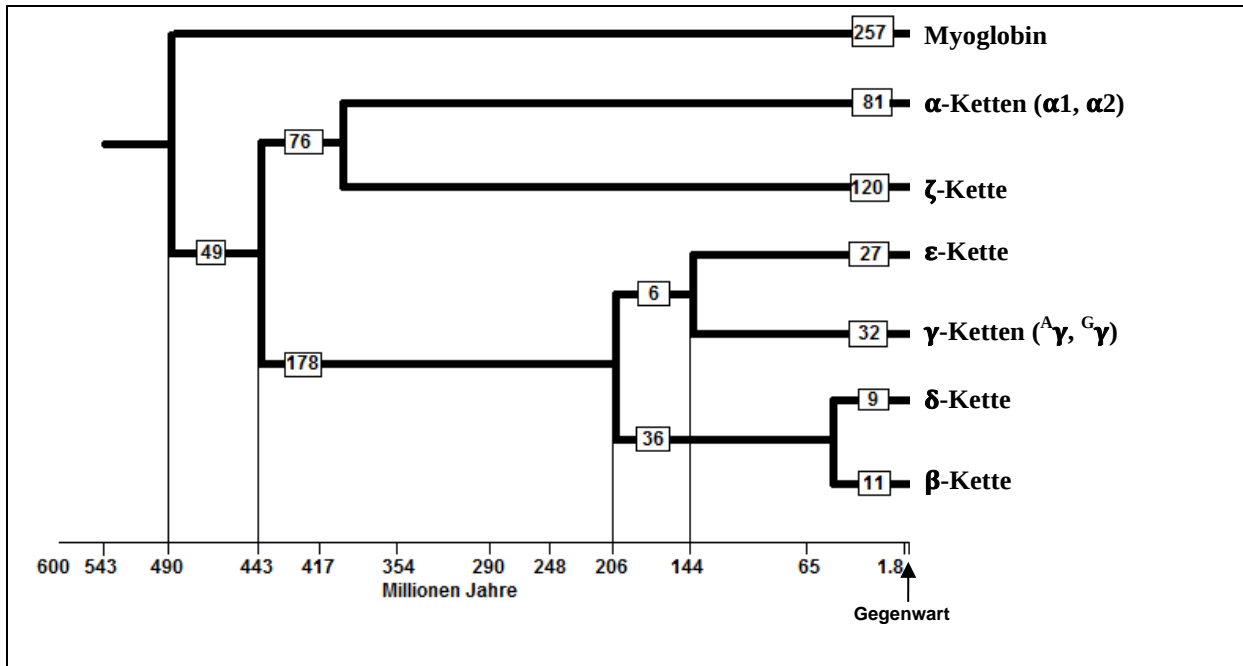


Abbildung 5: Globin Stammbaum
(Die Zahlen geben die geschätzte Anzahl an Änderungen in der DNA-Sequenz in den Zweigen des Stammbaums an.)

Dass es sich bei Globin-Genen um eine sehr alte Genfamilie handelt, zeigt ihr Auftreten in allen fünf Reichen der Lebewesen. Hämoglobine in Bakterien, Pflanzen und Tieren sind dabei bemerkenswert ähnlich in ihrer Aminosäuresequenz und in ihrer Struktur.

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung auf Basis der Kernlehrpläne Beispielaufgabe

Biologie, Leistungskurs

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. Erläutern Sie mit Hilfe von Material B und unter Berücksichtigung der hier wirksamen Evolutionsfaktoren die Entstehung der Artenvielfalt bei den Antarktischen (*Notothenioidei*). (14 Punkte)
3. Vergleichen Sie Vorkommen und die Struktur sowie die DNA-Sequenzen der Globin-Gene von Eisfisch und Felsenbarsch (Material C). Erläutern Sie anhand der DNA-Sequenzierung den Stellenwert molekularbiologischer Methoden in der Evolutionsforschung. (12 Punkte)
4. Leiten Sie anhand der Materialien A - C eine mögliche evolutionsbiologische Erklärung für die Veränderungen der Globin-Gene bei Eisfischen ab. (10 Punkte)
5. Erläutern Sie die Bedeutung der Untersuchung von Globin-Genen für die evolutionsbiologische Forschung unter Berücksichtigung der cytologischen und molekularbiologischen Prozesse, die vermutlich zur Entstehung der Multigen-Familie der Globine geführt haben (Material D). (18 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Material A: nach Kock (2006)
- Material B: nach Eastman (1993) und Matschiner (2011)
Abbildung 1 nach Clarke (1996)
Abbildung 2 kombiniert aus Matschiner (2011), Clarke (1996) und Eastman (1993)
- Material C: Abbildung 3 und 4 verändert nach: Zhao (1998)
- Material D: Abbildung 5 verändert nach Purves (2006)

- 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 (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
- Friedl, Heike (2001): Die molekulare Evolution der Hämoglobin-Genfamilie in Chironomus tentans; <http://ubm.opus.hbz-nrw.de/volltexte/2001/217/pdf/diss.pdf> (23.10.2014)
- Purves, W. K. [et al.] (2006). „Life, the science of Biology.” Sinauer Associates, pp. 518-519.
- Vinogradov S. N. (1985). “The structure of invertebrate extracellular hemoglobins (erythrocrucorins and chlorocruorins).” Comp. Biochem. Physiol., 103B:103B, 759–773.
- Vinogradov S.N., Walz D., Pohajdak B., Moens L., Kapp O.H., Suzuki T. und Trotman C.N.A. (1993). “Adventitious variability? The amino acid sequences of nonvertebrate globins.” Comp. Biochem. Physiol., 106B(1):1–26.
- Bolognesi M., Bordo D., Rizzi M., Torricone C. und Ascenzi P. (1997). “Nonvertebrate hemoglobins: structural bases for reactivity.” Prog. Biophys. Mol. Biol., 68:68, 29–68.

4. Bezüge zu den Vorgaben 2017

Inhaltsfeld: Evolution

- Grundlagen evolutiver Veränderung
- Art und Artbildung
- Stammbäume

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 AFB
	Der Prüfling	
1	erklärt die Angepasstheit 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 Angepasstheit der Eisfische hinsichtlich der Temperatur und der 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. (1)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	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.: <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. 	4
2	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.: <ul style="list-style-type: none"> • Durch die Abspaltung der Antarktis und die entstehende Zirkumpolarströmung wurden die Antarktische isoliert. Dies verhinderte eine Zuwanderung anderer Fischarten, so dass sich die Antarktische ohne Konkurrenz vermehrten. • Die durch den Rückgang der wärmeliebenden Arten frei gewordenen Planstellen konnten neu besetzt werden. So nutzen die Antarktische 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

3	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.: <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
4	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	erläutert anhand der DNA-Sequenzierung den Stellenwert molekularbiologischer Methoden in der Evolutionsforschung, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Nukleotidsequenzanalyse von ncDNA (Kern-DNA) oder auch von mtDNA (mitochondrialer DNA) eignet sich für die Evolutionsforschung besonders gut, da sie vergleichsweise genaue Hinweise auf stammesgeschichtliche Verwandtschaft gibt. • Die Aminosäuresequenzanalyse einzelner Proteine lässt weniger genaue Erkenntnisse zu, da zwar auf die Nukleotidsequenz der DNA geschlossen werden kann, jedoch stumme Mutationen aufgrund der Degeneriertheit des genetischen Codes unberücksichtigt bleiben. 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (1)	

Teilaufgabe 4

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	leitet anhand der Materialien A – C eine mögliche evolutionsbiologische Erklärung für die Veränderungen der Globin-Gene bei 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-Globin-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
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 5

	Anforderungen	Maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Bedeutung der Untersuchung von Globin-Genen für die evolutionsbiologische Forschung unter Berücksichtigung der cytologischen und molekularbiologischen Prozesse, die vermutlich zur Entstehung der Multigen-Familie der Globine geführt haben (Material D), z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Globine sind eine sehr alte Genfamilie; sie lassen sich in allen Reichen der Lebewesen, d.h. sowohl im Tierreich, Pflanzenreich, in Pilzen, Bakterien und Einzellern feststellen. • Globine sind bemerkenswert ähnlich in ihrer Aminosäuresequenz und in ihrer Struktur. • Der Stammbaum in Abb. 5 zeigt, <ul style="list-style-type: none"> ○ dass es ursprünglich ein „Urglobin“ gab, ○ dass sich das Myoglobin sehr früh von den Hämoglobinen trennte, ○ dass es innerhalb der Hämoglobine in der Vergangenheit wiederholt weitere Abspaltungen/Auftrennungen gab und ○ dies schließlich bis heute zu verschiedenen Hämoglobinketten führte. 	8
2	<p>erläutert die Bedeutung der Untersuchung von Globin-Genen für die evolutionsbiologische Forschung unter Berücksichtigung der cytologischen und molekularbiologischen Prozesse, die vermutlich zur Entstehung der Multigen-Familie der Globine geführt haben (Material D), z.B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vermutlich sind Genduplikationen und Mutationen Ursache für die Evolution der Globin-Familie mit ihren unterschiedlichen Hämoglobinketten, die wahrscheinlich auch auf verschiedenen Chromosomen liegen. • Genduplikationen sind durch ein inäquales Crossing-over erklärbar; dies kann zwischen Nicht-Schwesterchromatiden bei der Meiose oder zwischen Schwesterchromatiden bei der Mitose geschehen. Dabei gehen auf einem Strang Informationen verloren (Deletion), auf dem anderen kommt es zu einer Insertion bzw. Duplikation. • Da der Sauerstofftransport mittels Globinen effektiver ist als mit anderen Molekülen, blieb die Struktur und Funktion über Jahrtausende trotz auftretender Mutationen ziemlich ähnlich erhalten, d.h. die Globine und ihre Gene sind konservativ. 	8
3	<p>erläutert die Eignung der Untersuchung von Globin-Genen für die evolutionsbiologische Forschung unter Berücksichtigung der cytologischen und molekularbiologischen Prozesse, die vermutlich zur Entstehung der Multigen-Familie der Globine geführt haben (Material D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei Molekülen, wie z. B. den Globinen, die für viele verschiedene Organsimen von hoher Bedeutung sind, ist eine Untersuchung von DNA auf molekularer Ebene wissenschaftlich recht präzise und von hoher Aussagekraft und deshalb besonders geeignet, um Verwandtschaftsgrade abzuleiten. 	2
4	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. 	9

