



Name: _____

Abiturprüfung 2019

Biologie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Thema: Neues Gift zur Blattlausbekämpfung

1. Erklären Sie den in Abbildung 1A gezeigten Verlauf eines Aktionspotenzials. Fassen Sie die Ergebnisse mit Pyrethroid-Zugabe (Abbildung 1B) zusammen und deuten Sie diese im Hinblick auf die neurophysiologische Wirkung der Pyrethroide und auf die Folgen für das Insekt (Material A). (20 Punkte)
2. Ermitteln Sie den bei der L1014F-Mutation vorliegenden Mutationstyp (Materialien B und D) und erläutern Sie die Auswirkungen der Mutation auf das gebildete Polypeptid (Materialien A, B und D). Stellen Sie in einem Fließschema die mögliche Entstehung einer erhöhten Anzahl resistenter Grüner Pfirsichläuse innerhalb einer Population dar (Material B). (18 Punkte)
3. Werten Sie die in Abbildung 4 gezeigten Ergebnisse unter Berücksichtigung der neurophysiologischen Wirkungsweise des Toxins Hv1a aus (Material C). Bewerten Sie den Einsatz des Hv1a/GNA-Fusionsproteins in der Landwirtschaft (Materialien A bis C). (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Blattlausbekämpfung mit klassischen Insektiziden

Blattläuse sind Schädlinge, die auch bedeutende Agrarpflanzen befallen. Sie ernähren sich von Pflanzensäften, die sie mit ihrem Saugrüssel aus den Pflanzen saugen. Zur Bekämpfung der Blattläuse werden in der Landwirtschaft klassischerweise Insektizide eingesetzt. Dabei kommen auch Insektizide aus der Gruppe der Pyrethroide zum Einsatz.

Pyrethroide binden an spannungsabhängige Na^+ -Ionenkanäle in Nervenzellen. In einem Experiment wurden die Auswirkungen von Pyrethroiden auf Nervenzellen von Insekten untersucht:

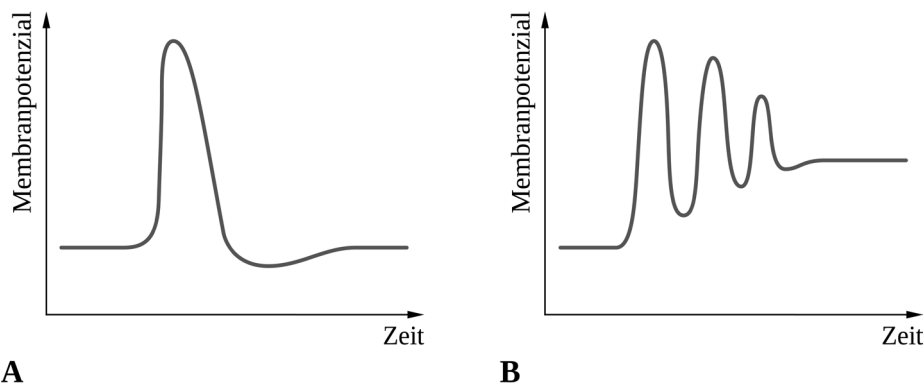


Abbildung 1 Bildung von Aktionspotenzialen nach einmaliger überschwelliger Depolarisation der Axonmembran. **A** ohne Pyrethroid-Zugabe; **B** mit Pyrethroid-Zugabe

Material B: Pyrethroid-Resistenzen in Blattlaus-Populationen

Mittlerweile sind bei vielen Blattlaus- und anderen Insektenarten Mutationen in dem für den spannungsabhängigen Na^+ -Ionenkanal codierenden Gen nachgewiesen, die zu einer verminderten Wirksamkeit der Pyrethroide führen. Diese Mutationen breiten sich innerhalb der einzelnen Populationen aus.

Eine weit verbreitete Mutation trägt die Bezeichnung L1014F (Abbildung 2). Diese Mutation tritt auch bei der Grünen Pfirsichlaus (*Myzus persicae*) auf.

	Triplett-Nummer						
	5' →	1011	1012	1013	1014	1015	1016 → 3'
Wildtyp		ATT	GGT	AAC	CTC	GTG	GTC
L1014F-Mutante		ATT	GGT	AAC	TTC	GTG	GTC

Abbildung 2 Ausschnitt aus dem nicht-codogenen Strang des Gens, das für den spannungsabhängigen Na^+ -Ionenkanal codiert.



Name: _____

Material C: Alternativer Ansatz der Blattlausbekämpfung mit einem Spinnentoxin

Zur Bekämpfung pyrethroid-resistenter Insekten versuchen Forscher u. a. die Toxine giftiger Spinnen zu nutzen. Forscher untersuchten dazu die Eignung eines aus den beiden Proteinen Hv1a und GNA zusammengesetzten Fusionsproteins (Abbildung 3).



Abbildung 3 Aufbau des Fusionsproteins Hv1a/GNA

Hv1a ist ein Toxin der Australischen Trichternetzspinne (*Hadronyche versuta*), das spezifisch spannungsabhängige Ca^{2+} -Ionenkanäle an Synapsen von vielen Insektenarten hemmt, jedoch keinen Effekt auf Säugetiere zeigt. Das Protein GNA der Schneeglöckchen-Pflanze dient als Trägerprotein, indem es das Hv1a-Toxin nach oraler Aufnahme aus dem Darm zum zentralen Nervensystem der Insekten führt.

In Experimenten konnte gezeigt werden, dass das Hv1a/GNA-Fusionsprotein nur in einem sehr geringen Maß giftig auf Honigbienen wirkt. Um die Auswirkung des Fusionsproteins auf die Sterblichkeit von Grünen Pfirsichläusen zu ermitteln, wurde das Fusionsprotein dem Futter dieser Insekten beigemischt und die Überlebensrate über einen Zeitraum von elf Tagen bestimmt (Abbildung 4). Dabei wurden sowohl der Wildtyp als auch solche Grünen Pfirsichläuse untersucht, welche eine L1014F-Mutation trugen.

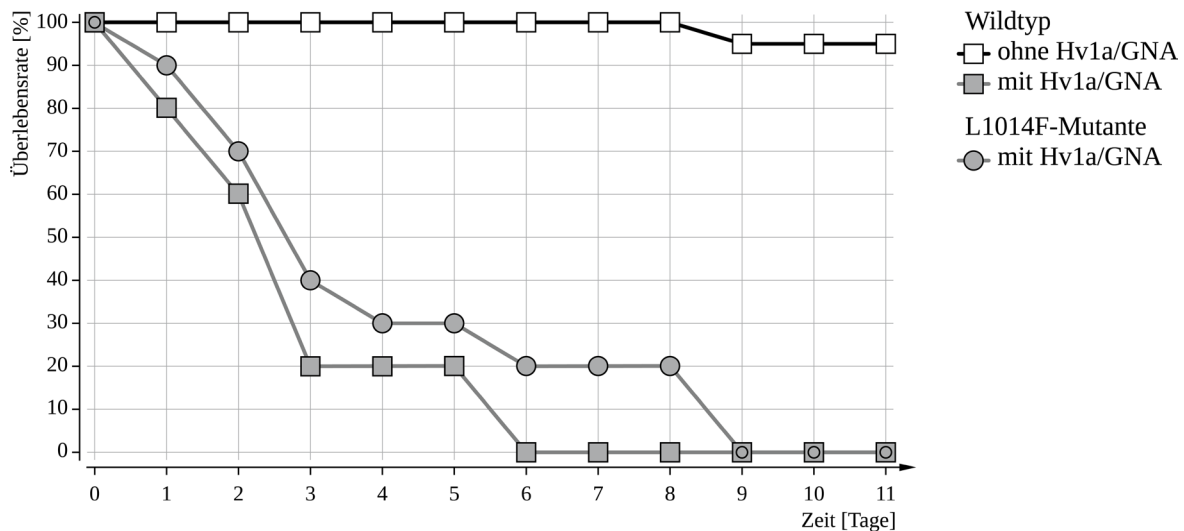
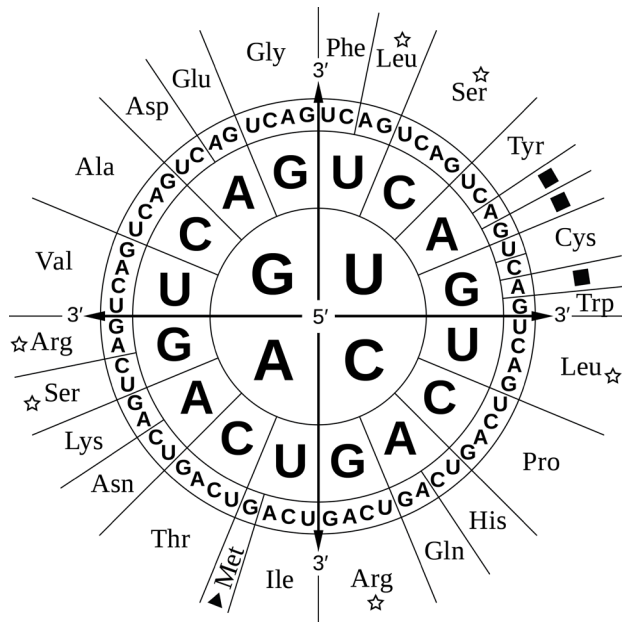


Abbildung 4 Überlebensrate von Wildtyp und L1014F-Mutante der Grünen Pfirsichlaus mit und ohne Zugabe von Hv1a/GNA-Futter. Die Messwerte der L1014F-Mutante ohne Zugabe von Hv1a/GNA entsprechen den Werten des Wildtyps ohne Hv1a/GNA-Zugabe und sind in der Abbildung nicht gezeigt.



Name: _____

Material D: Codesonne und Tabelle zum genetischen Code



► Start-Codon

■ Stopp-Codon

☆ zweimal auftretende Aminosäure

Ala	Alanin
Arg	Arginin
Asn	Asparagin
Asp	Asparaginsäure
Cys	Cystein
Gln	Glutamin
Glu	Glutaminsäure
Gly	Glycin
His	Histidin
Ile	Isoleucin
Leu	Leucin
Lys	Lysin
Met	Methionin
Phe	Phenylalanin
Pro	Prolin
Ser	Serin
Thr	Threonin
Trp	Tryptophan
Tyr	Tyrosin
Val	Valin

Erste Base 5'	Zweite Base				Dritte Base 3'
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	■	■	A
	Leu	Ser	■	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	► Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

*Unterlagen für die Lehrkraft***Abiturprüfung 2019***Biologie, Grundkurs***1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹**Thema: Neues Gift zur Blattlausbekämpfung**

1. Erklären Sie den in Abbildung 1A gezeigten Verlauf eines Aktionspotenzials. Fassen Sie die Ergebnisse mit Pyrethroid-Zugabe (Abbildung 1B) zusammen und deuten Sie diese im Hinblick auf die neurophysiologische Wirkung der Pyrethroide und auf die Folgen für das Insekt (Material A). (20 Punkte)
2. Ermitteln Sie den bei der L1014F-Mutation vorliegenden Mutationstyp (Materialien B und D) und erläutern Sie die Auswirkungen der Mutation auf das gebildete Polypeptid (Materialien A, B und D). Stellen Sie in einem Fließschema die mögliche Entstehung einer erhöhten Anzahl resistenter Grüner Pfirsichläuse innerhalb einer Population dar (Material B). (18 Punkte)
3. Werten Sie die in Abbildung 4 gezeigten Ergebnisse unter Berücksichtigung der neurophysiologischen Wirkungsweise des Toxins Hv1a aus (Material C). Bewerten Sie den Einsatz des Hv1a/GNA-Fusionsproteins in der Landwirtschaft (Materialien A bis C). (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Material A
Abbildung 1 verändert nach: Shafer et al., 2005, Abb. 3, S. 126
- Material B
Abbildung 2 verändert nach: Martinez-Torres et al., 1999, Abb. 1, S. 341
- Material C
Abbildung 3 verändert nach: Pyati et al., 2014, Abb. 1a, S. 1239
Abbildung 4 verändert nach: Yang, Fitches et al., 2014, Abb. 3A, S. 955

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

- Bass, C., Puinean, A. M., Zimmer, C. T., Denholm, I., Field, L. M., ... Williamson, M. S. (2014). The evolution of insecticide resistance in the peach potato aphid, *Myzus persicae*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 51, 41–51. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.05.003>
- Fitches, E. C., Pyati, P., King, G. F. & Gatehouse, J. A. (2012). Fusion to Snowdrop Lectin Magnifies the Oral Activity of Insecticidal ω -Hexatoxin-Hv1a Peptide by Enabling Its Delivery to the Central Nervous System. *PLOS ONE*, 7(6), e39389. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039389>
- Martinez-Torres, D., Foster, S. P., Field, L. M., Devonshire, A. L. & Williamson, M. S. (1999). A sodium channel point mutation is associated with resistance to DDT and pyrethroid insecticides in the peach-potato aphid, *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae). *Insect Molecular Biology*, 8(3), 339–346. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2583.1999.83121.x>
- Nakasu, E. Y. T., Williamson, S. M., Edwards, M. G., Fitches, E. C., Gatehouse, J. A., ... Gatehouse, A. M. R. (2014). Novel biopesticide based on a spider venom peptide shows no adverse effects on honeybees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1787), 20140619. <https://doi.org/10.1098/rspb.2014.0619>
- Pyati, P., Fitches, E. & Gatehouse, J. A. (2014). Optimising expression of the recombinant fusion protein biopesticide ω -hexatoxin-Hv1a/GNA in *Pichia pastoris*: sequence modifications and a simple method for the generation of multi-copy strains. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*, 41(8), 1237–1247. <https://doi.org/10.1007/s10295-014-1466-8>
- Shafer, T. J., Meyer, D. A. & Crofton, K. M. (2005). Developmental Neurotoxicity of Pyrethroid Insecticides: Critical Review and Future Research Needs. *Environmental Health Perspectives*, 113(2), 123–136. <https://doi.org/10.1289/ehp.7254>
- Yang, S., Fitches, E., Pyati, P. & Gatehouse, J. A. (2014). Effect of insecticidal fusion proteins containing spider toxins targeting sodium and calcium ion channels on pyrethroid-resistant strains of peach-potato aphid (*Myzus persicae*). *Pest Management Science*, 71(7), 951–956. <https://doi.org/10.1002/ps.3872>
- Yang, S., Pyati, P., Fitches, E. & Gatehouse, J. A. (2014). A recombinant fusion protein containing a spider toxin specific for the insect voltage-gated sodium ion channel shows oral toxicity towards insects of different orders. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 47, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ibmb.2014.01.007>

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2019

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf.

Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Neurobiologie

- Aufbau und Funktion von Neuronen
- Neuronale Informationsverarbeitung und Grundlagen der Wahrnehmung

Genetik

- Proteinbiosynthese
- Gentechnik

Evolution

- Grundlagen evolutiver Veränderungen

Ökologie

- Mensch und Ökosysteme

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- 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 den in Abbildung 1A gezeigten Verlauf eines Aktionspotenzials, sinngemäß: • Wird das Axon bis über einen bestimmten Wert (Schwellenwert) hinaus depolarisiert, öffnen sich spannungsabhängige Na^+-Ionenkanäle. • Aufgrund des Konzentrationsgradienten und des Ladungsgefälles diffundieren Na^+-Ionen aus dem umgebenden Medium in das Axon, wodurch es zu einer Depolarisation der Membran in den positiven Messbereich kommt (+30 mV). • Die Na^+-Ionenkanäle schließen sich nach 1–2 ms wieder und bleiben für eine kurze Zeit inaktiv. • Aufgrund der Depolarisation öffnen sich langsam spannungsabhängige K^+-Ionenkanäle. • Der Ausstrom von K^+-Ionen bewirkt die Repolarisation, d. h. die Rückkehr des Membranpotenzials zum Ruhepotenzial. • Da sich die K^+-Ionenkanäle langsam schließen, entsteht eine Hyperpolarisation der Membran, d. h., das Membranpotenzial nimmt kurzzeitig negativere Werte an als das Ruhepotenzial.	8
2	fasst die Ergebnisse mit Pyrethroid-Zugabe (Abbildung 1B) zusammen, sinngemäß: • Nach Pyrethroid-Zugabe bewirkt eine einmalige überschwellige Depolarisation mehrere Aktionspotenziale, wobei nach jedem Aktionspotenzial die Zellmembran weniger stark repolarisiert und die Amplituden bei jedem neuen Aktionspotenzial dementsprechend geringer werden. • Nach dem dritten Aktionspotenzial erfolgt kein weiteres. Das Membranpotenzial bleibt konstant, jedoch deutlich über dem Wert des Ruhepotenzials.	4
3	deutet diese im Hinblick auf die neurophysiologische Wirkung der Pyrethroide und auf die Folgen für das Insekt (Material A), z. B.: • Dies lässt darauf schließen, dass Pyrethroide eine andauernde Depolarisation der Axonmembran bewirken. • Pyrethroide binden an spannungsabhängige Na^+-Ionenkanäle und bewirken eine längere Öffnung bzw. eine verlangsamte Inaktivierung der Kanäle. • Dadurch strömen dauerhaft Na^+-Ionen in das Axon und das Membranpotenzial bleibt konstant positiver als das Ruhepotenzial (allmählicher Zusammenbruch des elektrochemischen Gradienten). <i>(Alternative sachlogische Lösungen werden entsprechend gewertet.)</i>	4
4	deutet diese im Hinblick auf die neurophysiologische Wirkung der Pyrethroide und auf die Folgen für das Insekt (Material A), z. B.: • Durch den Zusammenbruch des Ruhepotenzials ist das Axon nicht mehr erregbar. • Die Erregungsweiterleitung an den Neuronen wird somit unterbunden, was letztlich zum Tod des Insekts führt.	4
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	ermittelt den bei der L1014F-Mutation vorliegenden Mutationstyp (Materialien B und D), sinngemäß: - Bei der L1014F-Mutante hat an der ersten Position des 1014. Triplets ein Basenaustausch (T anstelle von C) stattgefunden. - Dies führt zum Einbau der Aminosäure Phenylalanin anstelle von Leucin in das Polypeptid. Es handelt sich daher um eine <i>Missense</i>-Mutation.	4
2	erläutert die Auswirkungen der Mutation auf das gebildete Polypeptid (Materialien A, B und D), z. B.: - Der Einbau einer anderen Aminosäure hat Einfluss auf die verschiedenen Strukturebenen (Primär-, Sekundär- und Tertiärstruktur) sowie auf die Funktion des gebildeten Polypeptids (hier: spannungsabhängiger Na⁺-Ionenkanal). - Da die Mutation eine Resistenz gegenüber Pyrethroiden vermittelt, könnte die Mutation die Bindung der Insektizide an den Kanal verringern, sodass diese wirkungslos bleiben. (Geht der Prüfling z. B. darauf ein, dass die Mutation offenbar nicht mit einer Funktionseinschränkung des Kanals verbunden ist, da die L1014F-Mutation bei Grünen Pfirsichläusen keine Fitness einschränkt, so stellt dies ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)	6
3	stellt in einem Fließschema die mögliche Entstehung einer erhöhten Anzahl resistenter Grüner Pfirsichläuse innerhalb einer Population dar (Material B), z. B.: <pre> graph TD A[Entstehung resistenter Grüner Pfirsichläuse durch eine zufällige Mutation] --> B[Einsatz von Pyrethroiden] B --> C[Absterben wildtypischer (nicht-resistenter) Grüner Pfirsichläuse] C --> D[Selektionsvorteil der Träger des L1014F-Allels] D --> E[vermehrte Weitergabe des Allels] E --> F[Erhöhte Anzahl an resistenten Grünen Pfirsichläusen] </pre> (Alternative fachlich korrekte Lösungen sind zu akzeptieren. Die volle Punktzahl darf nur vergeben werden, wenn der Prüfling ein im Umfang vergleichbares Fließschema darstellt. Überlegungen zu Fitness und Allelfrequenzen stellen ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	wertet die in Abbildung 4 gezeigten Ergebnisse unter Berücksichtigung der neurophysiologischen Wirkungsweise des Toxins Hv1a aus (Material C), z. B.: • Ohne die Zugabe von Hv1a/GNA überlebten die meisten der Wildtyp-Läuse. Bei Zugabe des Fusionsproteins Hv1a/GNA waren nach 6 Tagen alle Wildtyp-Läuse tot. Dies spricht für eine zeitverzögerte, effektive toxische Wirkung des Fusionsproteins. • Das Fusionsprotein zeigte ebenfalls eine tödliche Wirkung auf die L1014F-Mutanten, wobei die Überlebensrate erst nach 9 Tagen auf 0 % sank. • Das Toxin Hv1a hemmt spezifisch spannungsabhängige Ca^{2+}-Ionenkanäle an chemischen Synapsen von vielen Insektenarten und verhindert so den Ca^{2+}-IonenEinstrom in die Präsynapse und die Neurotransmitterausschüttung in den synaptischen Spalt. • Dadurch wird die Erregungsweiterleitung unterbunden. Dies kann z. B. Lähmungserscheinungen bewirken, die zum Tod führen können. • GNA befördert das Toxin Hv1a an seinen Wirkort im zentralen Nervensystem. Ohne GNA wäre Hv1a vermutlich wirkungslos. <i>(Eine vertiefte Erläuterung der Synapsenprozesse ist nicht erforderlich und stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i>	10
2	bewertet den Einsatz des Hv1a/GNA-Fusionsproteins in der Landwirtschaft (Materialien A bis C), z. B.: • Das Hv1a/GNA-Fusionsprotein wirkt auch bei solchen Grünen Pfirsichläusen, die eine L1014F-Mutation tragen, sehr effektiv und könnte daher die Schädigungen durch diese Läuse verringern und die landwirtschaftlichen Erträge steigern. • Da Hv1a kaum giftig für bestäubende Honigbienen ist, könnte das Protein in für die Bienen unschädlichen Konzentrationen auch breiter eingesetzt werden. • Hierfür spricht auch, dass Hv1a nicht auf Säugetiere wirkt. Eine Auswirkung z. B. auf den Menschen ist somit wahrscheinlich auszuschließen. • Allerdings müsste auch für andere ökologisch bedeutende Insektenarten eine entsprechende Ungefährlichkeit nachgewiesen werden, um negative Folgen für die betroffenen Ökosysteme auszuschließen. • Zudem ist es möglich, dass sich auch gegen das Hv1a/GNA-Fusionsprotein Resistenzen entwickeln. <i>(Zur Vergabe der vollen Punktzahl wird eine differenzierte Bewertung des Fusionsprotein-Einsatzes anhand von drei Aspekten erwartet. Alternative sachlogische Lösungen sind zu akzeptieren.)</i>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	• führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.	6

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

a) inhaltliche Leistung**Teilaufgabe 1**

	Anforderungen	Lösungsqualität ²			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt ...	8			
2	fasst zusammen ...	4			
3	deutet ...	4			
4	deutet ...	4			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	ermittelt ...	4			
2	erläutert ...	6			
3	stellt dar ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	18			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	wertet aus ...	10			
2	bewertet ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			

	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	54			
--	--	-----------	--	--	--

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	• führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ...	6			
	Summe Darstellungsleistung	6			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	60			
--	---	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote

(Bitte nach der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktsumme aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	60			
Übertrag der Punktsumme aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	60			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	120			

aus der Punktsumme resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle			
Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST			
Paraphe			

Berechnung der Endnote nach Anlage 4 der Abiturverfügung auf der Grundlage von § 34 APO-GOST

Die Klausur wird abschließend mit der Note _____ (____ Punkte) bewertet.

Unterschrift, Datum:

Grundsätze für die Bewertung (Notenfindung)

Für die Zuordnung der Notenstufen zu den Punktzahlen ist folgende Tabelle zu verwenden:

Note	Punkte	Erreichte Punktzahl
sehr gut plus	15	120 – 114
sehr gut	14	113 – 108
sehr gut minus	13	107 – 102
gut plus	12	101 – 96
gut	11	95 – 90
gut minus	10	89 – 84
befriedigend plus	9	83 – 78
befriedigend	8	77 – 72
befriedigend minus	7	71 – 66
ausreichend plus	6	65 – 60
ausreichend	5	59 – 54
ausreichend minus	4	53 – 48
mangelhaft plus	3	47 – 40
mangelhaft	2	39 – 33
mangelhaft minus	1	32 – 24
ungenügend	0	23 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2019

Biologie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Thema: Molekulare Anpasstheit von Säugetieren an ein Leben im Wasser

1. Erklären Sie kurz, inwiefern DNA-Sequenzen homologer Gene die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Arten widerspiegeln. Stellen Sie anhand von Abbildung 1 wesentliche Aspekte der stammesgeschichtlichen Entwicklung aquatisch lebender Säugetierarten dar und beurteilen Sie den Grad ihrer phylogenetischen Verwandtschaft (Material A). (18 Punkte)
2. Geben Sie mögliche mRNA-Codons für die Aminosäuren der Myoglobin-Varianten an, in denen sich die Sequenzen unterscheiden, und ermitteln Sie mögliche Mutationstypen (Tabelle 1, Materialien B und C). Erläutern Sie die wahrscheinlichen Auswirkungen der Mutationen (Material B) und werten Sie in diesem Zusammenhang Abbildung 2 aus. (20 Punkte)
3. Entwickeln Sie unter Bezug auf die synthetische Evolutionstheorie und das Konzept der Fitness eine ausführlich begründete Hypothese zur Entwicklung der Anpasstheiten der aquatisch und teilweise aquatisch lebenden Säugetiere hinsichtlich der Myoglobin-Varianten (Materialien A und B). Prüfen Sie in diesem Zusammenhang eine mögliche konvergente Entwicklung auf molekularer Ebene (Materialien A und B). (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Aquatisch und teilweise aquatisch lebende Säugetierarten

Im Verlauf der Evolution der ursprünglich landlebenden Säugetiere sind auch ganz oder teilweise wasserlebende (aquatische) Arten entstanden. In Abbildung 1 sind die Arten nach ihrer Lebensweise gekennzeichnet. Für rund 130 heute lebende Säugetierarten wurde ein phylogenetischer Stammbaum aus DNA-Sequenzen von 21 nukleären proteincodierenden Genen und fünf nukleären nicht-codierenden DNA-Regionen erstellt. Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus dem gesamten Stammbaum.

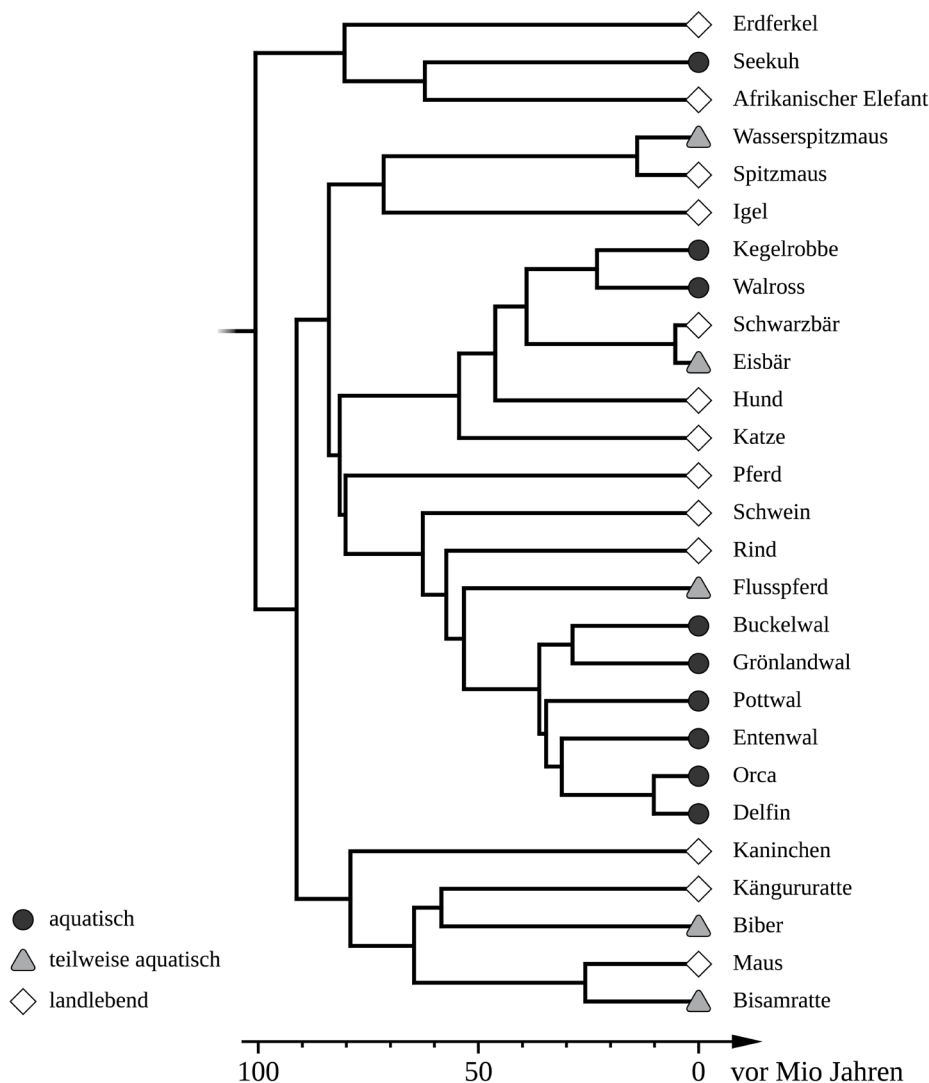


Abbildung 1 Phylogenetischer Stammbaum ausgewählter Säugetierarten.

Die Darstellung basiert auf Sequenzdaten nukleärer proteincodierender Gene sowie nukleärer nicht-codierender DNA-Regionen.



Name: _____

Material B: Verschiedene Myoglobin-Varianten bei Säugetieren

Viele wasserlebende Säugetiere können sehr ausdauernd die Atemluft anhalten und sind so zu langen Tauchgängen etwa bei der Jagd nach Beute in der Lage. Unter Wasser werden die Muskeln dann mit dem in ihnen gespeicherten Sauerstoff versorgt. Das Sauerstoff-bindende Protein Myoglobin im Muskel hat dabei eine Schlüsselfunktion. Myoglobin übernimmt den Sauerstoff vom Hämoglobin des Blutes, bindet ihn und setzt ihn bei Bedarf in den Muskelzellen frei. Die Funktionsfähigkeit von Myoglobin hängt von seiner Aminosäuresequenz ab, daher sind nur einige Bereiche des Proteins variabel.

Bei hohen Myoglobin-Konzentrationen neigt Myoglobin zur Bildung von Zusammenlagerungen und wird so in seiner Funktionsweise eingeschränkt. Eine Erhöhung der Oberflächenladung des Myoglobin-Moleküls kann wegen der Abstoßungskräfte zwischen den einzelnen Molekülen die Wahrscheinlichkeit der Zusammenlagerung verringern. Die verschiedenen, variablen Aminosäuren des Myoglobins beeinflussen seine Oberflächenladung. Der Einbau von Arginin, Histidin und Lysin zum Beispiel erhöht in der Regel die Oberflächenladung und damit die Abstoßungskräfte zwischen den Myoglobin-Molekülen.

Tabelle 1 Ausschnitte aus der Aminosäuresequenz des Myoglobins bei ausgewählten Arten.
Die Position der betreffenden Aminosäure im Myoglobin ist durch Zahlen angegeben.

Art	Position			
	... 115-116-117 ...	139-140-141	151-152-153	...
Kegelrobbe	... Leu-His-Ser ...	Arg-Asn-Asp	Phe-His-Gly	...
Schwein	... Leu-Gln-Ser ...	Arg-Asn-Asp	Phe-Gln-Gly	...
Orca	... Leu-His-Ser ...	Arg-Lys-Asp	Phe-His-Gly	...
Biber	... Leu-Gln-Ser ...	Arg-Lys-Asp	Phe-Gln-Gly	...

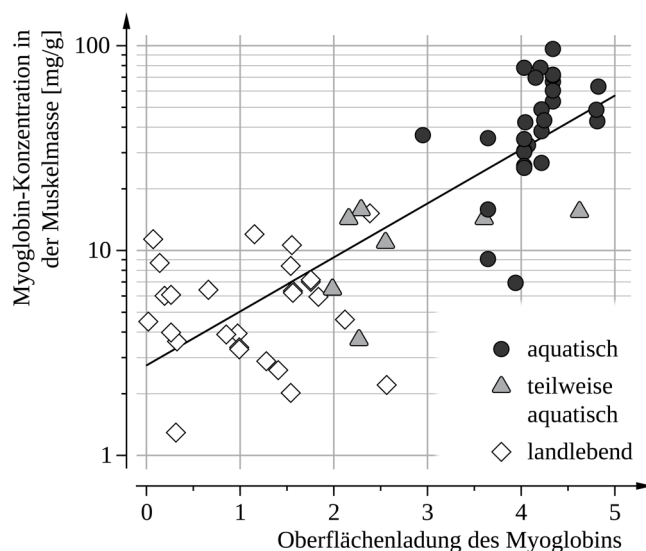
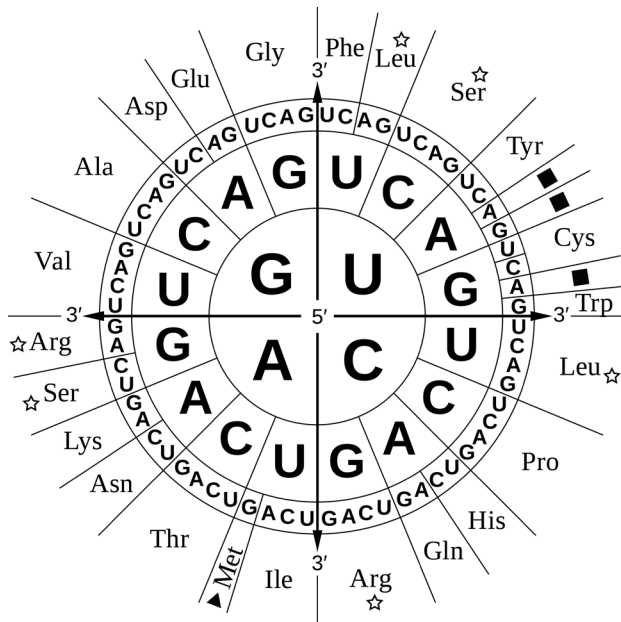


Abbildung 2 Myoglobin-Konzentration in der Muskelmasse in Abhängigkeit von der Oberflächenladung des Myoglobins.
Die Oberflächenladung wird ohne Einheit angegeben. Die Werte der in Abbildung 1 ausgewählten Säugetierarten sind hier enthalten.



Name: _____

Material C: Codesonne und Tabelle zum genetischen Code



► Start-Codon

■ Stopp-Codon

☆ zweimal auftretende Aminosäure

Ala	Alanin
Arg	Arginin
Asn	Asparagin
Asp	Asparaginsäure
Cys	Cystein
Gln	Glutamin
Glu	Glutaminsäure
Gly	Glycin
His	Histidin
Ile	Isoleucin
Leu	Leucin
Lys	Lysin
Met	Methionin
Phe	Phenylalanin
Pro	Prolin
Ser	Serin
Thr	Threonin
Trp	Tryptophan
Tyr	Tyrosin
Val	Valin

Erste Base 5'	Zweite Base				Dritte Base 3'
	U	C	A	G	
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	■	■	A
	Leu	Ser	■	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	► Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

*Unterlagen für die Lehrkraft***Abiturprüfung 2019***Biologie, Grundkurs***1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹**Thema: Molekulare Anpasstheit von Säugetieren an ein Leben im Wasser**

1. Erklären Sie kurz, inwiefern DNA-Sequenzen homologer Gene die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Arten widerspiegeln. Stellen Sie anhand von Abbildung 1 wesentliche Aspekte der stammesgeschichtlichen Entwicklung aquatisch lebender Säugetierarten dar und beurteilen Sie den Grad ihrer phylogenetischen Verwandtschaft (Material A). (18 Punkte)
2. Geben Sie mögliche mRNA-Codons für die Aminosäuren der Myoglobin-Varianten an, in denen sich die Sequenzen unterscheiden, und ermitteln Sie mögliche Mutationstypen (Tabelle 1, Materialien B und C). Erläutern Sie die wahrscheinlichen Auswirkungen der Mutationen (Material B) und werten Sie in diesem Zusammenhang Abbildung 2 aus. (20 Punkte)
3. Entwickeln Sie unter Bezug auf die synthetische Evolutionstheorie und das Konzept der Fitness eine ausführlich begründete Hypothese zur Entwicklung der Anpasstheiten der aquatisch und teilweise aquatisch lebenden Säugetiere hinsichtlich der Myoglobin-Varianten (Materialien A und B). Prüfen Sie in diesem Zusammenhang eine mögliche konvergente Entwicklung auf molekularer Ebene (Materialien A und B). (16 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Material A
Abbildung 1: eigene Darstellung unter Verwendung des Supplements zu Mirceta et al., 2013; Huson & Scornavacca, 2012; Meredith et al., 2011, Abb. 1
- Material B
Tabelle 1: eigene Darstellung unter Verwendung des Supplements zu Mirceta et al., 2013, Abb. S4
Abbildung 2: verändert nach Mirceta et al., 2013, Abb. 1B und dem Supplement, Tabelle S1

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

- Huson, D. H. & Scornavacca, C. (2012). Dendroscope 3: An Interactive Tool for Rooted Phylogenetic Trees and Networks. *Systematic Biology*, 61(6), 1061–1067.
<https://doi.org/10.1093/sysbio/sys062>
- Meredith, R. W., Janečka, J. E., Gatesy, J., Ryder, O. A., Fisher, C. A., ... Murphy, W. J. (2011). Impacts of the Cretaceous Terrestrial Revolution and KPg Extinction on Mammal Diversification. *Science*, 334(6055), 521–524.
<https://doi.org/10.1126/science.1211028>
- Mirceta, S., Signore, A. V., Burns, J. M., Cossins, A. R., Campbell, K. L. & Berenbrink, M. (2013). Evolution of Mammalian Diving Capacity Traced by Myoglobin Net Surface Charge. *Science*, 340(6138), 1234192. <https://doi.org/10.1126/science.1234192>
- Patalong, F. (2015, April 18). Konvergente Entwicklung: Die Evolution wiederholt sich doch. Abgerufen 10. September 2018, von <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/die-evolution-wiederholt-sich-doch-a-1028451.html>

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2019

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Evolution

- Grundlagen evolutiver Veränderung
- Stammbäume

Genetik

- Proteinbiosynthese

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- 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 kurz, inwiefern DNA-Sequenzen homologer Gene die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen Arten widerspiegeln, z. B.: • DNA-Sequenzen homologer Gene entsprechen Merkmalen auf molekularer Ebene und können zwischen Arten verglichen werden. Sie werden nach Ähnlichkeit geordnet. • Je weiter zwei Arten phylogenetisch voneinander entfernt sind, umso länger liegt der Zeitpunkt der Trennung ihrer Entwicklungslinien zurück und umso mehr Mutationen können sich während dieser Zeit angesammelt haben. <i>(Andere, aus dem Unterricht bekannte Darstellungen sind ebenfalls zu akzeptieren. Die Erklärung einer molekularen Uhr kann ggf. als zusätzliches aufgabenbezogenes Kriterium bewertet werden.)</i>	4
2	stellt anhand von Abbildung 1 wesentliche Aspekte der stammesgeschichtlichen Entwicklung aquatisch lebender Säugetierarten dar (Material A), z. B.: • Aquatisch lebende Arten finden sich in verschiedenen Entwicklungslinien bei den Säugetieren. • Seekühe und Elefanten gehen auf einen gemeinsamen Vorfahren zurück. • Walross und Kegelrobbe haben gemeinsame Vorfahren mit den Bären. Ihre Entwicklungslinie trennte sich vor etwa 40 Millionen Jahren von der Linie, die zu den Bären führt. • Die Entwicklungslinie der Wale und Delfine zweigt von der Entwicklungslinie ab, die zum Rind führt. Der letzte gemeinsame Vorfahre dieser Taxa lebte vor etwa 60 Millionen Jahren.	8
3	beurteilt den Grad ihrer phylogenetischen Verwandtschaft (Material A), z. B.: • Zwischen den aquatisch lebenden Arten der Säugetiere liegt bei Walen und Delfinen eine engere phylogenetische Verwandtschaft vor. Zwischen Kegelrobbe und Walross liegt ebenfalls eine engere phylogenetische Verwandtschaft vor. • Zwischen den Gruppen von Walross und Kegelrobbe einerseits sowie andererseits den Walen und Delfinen liegt keine engere phylogenetische Verwandtschaft vor, da ihr letzter gemeinsamer Vorfahre vor etwa 80 Millionen Jahren existierte und sich davon ausgehend ganz unterschiedliche Linien der Säugetiere entwickelten. • Die Seekühe gehören zu einer anderen Entwicklungslinie, die sich bereits vor rund 100 Millionen Jahren abspaltete.	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl																							
	Der Prüfling																								
1	gibt mögliche mRNA-Codons für die Aminosäuren der Myoglobin-Varianten an, in denen sich die Sequenzen unterscheiden (Tabelle 1, Materialien B und C), z. B.: <table><tr><th rowspan="2">Art</th><th colspan="3">mRNA-Codon an Position</th></tr><tr><th>5' → 116</th><th>140</th><th>152 → 3'</th></tr><tr><td>Kegelrobbe</td><td>CAU oder CAC</td><td>AAC oder AAU</td><td>CAU oder CAC</td></tr><tr><td>Schwein</td><td>CAA oder CAG</td><td>AAC oder AAU</td><td>CAA oder CAG</td></tr><tr><td>Orca</td><td>CAU oder CAC</td><td>AAA oder AAG</td><td>CAU oder CAC</td></tr><tr><td>Biber</td><td>CAA oder CAG</td><td>AAA oder AAG</td><td>CAA oder CAG</td></tr></table> (Die Angabe jeweils eines korrekten, veränderten Codons ist für die Vergabe der vollen Punktzahl ausreichend.)	Art	mRNA-Codon an Position			5' → 116	140	152 → 3'	Kegelrobbe	CAU oder CAC	AAC oder AAU	CAU oder CAC	Schwein	CAA oder CAG	AAC oder AAU	CAA oder CAG	Orca	CAU oder CAC	AAA oder AAG	CAU oder CAC	Biber	CAA oder CAG	AAA oder AAG	CAA oder CAG	6
Art	mRNA-Codon an Position																								
	5' → 116	140	152 → 3'																						
Kegelrobbe	CAU oder CAC	AAC oder AAU	CAU oder CAC																						
Schwein	CAA oder CAG	AAC oder AAU	CAA oder CAG																						
Orca	CAU oder CAC	AAA oder AAG	CAU oder CAC																						
Biber	CAA oder CAG	AAA oder AAG	CAA oder CAG																						
2	ermittelt mögliche Mutationstypen (Tabelle 1, Materialien B und C), z. B.: An den Positionen 116, 140 und 152 sind Aminosäureaustausche bei den Myoglobin-Varianten zu erkennen, also können hier Punktmutationen im Myoglobin-Gen in Form von Missense-Mutationen vorliegen. (Es ist keine Ausgangssequenz angegeben, sodass auch eine andere, fachlich korrekte Darstellung entsprechend zu bewerten ist.)	4																							
3	erläutert die wahrscheinlichen Auswirkungen der Mutationen (Material B), z. B.: - Bei den aquatisch lebenden Arten Kegelrobbe und Orca treten bei Position 116 und 152 Austausche von Glutamin gegen Histidin auf. Histidin bewirkt eine Erhöhung der Oberflächenladung des Myoglobins bei Kegelrobbe und Orca verglichen mit dem Myoglobin des Schweins. - Orca und Biber besitzen an Position 140 Lysin statt Asparagin. Auch dieser Austausch erhöht die Oberflächenladung des Myoglobins.	4																							
4	wertet in diesem Zusammenhang Abbildung 2 aus, z. B.: - Viele aquatisch lebende Säugetiere besitzen hohe Myoglobin-Konzentrationen in ihren Muskelzellen, die bis zu 100 mg Myoglobin/g Muskelmasse erreichen können. Bei diesen hohen Konzentrationen ist eine Zusammenlagerung des Myoglobins wahrscheinlich. - Die Oberflächenladung des Myoglobins liegt mit Werten um 4 oder 5 bei aquatisch lebenden Arten deutlich höher als bei den landlebenden Arten (Werte zwischen 0 und 2,5) der Säugetiere. Die Erhöhung der Oberflächenladung der Myoglobin-Varianten bewirkt Abstoßungskräfte zwischen den einzelnen Molekülen und verringert so die Wahrscheinlichkeit der Zusammenlagerung. Somit können auch bei hohen Myoglobin-Konzentrationen die Myoglobin-Moleküle ihre Funktion uneingeschränkt ausüben.	6																							
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)																								

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	entwickelt unter Bezug auf die synthetische Evolutionstheorie und das Konzept der Fitness eine ausführlich begründete Hypothese zur Entwicklung der Angepasstheiten der aquatisch und teilweise aquatisch lebenden Säugetiere hinsichtlich der Myoglobin-Varianten (Materialien A und B), z. B.: • Evolutionsfaktoren wie Mutation und Rekombination bewirken zufällige Varianten bei Lebewesen, unter denen die Individuen mit den besten Angepasstheiten durch Selektionsvorteile eine größere reproduktive Fitness erreichen. • Zufällige Mutationen im Myoglobin-Gen konnten in den Säugetier-Entwicklungslinien, in denen aquatisch oder teilweise aquatisch lebende Arten vorkommen, für Aminosäureaustausche verantwortlich sein, bei denen vermehrt Aminosäuren wie Histidin, Lysin oder Arginin eingebaut wurden. • Bei hoher Myoglobin-Konzentration im Muskel tauchender Säugetiere blieben aufgrund der höheren Oberflächenladung die Myoglobin-Moleküle voll funktional, so dass in den Muskelzellen mehr Sauerstoff gespeichert und bei Bedarf abgegeben werden konnte. Dies stellte einen Selektionsvorteil dar.	6
2	entwickelt unter Bezug auf die synthetische Evolutionstheorie und das Konzept der Fitness eine ausführlich begründete Hypothese zur evolutionären Entwicklung der Angepasstheiten der aquatisch und teilweise aquatisch lebenden Säugetiere hinsichtlich der Myoglobin-Varianten (Materialien A und B), z. B.: • Tauchende Säugetiere mit großer Effizienz bei der Nahrungsaufnahme, etwa der Jagd nach Beute, besitzen Selektionsvorteile. Daher können Individuen, die länger und ausdauernder tauchen und Nahrung erbeuten, vermehrt ihre Allele in den Genpool der Folgegeneration einbringen und so ihre reproduktive Fitness erhöhen. So verbreiten sich die betreffenden Allele des Myoglobin-Gens in den Populationen. <i>(Die Begründung, dass die Kosten der erhöhten Produktion von Myoglobin durch den Selektionsvorteil der effizienteren Sauerstoffspeicherung bei aquatischen Arten ausgeglichen werden, stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i>	4
3	prüft in diesem Zusammenhang eine mögliche konvergente Entwicklung auf molekularer Ebene (Materialien A und B), z. B.: • In ganz verschiedenen Entwicklungslinien der Säugetiere kommen aquatisch oder teilweise aquatisch lebende Arten vor. Daher ist es wahrscheinlich, dass mehrfach unabhängig ein Übergang vom Land- zum Wasserleben stattgefunden hat. • Biber und Orca zum Beispiel sind phylogenetisch nicht näher verwandt, aber besitzen beide an Position 140 Lysin statt Asparagin im Myoglobin. • Da ähnliche Mutationen im Myoglobin-Gen in ganz unterschiedlichen Entwicklungslinien der Säugetiere auftreten, liegt aufgrund eines gleichen Selektionsdrucks eine konvergente Entwicklung auf molekularer Ebene vor. <i>(Zur Vergabe der vollen Punktzahl muss eine Begründung auf Basis der Materialien erfolgen.)</i>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	• führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.	6

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

a) inhaltliche Leistung**Teilaufgabe 1**

	Anforderungen	Lösungsqualität ²			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt kurz ...	4			
2	stellt dar ...	8			
3	beurteilt ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	gibt an ...	6			
2	ermittelt ...	4			
3	erläutert ...	4			
4	wertet aus ...	6			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	20			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	entwickelt eine ausführlich begründete Hypothese ...	6			
2	entwickelt eine ausführlich begründete Hypothese ...	4			
3	prüft ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	16			
	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	54			

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	• führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ...	6			
	Summe Darstellungsleistung	6			
	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	60			

Die Festlegung der Gesamtnote erfolgt auf dem Auswertungsbogen in GK HT 1.



Name: _____

Abiturprüfung 2019

Biologie, Grundkurs

Aufgabenstellung:

Thema: Ökologie der Kaltwasserkorallen

1. Ermitteln Sie zu den in Material A genannten Organismen die jeweiligen Trophieebenen und stellen Sie kurz die besondere Bedeutung der Art *Lophelia pertusa* für das Ökosystem dar (Material A). (8 Punkte)
2. Analysieren Sie die interspezifischen Beziehungen zwischen *Lophelia pertusa* und *Eunice norvegica* anhand des Informationstextes (Material B). Fassen Sie die in Abbildung 1 gezeigten Versuchsergebnisse zusammen und werten Sie diese in Bezug auf die interspezifischen Beziehungen aus (Material B). Entwickeln Sie eine Hypothese für die veränderte Nahrungsaufnahme bei Zusammenhaltung (Materialien A und B). (21 Punkte)
3. Skizzieren Sie eine schematische Toleranzkurve für den abiotischen Faktor Temperatur und erläutern Sie die Temperaturtoleranz bei *Lophelia pertusa* im Vergleich zu Warmwasserkorallen im natürlichen Lebensraum (Material C). Vergleichen Sie die Mittelwerte der Wachstumsraten bei 8 °C und 12 °C in Abbildung 2 und diskutieren Sie diese vor dem Hintergrund des erwarteten Anstieges der Temperatur und der Kohlenstoffdioxidkonzentration der Meere bis zum Ende des Jahrhunderts (Material C). (25 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Ökosystem Korallenriff

Lophelia pertusa ist eine der wichtigsten riffbildenden Kaltwasserkorallenarten im Nordatlantik. Als Filtrierer erbeutet diese Koralle mit ihren Tentakeln aktiv Phytoplankton (fotosynthetisch aktive Algen) und Zooplankton (tierische Kleinstlebewesen) aus dem Wasser. Korallen wie *Lophelia pertusa* wachsen einzeln zwischen 5 und 34 mm pro Jahr, formen jedoch zusammen mit ihren Kalkablagerungen über die Zeit meterhohe Steinkorallenriffe, welche ein eigenes Ökosystem darstellen: Lebende Korallen als Besiedler des höchsten Punktes des Riffs haben relativ wenige Begleitarten, welche die Lücken besiedeln. Dazu zählen einige filtrierende Muscheln und Krebstiere, die sich ebenfalls von Phyto- und Zooplankton ernähren, sowie der räuberische Rotbarsch, der sich unter anderem von kleinen Fischen und Krebstieren ernährt. Das vielfältigste Leben herrscht in der darunter folgenden zweiten Zone, wo das Kalkgerüst der abgestorbenen Korallen mit seinen vielen kleinen Hohlräumen Unterschlupf bietet. Insgesamt wurden bislang mehr als 1 300 Tierarten bestimmt, die an und in Kaltwasserkorallenriffen allein im Nordatlantik vorkommen.

Material B: Wechselbeziehungen zwischen dem Borstenwurm *Eunice norvegica* und der Korallenart *Lophelia pertusa*

Häufig findet man die Borstenwurmart *Eunice norvegica* in engem Kontakt mit der Korallenart *Lophelia pertusa*. *E. norvegica* formt pergamentartige Röhren zwischen lebenden Korallenästen, welche später durch die Korallen verkalken. Daher wird vermutet, dass der Wurm das Riff durch Verbinden und Verdicken verstärkt. Beobachtungen zeigten auch, dass *E. norvegica* gelegentlich Nahrung von seiner Nachbar-koralle erbeutet, während er gleichzeitig die Koralle von Schmutz reinigt und sie durch aggressives Territorialverhalten vor möglichen Räubern beschützt.

Die Interaktionen zwischen *E. norvegica* und *L. pertusa* wurden in Aquarien quantitativ untersucht. Dazu wurden zwei typische Futterquellen, kleinere Algen und größere Salzwasserkrebse, mit ^{13}C -Isotopen markiert, um die Kohlenstoffaufnahme bei *E. norvegica* und *L. pertusa* zu messen (Abbildung 1).

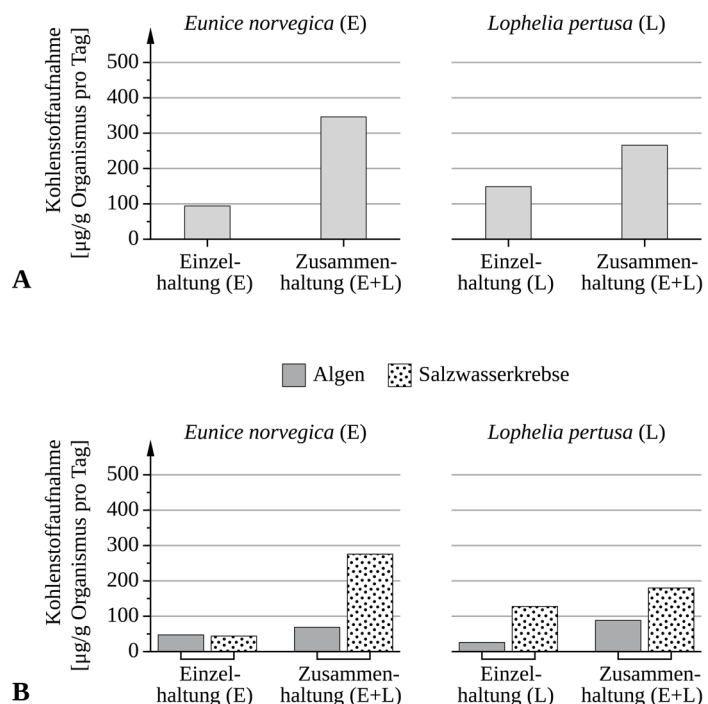


Abbildung 1 Kohlenstoffaufnahme **A** bei Einzel- und Zusammenhaltung und **B** zusätzlich differenziert nach Futterquelle



Name: _____

Material C: Einflussfaktoren auf das Wachstum von *Lophelia pertusa*

Kaltwasserkorallen sind Korallenarten, die in kaltem oder tiefem Wasser vorkommen – im Gegensatz zu ihren tropischen Verwandten (Warmwasserkorallen), die ausschließlich in warmen, oberflächennahen Gewässern zu finden sind und nur wenige Grad Celsius an Temperaturschwankungen tolerieren. *Lophelia pertusa* wächst im natürlichen Lebensraum bei $-1,8\text{ °C}$ und bis $+14,9\text{ °C}$. Bei Vorhandensein niedriger Wassertemperaturen und ausreichender Nahrung findet man die Korallen auch im flachen Wasser zum Beispiel der norwegischen Fjorde.

Eine Bedrohung für die Kaltwasserkorallen ist unter anderem die Ansäuerung des Meerwassers, gemessen mittels des pH-Wertes. Die Ansäuerung beruht auf der Bildung von Kohlensäure, die durch die steigende Aufnahme von Kohlenstoffdioxid im Meerwasser entsteht. Reines Wasser ist neutral und hat einen pH-Wert von 7. Der pH-Wert von Meerwasser ist leicht alkalisch und liegt zwischen 7,5 und 8,4. Möglicherweise könnten zukünftig Werte erreicht werden, die die Kalkbildung nicht nur behindern oder verhindern, sondern im sauren Bereich bei pH-Werten unter 7 eventuell zur Lösung der Kalkstrukturen führen.

Um mehr über die Zukunft der Korallen zu erfahren, wurden *Lophelia pertusa* sechs Monate lang in den Laboren des GEOMAR-Zentrums für Ozeanforschung in Kiel gehalten. Die Wassertemperatur in einigen Aquarien blieb wie im norwegischen Riff bei 8 °C , in anderen wurde sie auf 12 °C erhöht. Die Kohlenstoffdioxid-Konzentration wurde entweder bei aktuellen Werten gehalten (pH-Wert von ca. 7,9) oder auf den für das Ende dieses Jahrhunderts erwarteten Wert erhöht (pH-Wert von ca. 7,7). Als Futterquelle wurde ein Gemisch aus Algen und Salzwasserkrebsen in einem 1:1-Gemisch angeboten.

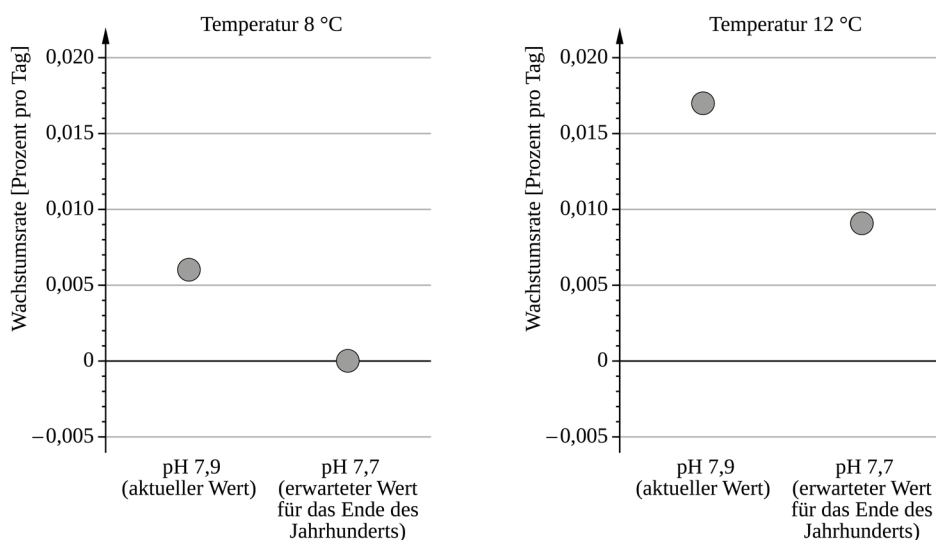


Abbildung 2 Mittelwerte der Wachstumsrate von *Lophelia pertusa* in Abhängigkeit verschiedener Einflussfaktoren

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2019****Biologie, Grundkurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung einer Aufgabe, die fachspezifisches Material enthält

2. Aufgabenstellung¹**Thema: Ökologie der Kaltwasserkorallen**

1. Ermitteln Sie zu den in Material A genannten Organismen die jeweiligen Trophieebenen und stellen Sie kurz die besondere Bedeutung der Art *Lophelia pertusa* für das Ökosystem dar (Material A).
(8 Punkte)
2. Analysieren Sie die interspezifischen Beziehungen zwischen *Lophelia pertusa* und *Eunice norvegica* anhand des Informationstextes (Material B). Fassen Sie die in Abbildung 1 gezeigten Versuchsergebnisse zusammen und werten Sie diese in Bezug auf die interspezifischen Beziehungen aus (Material B). Entwickeln Sie eine Hypothese für die veränderte Nahrungsaufnahme bei Zusammenhaltung (Material B).
(21 Punkte)
3. Skizzieren Sie eine schematische Toleranzkurve für den abiotischen Faktor Temperatur und erläutern Sie die Temperaturtoleranz bei *Lophelia pertusa* im Vergleich zu Warmwasserkorallen im natürlichen Lebensraum (Material C). Vergleichen Sie die Mittelwerte der Versuchsergebnisse bei 8 °C und 12 °C in Abbildung 2 und diskutieren Sie diese vor dem Hintergrund des erwarteten Anstieges der Temperatur und der Kohlenstoffdioxidkonzentration der Meere (Material C).
(25 Punkte)

3. Materialgrundlage

- Material B
Abbildung 1 verändert nach: Mueller et al., 2013, Abb. 2, S. 5
- Material C
Abbildung 2 verändert nach: Büscher et al., 2017, Abb. 1, S. 6
- Büscher, J. V., Form, A. U. & Riebesell, U. (2017). Interactive Effects of Ocean Acidification and Warming on Growth, Fitness and Survival of the Cold-Water Coral *Lophelia pertusa* under Different Food Availabilities. *Frontiers in Marine Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00101>

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

- Hall-Spencer, J. M. & Stehfest, K. M. (2009). *OSPAR Commission – Background Document for Lophelia pertusa reefs*. London, UK.
- Kaltwasserkorallen: Versauerung schadet, Wärme hilft. (2017, April 27). Abgerufen 18. Januar 2019, von <https://www.geomar.de/entdecken/artikel/article/kaltwasserkorallen-versauerung-schadet-waerme-hilft/>
- Maier, C., Schubert, A., Sánchez, M. M. B., Weinbauer, M. G., Watremez, P. & Gattuso, J.-P. (2013). End of the Century pCO₂ Levels Do Not Impact Calcification in Mediterranean Cold-Water Corals. *PLOS ONE*, 8(4), e62655. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0062655>
- Mueller, C. E., Lundälv, T., Middelburg, J. J. & Oevelen, D. van. (2013). The Symbiosis between *Lophelia pertusa* and *Eunice norvegica* Stimulates Coral Calcification and Worm Assimilation. *PLOS ONE*, 8(3), e58660. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058660>
- Strömberg, S. M. & Östman, C. (2017). The cnidome and internal morphology of *Lophelia pertusa* (Linnaeus, 1758) (Cnidaria, Anthozoa). *Acta Zoologica*, 98(2), 191–213. <https://doi.org/10.1111/azo.12164>
- WWF Deutschland & TRAFFIC Europe-Germany. (2009, Dezember). Kaltwasserkorallen. Hintergrundinformation. Abgerufen von www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF-Arten-Portraet-Kaltwasserkorallen.pdf

4. Bezüge zum Kernlehrplan und zu den Vorgaben 2019

Die Aufgaben weisen vielfältige Bezüge zu den Kompetenzerwartungen und Inhaltsfeldern des Kernlehrplans bzw. zu den in den Vorgaben ausgewiesenen Fokussierungen auf. Im Folgenden wird auf Bezüge von zentraler Bedeutung hingewiesen.

1. Inhaltsfelder und inhaltliche Schwerpunkte

Ökologie

- Umweltfaktoren und ökologische Potenz
- Dynamik von Populationen
- Stoffkreislauf und Energiefluss
- Mensch und Ökosysteme

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- GTR (Grafikfähiger Taschenrechner) oder CAS (Computer-Algebra-System)
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe 1

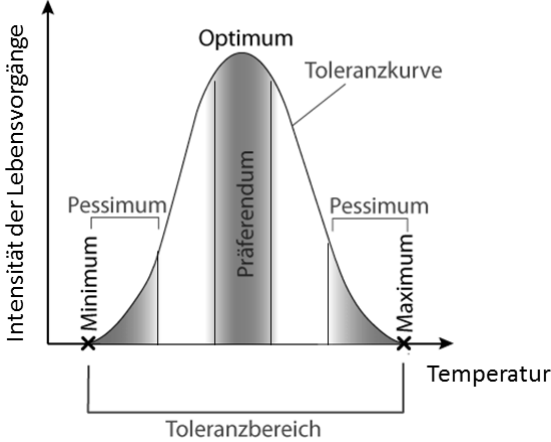
	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	ermittelt zu den in Material A genannten Organismen die jeweiligen Trophieebenen, sinngemäß: - Die Algen des Phytoplanktons sind Produzenten. - Das Zooplankton bildet die Konsumenten erster Ordnung. - Kaltwasserkorallen, Krebstiere und Muscheln sind Konsumenten erster Ordnung und zweiter Ordnung, da sie sich von Phytoplankton und Zooplankton ernähren. - Rotbarsche sind Konsumenten zweiter und dritter Ordnung (ggf. Endkonsumenten im Ökosystem).	4
2	stellt kurz die besondere Bedeutung der Art <i>Lophelia pertusa</i> für das Ökosystem dar (Material A), z. B.: <i>Lophelia pertusa</i> ist als Steinkoralle eine riffbildende Art. <i>Lophelia pertusa</i> bildet vor allem mit dem abgestorbenen Kalkgerüst den Lebensraum in seiner strukturellen Vielfalt als Voraussetzung für die dortige Artenvielfalt.	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	analysiert die interspezifischen Beziehungen zwischen <i>Lophelia pertusa</i> und <i>Eunice norvegica</i> anhand des Informationstextes (Material B), z. B.: - Die Individuen der beiden Arten stehen in enger, feststehender räumlicher Beziehung zueinander. - Das Erbeuten von Futter durch <i>E. norvegica</i> von seiner Nachbarkoralle deutet auf Parasitismus hin. - Das Reinigen und Schützen der Korallen deutet dagegen auf eine Symbiose hin. (Der Aspekt, dass das Verkalken der Wohnröhren durch <i>E. norvegica</i> für <i>L. pertusa</i> metabolische Kosten (Nachteil) bedeutet, jedoch das Riff insgesamt stabilisiert und somit indirekt auch <i>L. pertusa</i> selbst zugutekommt (Vorteil), stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)	6
2	fasst die in Abbildung 1 gezeigten Versuchsergebnisse zusammen, z. B.: Abbildung 1A: - Im Vergleich zur Einzelhaltung von <i>E. norvegica</i> erfolgt bei Zusammenhaltung mit <i>L. pertusa</i> beinahe eine Vervierfachung der Kohlenstoffaufnahme pro Tag und Gramm Körpergewicht. - Im Vergleich zur Einzelhaltung erfolgt auch bei <i>L. pertusa</i> bei Zusammenhaltung mit <i>E. norvegica</i> eine deutliche Erhöhung der Kohlenstoffaufnahme pro Tag und Gramm Körpergewicht.	6

	Abbildung 1B: - Die Differenzierung nach Nahrungsart zeigt, dass <i>E. norvegica</i> bei Zusammenhaltung ein Vielfaches mehr an Salzwasserkrebsen aufnimmt als in Einzelhaltung (von weniger als 50 µg/Tag auf knapp 300 µg/Tag), während die Aufnahme von Algen kaum beeinflusst wird. <i>L. pertusa</i> assimiliert bei Zusammenhaltung sowohl mehr Kohlenstoff aus Salzwasserkrebsen als auch aus Algen im Vergleich zur Einzelhaltung. (Die Angabe der genauen Daten wird für die Vergabe der vollen Punktzahl nicht erwartet.)	
3	wertet diese in Bezug auf die interspezifischen Beziehungen aus (Material B), z. B.: - Der Anstieg der Kohlenstoffaufnahme von <i>E. norvegica</i> bei Zusammenhaltung lässt sich mit dem beobachteten Erbeuten von Nahrung von <i>L. pertusa</i> erklären. - Dagegen legt der Anstieg der Kohlenstoffaufnahme von <i>L. pertusa</i> bei Zusammenhaltung nahe, dass <i>L. pertusa</i> einen Vorteil durch das Zusammenleben mit <i>E. norvegica</i> hat. - Die quantitativen Untersuchungen belegen, dass beide Arten vom Zusammenleben profitieren und in einer symbiotischen Beziehung zueinander stehen.	6
4	entwickelt eine Hypothese für die veränderte Nahrungsaufnahme bei Zusammenhaltung (Materialien A und B), z. B.: Die Korallen können ihre Nahrung wie Phyto- und Zooplankton aktiv mithilfe ihrer Tentakel heranstrudeln und so anreichern. <i>E. norvegica</i> profitiert bei Zusammenhaltung von <i>L. pertusa</i>, da <i>E. norvegica</i> möglicherweise Salzwasserkrebse von <i>L. pertusa</i> vermehrt erbeutet. (Andere schlüssige Hypothesen können alternativ aufgeführt werden und sind entsprechend zu bewerten.)	3
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	skizziert eine schematische Toleranzkurve für den abiotischen Faktor Temperatur, sinngemäß: 	6
2	erläutert die Temperaturtoleranz bei <i>Lophelia pertusa</i> im Vergleich zu Warmwasserkorallen im natürlichen Lebensraum (Material C), z. B.:	6

	- Da <i>L. pertusa</i> im natürlichen Lebensraum bei Temperaturen zwischen minus 1,8 und plus 14,9 °C wächst, liegen diese Wassertemperaturen im Toleranzbereich dieser Kaltwasserkoralle. <i>L. pertusa</i> ist daher in Bezug auf die Temperatur euryök (eurytherm). - Warmwasserkorallen tolerieren hingegen nur Schwankungen von wenigen Grad Celsius sind daher stenök in Bezug auf die Temperatur (stenotherm). <i>(Konkrete Aussagen über das Temperaturoptimum, Pessimum und Präferendum für L. pertusa lassen sich dem Material nicht entnehmen.)</i>	
3	vergleicht die Mittelwerte der Wachstumsraten bei 8 °C und 12 °C in Abbildung 2, z. B.: - Sinkt der pH-Wert, so sinkt auch die Wachstumsrate. Bei Versauerungs-Bedingungen und unveränderten Wassertemperaturen wachsen die Korallen langsamer. - Steigt die Temperatur um 4 °C auf 12 °C an, so steigt die Wachstumsrate unter gleichen pH-Werten an. Zudem kann festgestellt werden: - Bei einem pH-Wert von 7,9 verdreifacht sich die Wachstumsrate bei Temperaturanstieg um 4 °C auf 12 °C. - Bei verringertem pH-Wert steigt die Wachstumsrate bei einer Temperaturerhöhung über das Niveau wie in kälterem Wasser bei höherem pH-Wert.	6
4	diskutiert diese vor dem Hintergrund des erwarteten Anstieges der Temperatur und der Kohlenstoffdioxidkonzentration der Meere bis zum Ende des Jahrhunderts (Material C), z. B.: - Wie die Ergebnisse des Versuches zeigen, würde <i>L. pertusa</i> von einem Anstieg der Wassertemperatur durch den Klimawandel auf 12 °C sogar profitieren. - Bei erhöhten Temperaturen würden sich die Korallen trotz Versauerung etwa genauso schnell entwickeln wie unter heutigen CO₂-Konzentrationen und Wassertemperaturen. - Auch wenn die Ansäuerung einen negativen Effekt auf das Wachstum von <i>L. pertusa</i> hat, würde der pH-Wert durch den erwarteten Kohlensäureanstieg im Meerwasser nicht in den sauren Bereich kommen und daher würde ein Lösen der Kalkgerüste der Korallenriffe nicht eintreffen. - Im Experiment haben sich die prognostizierten Veränderungen der beiden abiotischen Faktoren Temperatur und CO₂-Konzentration/pH-Wert in ihrer Wirkung gegenseitig kompensiert. Ein gleichzeitiger Anstieg der Wassertemperaturen könnte <i>L. pertusa</i> helfen, den negativen Folgen der Ozeanversauerung entgegenzuwirken. - Sofern die Ansäuerung jedoch stärker würde oder aber der Temperaturanstieg in den Pessimumbereich gerät, käme es zum Absterben der Korallen. <i>(Erläuterungen, inwiefern E. norvegica die steigenden Temperaturen und Ansäuerung verträgt und dadurch ggf. die symbiotische Beziehung zu L. pertusa nicht mehr möglich ist, stellen ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i>	7
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
	- führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. - strukturiert seine Darstellung sachgerecht. - verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. - gestaltet seine Arbeit formal ansprechend.	6

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

a) inhaltliche Leistung**Teilaufgabe 1**

	Anforderungen	Lösungsqualität ²			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	ermittelt ...	4			
2	stellt kurz dar ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 1. Teilaufgabe	8			

Teilaufgabe 2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	analysiert ...	6			
2	fasst zusammen ...	6			
3	wertet aus ...	6			
4	entwickelt eine Hypothese ...	3			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 2. Teilaufgabe	21			

Teilaufgabe 3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	skizziert ...	6			
2	erläutert ...	6			

² EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

3	vergleicht ...	6			
4	diskutiert ...	7			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe 3. Teilaufgabe	25			

	Summe der 1., 2. und 3. Teilaufgabe	54			
--	--	-----------	--	--	--

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	• führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ...	6			
	Summe Darstellungsleistung	6			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	60			
--	---	-----------	--	--	--

Die Festlegung der Gesamtnote erfolgt auf dem Auswertungsbogen in GK HT 1.