



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

Schriftliche Abiturprüfung Schuljahr 2023/2024

Biologie auf grundlegendem Anforderungsniveau an allgemeinbildenden und beruflichen gymnasialen Oberstufen

Haupttermin
Donnerstag, 2. Mai 2024, 09:00 Uhr

Unterlagen für die Lehrkräfte

Diese Unterlagen sind nicht für die Prüflinge bestimmt.

Diese Unterlagen enthalten:

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

1. Allgemeines¹

- Weisen Sie bitte die Prüflinge auf die allgemeinen Arbeitshinweise hin.
- Die Arbeitszeit beträgt **240 Minuten**. Eine Lese- und Auswahlzeit von **30 Minuten** ist der Arbeitszeit vorgeschaltet. In dieser Zeit darf noch nicht mit der Bearbeitung der Aufgaben begonnen werden.
- Hilfsmittel: Taschenrechner (nicht programmierbar, nicht grafikfähig), Zeichenhilfsmittel, zugelassene Formelsammlung, Rechtschreibwörterbuch

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

- Die Bearbeitungszeit wird um 30 Minuten auf **270 Minuten** erhöht.
- Ein nicht-elektronisches Wörterbuch Deutsch – Herkunftssprache / Herkunftssprache – Deutsch wird bereitgestellt.

2. Rückmeldebogen für die Zweيتدurchsicht

Bitte umgehend ausfüllen und

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

Information für die Zweيتدurchsicht

Fach:

Biologie

auf grundlegendem Anforderungsniveau

Kurs-Nummer: _____

Bearbeitet wurden die folgenden Aufgaben:

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

3. Hinweise zu den Aufgaben

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

4. Hinweise zum Korrekturverfahren

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

5. Bewertung und Erwartungshorizont

I. Bewertung

Jeder Aufgabe sind 50 Bewertungseinheiten (BE) zugeordnet. In allen Teilaufgaben werden nur ganze BE vergeben. Insgesamt sind 100 BE erreichbar. Bei der Festlegung von Notenpunkten gilt die folgende Tabelle:

Erbrachte Leistung (in BE)	Notenpunkte	Erbrachte Leistung (in BE)	Notenpunkte
≥ 95	15	≥ 55	7
≥ 90	14	≥ 50	6
≥ 85	13	≥ 45	5
≥ 80	12	≥ 40	4
≥ 75	11	≥ 33	3
≥ 70	10	≥ 27	2
≥ 65	9	≥ 20	1
≥ 60	8	< 20	0

Für die Erteilung der **Note gut** (11 Punkte) ist mindestens erforderlich, dass die Prüflinge annähernd vier Fünftel der erwarteten Gesamtleistung sowie Leistungen in allen drei Anforderungsbereichen erbracht haben. Dabei muss die Prüfungsleistung in ihrer Gliederung, in der Gedankenführung, in der Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen. Es ist erforderlich, dass je nach Aufgabenstellung

- Sachverhalte und Fachmethoden korrekt dargestellt und in abgegrenzten Gebieten korrekt angewendet werden,
- Kenntnisse und Fachmethoden stellenweise zur Lösung von Problemen selbständig herangezogen werden,
- Kommunikations- und Darstellungsformen korrekt angewendet und in Teilen selbständig ausgewählt werden,
- Bezüge hergestellt und Bewertungsansätze wiedergegeben werden und
- die Darstellung in ihrer Gliederung und Gedankenführung klar strukturiert und nachvollziehbar ist sowie den allgemeinen und fachsprachlichen Anforderungen voll entspricht.

Für die Erteilung der **Note ausreichend** (5 Punkte) ist mindestens erforderlich, dass die Prüflinge annähernd die Hälfte der erwarteten Gesamtleistung und über den Anforderungsbereich I hinaus Leistungen in einem weiteren Anforderungsbereich erbracht haben. Es ist erforderlich, dass je nach Aufgabenstellung

- Sachverhalte korrekt wiedergegeben und in Teilen korrekt angewendet werden,
- einfache Fachmethoden korrekt beschrieben und in Teilen korrekt angewendet werden,
- vorgegebene Kommunikations- und Darstellungsformen korrekt angewendet werden,
- einfache Bezüge aufgezeigt werden und
- die Darstellung erkennbar geordnet und sprachlich verständlich ist.

Die zwei voneinander unabhängigen Aufgaben der Prüfungsaufgabe werden jeweils mit 50 Bewertungseinheiten bewertet. Die erbrachte Gesamtleistung ergibt sich aus der Summe der Bewertungseinheiten in den beiden Aufgaben.

Bei erheblichen Mängeln in der sprachlichen Richtigkeit und der äußeren Form sind bei der Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistung zudem je nach Schwere und Häufigkeit der Verstöße bis zu zwei

Notenpunkte abzuziehen. Dazu gehören auch Mängel in der Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen sowie falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text.

II. Erwartungshorizont

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

Kursiv gedruckte Passagen sind Hinweise an die korrigierenden Lehrkräfte. Sie sind nicht Bestandteile der erwarteten Schülerleistung.

Aufgabe I: Spinale Muskelatrophie

Schwerpunkt: Molekulargenetik und Gentechnik

	Lösungsskizze Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten. <u>Der Prüfling...</u>	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<u>... nennt die drei Mutationsarten:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Genommutationen, - Genmutationen und - Chromosomenmutationen. 	3		
	<u>... beschreibt diese drei Mutationsarten:</u> <ul style="list-style-type: none"> - Bei der Genommutation verändert sich die Chromosomenanzahl. → Chromosom zu viel oder zu wenig - Bei der Chromosomenmutation verändert sich die Struktur des Chromosoms. → Ein Stück eines oder mehrerer Chromosomen werden nach einem Abriss nicht wieder eingebaut (Deletion), nach einem Abriss falschherum eingefügt (Inversion), mehrmals eingebaut (Duplikation), das Chromosomenabbruchstück wird an einer falschen Stelle im Chromosom oder an einem anderen Chromosom eingebaut (Insertion). - Bei der Genmutation verändert sich ein einzelnes betroffenes Gen. → Die Basenabfolge ändert sich. Punktmutationen: Deletion, Insertion, Substitution 	1 4 3		

b)	<p>... stellt jeweils in einem Fließschema die notwendigen Verfahrensschritte der PCR und der Gelelektrophorese dar:</p> <div><div>PCR</div><div>Das DNA-Material wird aus den Proben der Personen extrahiert</div></div> <div><div>Denaturierung: Erhitzen auf 94-96°C (20-30 Sek.) Die Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den komplementären Basen werden aufgebrochen. Der Doppelstrang wird in seine beiden Einzelstränge getrennt</div><div>Primerhybridisierung: Schnelles Abkühlen auf 50-65°C (20-40 Sek.) Anlagerung der Primer an die Einzelstränge</div><div>Elongation: Erhitzen auf ca. 72°C. Die hitzestabile Taq-Polymerase beginnt mit der Verknüpfung der Nukleotide. Kontinuierliche Verknüpfung auf beiden Strängen (3' nach 5' aus Sicht des Matrizenstrangs)</div></div> <p>Die obigen drei Schritte werden mind. 20-30 Mal in einem Thermocycler wiederholt und so wird die DNA amplifiziert.</p> <div><div>Gelelektrophorese: Jede Probe und die Kontrolle werden in die hierfür vorgesehenen Taschen in das Agarose Gel aufgetragen</div><div>Der Strom wird für eine bestimmte Zeit angestellt</div><div>Hierdurch wandern die DNA-Fragmente je nach Molekülgröße und Ladung unterschiedlich schnell durch das Agarose Gel zur Anode.</div><div>Das Gel wird anschließend mit Farbstoff angefärbt. (Die Farbstoffmoleküle lagern sich zwischen die Basen der Nukleinsäuremoleküle ein und fluoreszieren bei ultraviolettem Licht)</div><div>Aus den Bandenstrukturen können nun Rückschlüsse gezogen werden</div></div>	3		
		2		

c)	<p><u>... erklärt das hierdurch zustandekommende Ergebnis (Material 1):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Durch die PCR wurden die Bereiche der DNA, die von Interesse sind, vervielfältigt. - Von Interesse sind das <i>SMN1</i>-Gen und das <i>SMN2</i>-Gen. Lediglich sie werden vervielfältigt, da die Restriktionsenzyme passend zu dieser DNA-Sequenz ausgewählt wurden. - Mithilfe von spezifischen Primern, Nukleotiden, Enzymen und dem Thermocycler werden ebendiese DNA-Sequenzen vervielfältigt. - Anschließend werden die beiden DNA-Sequenzen durch die Gelelektrophorese aufgrund ihrer Länge aufgetrennt. Das kürzere <i>SMN2</i>-Gen wandert in derselben Zeit weiter durch das Agarose-Gel als das längere <i>SMN1</i>-Gen. - Liegt bei der getesteten Person die SMN-Krankheit vor, wird das <i>SMN1</i>-Gen aufgrund seiner Mutation nicht vervielfältigt. Infolgedessen erscheint kein Bandenmuster an dieser Stelle. 		5	
d)	<p><u>... bestimmt die erkrankten Personen (Abb. 1.1):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - erkrankte Personen: Person 1 und Person 3. <p><u>... entwickelt eine Prognose für den Krankheitsverlauf der erkrankten Personen (Material 1), bei der er/sie den phänotypischen Krankheitsverlauf genetisch begründet:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Person 3 verfügt über kein intaktes <i>SMN1</i>-Gen. - Person 3 wird einen milderen Verlauf haben, da sie über mehrere <i>SMN2</i>-Gen-Kopien verfügt und so einige funktionsfähige Proteine herstellen wird. - Die SMN-Proteine werden hergestellt, jedoch nicht in ausreichender Menge. - Einige Motoneuronen könnten dennoch absterben. - Person 1 besitzt kein intaktes <i>SMN1</i>-Gen. - Person 1 wird einen schweren Verlauf haben, da sie nur über wenige Kopien des <i>SMN2</i>- Gens verfügt und so weniger funktionsfähige Proteine herstellen wird. - Somit werden schneller Motoneuronen absterben - Die Krankheit wird ohne medikamentöse Therapie schneller und umfangreicher auftreten. 	2	1	3 1 1 3 1
e)	<p><u>... stellt die mRNA sowie die notwendige Oligonukleotid-Sequenz für das Medikament Nusinersen dar (Abb. 3.1):</u></p> <p>mRNA: GUA AGU CUG CCA GCA UUA UGA AAG UGA AUC Nusinersen: CAT TCA GAC GGT CGT AAT ACT. TTC. ACT. TAG</p> <p><i>Eine Lösung mit RNA-Nukleotiden für die Oligonukleotid-Sequenz (Nusinersen) ist gleichwertig zu bewerten.</i></p> <p>mRNA: GUA AGU CUG CCA GCA UUA UGA AAG UGA AUC</p>		8	

	<p>Nusinersen: CAU UCA GAC GGU CGU AAU ACU UUC ACU UAG</p> <p><u>... ordnet</u> den Mutationstyp zu (Material 1) und <u>begründet</u> die Zuordnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es handelt sich hier um eine Genmutation. → Punktmutation, da lediglich ein Nukleotid ausgetauscht worden ist (Substitution). <p>... <u>erklärt</u>, weshalb Nusinersen eine durch eine <i>SMN1</i>-Mutation verursachte Krankheit heilt, obwohl es nur auf <i>SMN2</i> wirkt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Die durch <i>SMN1</i> und <i>SMN2</i> codierten Proteine wären funktionsgleich, wenn die Mutation in <i>SMN2</i> nicht zu einer Verkürzung des von <i>SMN2</i> codierten Proteins führen würde. Wenn durch eine Mutation in <i>SMN1</i> dieses auch funktionsunfähig wird, bricht die Krankheit SMA aus, weil gar kein funktionsfähiges SMN mehr vorliegt. Durch Nusinersen wird trotz mutiertem <i>SMN2</i> funktionsfähiges SMN produziert, so dass SMA therapiert werden kann. 		1 2	4
Insgesamt 50 BE		18	19	13

Aufgabe II: Fischsterben in der Oder

Schwerpunkt: Ökologie und Nachhaltigkeit

Lösungsskizze Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten. Der Prüfling...		Zuordnung Bewertung																		
		I	II	III																
a)	<p><u>... gibt die Definition des Begriffes der ökologischen Nische an:</u></p> <p>Eine ökologische Nische beschreibt die Wechselwirkungen zwischen einer Art und allen für diese Art relevanten abiotischen und biotischen Umweltfaktoren, die das Überleben dieser Art beeinflussen.</p> <p><u>... beschreibt die ökologischen Nischen der dargestellten Fischarten:</u></p> <table><tr><th>Art</th><th>Vorkommen</th><th>Laichort</th><th>Nahrung</th></tr><tr><td>Baltischer Stör</td><td>Brackwasserbereiche des Oder-Deltas (Küstengebiete und Ästuarien)</td><td>Fluss</td><td>Insekten</td></tr><tr><td>Atlantischer Lachs</td><td>gemäßigte und küstennahe Gewässer des Atlantiks, Wachstumsphase im Meer</td><td>Flüsse, in denen sie geschlüpft sind, wie z. B. in die Zuflüsse des Oder-Deltas</td><td>Weichtiere, Insektenlarven, kleinere Fische</td></tr><tr><td>Europäischer Aal</td><td>Fluss, nachtaktiv</td><td>Sargassosee</td><td>Wirbellose (Krebse und Würmer) und kleine Fische</td></tr></table> <p><u>... und vergleicht die Nischen miteinander:</u></p> <p>Überlappung der ökologischen Nischen bei der Nahrung, allerdings größtenteils Konkurrenzvermeidung durch unterschiedliche Lebensräume und Zeitpunkte der Nahrungssuche.</p>	Art	Vorkommen	Laichort	Nahrung	Baltischer Stör	Brackwasserbereiche des Oder-Deltas (Küstengebiete und Ästuarien)	Fluss	Insekten	Atlantischer Lachs	gemäßigte und küstennahe Gewässer des Atlantiks, Wachstumsphase im Meer	Flüsse, in denen sie geschlüpft sind, wie z. B. in die Zuflüsse des Oder-Deltas	Weichtiere, Insektenlarven, kleinere Fische	Europäischer Aal	Fluss, nachtaktiv	Sargassosee	Wirbellose (Krebse und Würmer) und kleine Fische	2		
Art	Vorkommen	Laichort	Nahrung																	
Baltischer Stör	Brackwasserbereiche des Oder-Deltas (Küstengebiete und Ästuarien)	Fluss	Insekten																	
Atlantischer Lachs	gemäßigte und küstennahe Gewässer des Atlantiks, Wachstumsphase im Meer	Flüsse, in denen sie geschlüpft sind, wie z. B. in die Zuflüsse des Oder-Deltas	Weichtiere, Insektenlarven, kleinere Fische																	
Europäischer Aal	Fluss, nachtaktiv	Sargassosee	Wirbellose (Krebse und Würmer) und kleine Fische																	
b)	<p><u>... nennt drei Faktoren, von denen die Photosyntheseleistung abhängig ist:</u></p> <ul style="list-style-type: none">- Licht- Kohlenstoffdioxidkonzentration- Temperatur <p><u>... wertet die Messergebnisse aus Material 3 aus:</u></p> <p>Konzentration verschiedener Nährstoffe (Abb. 3.2):</p> <ul style="list-style-type: none">- Die Konzentrationen von Schwefel (ca. 40 mg/l), Magnesium (ca. 25mg/l) und Kalium (ca. 15 mg/l) verändern sich im Messzeitraum kaum.- Die Chlorid-Konzentration steigt von 170 mg/l auf knapp 300 mg/l am 09.08. und sinkt dann wieder auf 250 mg/l am 15.08.2022.	9	4																	

	<ul style="list-style-type: none"> - Die Natrium-Konzentration steigt von ca. 100 mg/l auf knapp 200 mg/l am 10.08.2022 und sinkt dann wieder auf 160 mg/l am 15.08.2022. - Die Calcium-Konzentration fällt leicht von 90mg/l am 25.07.2022 auf 70 mg/l am 09.08.2022. <p>Chlorophyll-a-Konzentration (Abb. 3.3):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Keine Messwerte an der Messstation Hohenwutzen zwischen dem 09.08. und dem 12.08. - Keine Messwerte an der Messstation Frankfurt (Oder) zwischen dem 09.08. und dem 17.08. - An der Messstation Frankfurt (Oder) steigt die Chlorophyll-a-Konzentration (in Mikrogramm/l) von 10 Mikrogramm/l am 06.08. abrupt auf 180 Mikrogramm/l bis zum 09.08. an. - Die nächste Messung am 17.08. weist sogar 270 Mikrogramm/l auf. Danach sinkt der Wert wieder auf 50 Mikrogramm/l. - An der Messstation Hohenwutzen I ist nur ein leichter Anstieg der Chlorophyllkonzentration von 10 auf 30 Mikrogramm/l zu verzeichnen. (Nicht erwartet, aber positiv zu bewerten ist, wenn thematisiert werden sollte, dass die hohen Messwerte in Frankfurt/Oder zweitversetzt auch in Hohenwutzen zu erwarten wären, da die Messtelle Hohenwutzen flussabwärts der von Frankfurt/Oder liegt.) - Dem Fischsterben in der Oder ging eine parallele Erhöhung der Chlorophyll- und somit Algenkonzentration und der Konzentrationen der Mineralstoffe im Flusswasser voraus. Zwischen diesen Erhöhungen und dem Fischsterben besteht wahrscheinlich ein Zusammenhang. 	3	9	
c)	<p><u>... arbeitet anhand der Messergebnisse heraus, warum es im Vorfeld des Fischsterbens in der Oder zu einer massiven Ausbreitung der Goldalge gekommen ist:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Die Messergebnisse legen nahe, dass es im Vorwege des Fischsterbens im August 2022 zu verschiedenen Veränderungen gekommen ist: - erhöhter Salzgehalt, nachgewiesen durch die Erhöhung der Chlorid- und der Natriumkonzentration (Beleg-Hinweis: Abb. 3.2). - Diese günstigen abiotischen Umweltbedingungen begünstigen die Ausbreitung der Goldalge (Begründung in Material 2: Die Alge kann sich bei hohem Salzgehalt schnell vermehren). - Die Konzentrationen von Kalzium (Ca), Schwefel (S), Magnesium (Mg) und Kalium (K) haben sich kaum verändert und scheinen daher keinen Einfluss auf das Algenwachstum zu haben. - erhöhter Chlorophyllgehalt (Bestandteil der Alge) (Beleg-Hinweis: Abb. 3.3). - weist auf Ausbreitung der Algen hin (viel Chlorophyll = viele Algen). 		2	1 1
d)	<p><u>... entwickelt eine Hypothese über mögliche Auswirkungen des Fischsterbens auf das Ökosystem im und am Wasser:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Fischsterben führt zu einer Verschlechterung der Wasserqualität und zu unangenehmen Gerüchen. Dies beeinträchtigt die Nutzung des Wassers für Trinkwasser, Erholung usw. 		1	

	- Das Nahrungsnetz im Fluss wird stark beeinträchtigt.		1	
	- Das Fehlen von Fressfeinden könnte eine starke Vermehrung bestimmter Arten nach sich ziehen.			1
	- Besonders widerstandsfähige Arten könnten empfindlichere Arten verdrängen.			1
	- Dies beeinträchtigt die Stabilität und Resilienz des Ökosystems gegenüber weiteren Veränderungen und Störungen.			2
	- Es wird zu einer massiven Zunahme von Destruenten im Fluss kommen.			
	- Die Remineralisierung durch Zersetzungsprodukte könnte zu einer Eutrophierung des Gewässers führen.		1	1
	- Sollten in Nebenarmen der Oder Populationen überlebt haben, können sie den Fluss schnell wieder besiedeln und so zu einer Regeneration des Ökosystems der Oder beitragen.			1
	- Nicht-aquatische Fressfeinde und Aasfresser würden sich kurzzeitig durch das Kadaverangebot vermehren und dann wegen Nahrungsmangel massiv in der Populationsgröße schrumpfen.		1	1
	- Generalisten mit einem breiten Nahrungsspektrum werden Vorteile gegenüber Spezialisten haben.			2
	Andere plausible Hypothesen sind gleichermaßen zu bewerten.			
Insgesamt 50 BE		14	23	13

Aufgabe III: Marine Biotoxine

Schwerpunkt: Neurobiologie und Selbstverständnis

	Lösungsskizze Die Lösungsskizze versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für eine Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten. <u>Der Prüfling...</u>	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<p><u>... nennt und skizziert vier unterschiedliche Transportmechanismen durch eine Biomembran (Doppellipid-Membran):</u></p> <p>- Vier unterschiedliche Transportmechanismen werden genannt (siehe Skizze).</p> <p><u>Abbildung</u></p> <p>Quelle: verändert nach Braun, J. & Paul, A. (Hrsg.) (2011): Biologie. Heute SII. Schroedel: Braunschweig.</p> <p><i>Vier unterschiedliche Transportmechanismen und eine Angabe des Konzentrationsgradienten sind gefordert:</i></p> <p>passiver Transport: entlang dem elektrochemischen Gradienten (in Pfeilrichtung)</p> <p>aktiver Transport: gegen den elektrochemischen Gradienten (Pfeilrichtung zum Außenmedium)</p> <p><i>Hinweis: Die Skizze sollte übersichtlich, klar nachvollziehbar und mit einer Beschriftung versehen sein.</i></p>	2		
		12		
b)	<p><u>... stellt die Studienergebnisse aus Material 2 dar und erklärt die Wirkungsmechanismen von Ciguatoxin unter Berücksichtigung der verschiedenen Vergiftungssymptome (Material 1 und 2):</u></p> <p>Darstellung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ergebnisse Abb. 2.1 A: Das Ruhemembranpotential ist bei Ciguatoxineinwirkung positiver (-51 mV) im Vergleich zur Kontrolle (-60 mV). Die Amplitudenhöhe/ der Peak des Aktionspotentials ist leicht verringert. Die Repolarisation verläuft weniger steil und etwas verzögert. Die Hyperpolarisation ist deutlich verkürzt bzw. kaum ausgeprägt. – Ergebnisse Abb. 2.1 B: Membrandepolarisationen nehmen mit zunehmender Ciguatoxinkonzentration deutlich zu: Bei einer Ciguatoxinkonzentration von 2 nM ist eine Membrandepolarisation von etwa 3,5 mV zu erkennen, bei 20 nM von etwa 18 mV. <p>Erklärung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ciguatoxin aktiviert und öffnet spannungsabhängige Natriumionen-Kanäle (vgl. Infotext Material 2), sodass verstärkt Na^+ entsprechend ihres Konzentrationsgradienten in die Nervenzelle einströmen. Die Membranspannung wird dadurch positiver (vgl. Abb. 2.1 A). 		4	

	<ul style="list-style-type: none"> – Da das Ruhepotential deutlich näher am bzw. schon leicht über dem Schwellenwert zum Auslösen eines Aktionspotentials liegt, ist die Axonmembran leichter erregbar. – Viele Aktionspotentiale bis hin zu Dauerregungen können auftreten (vgl. Abb. 2.1 A/B), was die vielfältigen (neurologischen) Symptome erklären kann. – Viele aufeinanderfolgende Aktionspotentiale bewirken an der chemischen Synapse eine erhöhte Ausschüttung von Neurotransmittern, z. B. von Acetylcholin oder anderen Neurotransmittern, infolge eines verstärkten Calciumionen-Einstroms durch spannungsabhängige Ca^{2+}-Kanäle. – Da spannungsabhängige Na^{+}-Kanäle an vielen verschiedenen Neuronen mit unterschiedlichen Neurotransmittern (erregend/hemmend) im menschlichen Körper vorkommen, sind vor allem die unterschiedlichen neurologischen Symptome wie Kribbeln, Muskelschmerzen und Muskelschwäche zu erklären. – Nicht erwartet, sollte aber bei Erwähnung positiv bewertet werden: Ciguatoxin bewirkt zusätzlich eine Deaktivierung und Blockade spannungsabhängiger K^{+}-Kanäle. – Nicht erwartet, sollte aber bei Erwähnung positiv bewertet werden: Die veränderte Repolarisations- und Hyperpolarisationsphase (vgl. Abb. 2.1 A) können als Folgen eines verringerten bzw. blockierten K^{+}-Ausstroms durch die sich zeitlich später öffnenden spannungsabhängigen K^{+}-Kanäle (vgl. Abb. 2.1 A) erklärt werden. – Nicht erwartet, sollte aber bei Erwähnung positiv bewertet werden: Die lang andauernden Beschwerden durch eine Ciguatoxinvergiftung verweisen auf eine recht stabile und lange Bindung an Na^{+}- (und K^{+}-)Kanälen. – Nicht erwartet, sollte aber bei Erwähnung positiv bewertet werden: Die Abnahme der Amplitude des Aktionspotentials kann dadurch erklärt werden, dass bei Ciguatoxingabe zum Zeitpunkt des Maximums des Aktionspotentials durch die vorhergehende Öffnung spannungsabhängiger Natriumkanäle weniger noch nicht offene Natriumkanäle zur Verfügung stehen als im Kontrollfall. – Nicht erwartet, sollte aber bei Erwähnung positiv bewertet werden: Die verzögerte Repolarisation und die ausbleibende Hyperpolarisation kommen dadurch zustande, dass Ciguatoxin das Schließen der spannungsabhängigen Natriumkanäle verzögern und die spannungsabhängigen Kaliumkanäle blockieren muss. 		8	4
--	--	--	---	---

c)	<p><u>... beurteilt, inwiefern Brevenal als Gegengift für eine Ciguatoxinvergiftung infrage kommen könnte (Material 2 und 3):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ciguatoxin bewirkt im Kontrollversuch eine deutliche Katecholaminausschüttung (14%) im Vergleich zur Nichtbehandlung, was als Stress- und Alarmreaktion der Zellen infolge der Vergiftung einzuordnen ist. – Brevenal reduziert die Katecholaminausschüttung unter Ciguatoxineinwirkung erheblich (mit nur 5%). – Brevenal kommt somit grundsätzlich als Gegengift infrage, da es die Wirkung von Ciguatoxin deutlich herabsetzt und zusätzlich <p><u>... erklärt, inwiefern Brevenal als Gegengift für eine Ciguatoxinvergiftung in Frage kommen könnte (Material 2 und 3):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – an derselben Rezeptorbindungsstelle des spannungsgesteuerten Na⁺-Kanals wie Ciguatoxin (vgl. Infotext Material 3) bindet. – Eine Übertragung auf die Bindungsstärke von Ciguatoxin ist generell denkbar, zumal die Katecholaminausschüttung herabgesetzt wird. – Brevenal wirkt jedoch nicht toxisch und hat somit keine negative Wirkung auf den Na⁺-Kanal. – Brevenal würde dementsprechend nur die Wirkung von Ciguatoxin unterbinden. – Inwiefern jedoch Brevenal Ciguatoxin von seiner Rezeptorbindungsstelle dauerhaft verdrängen kann, kann mit dem Material nicht beantwortet werden. 		3	5
----	--	--	---	---

d)	<p><u>... untersucht die neurobiologischen Wirkungen von Ciguatoxin auf den Transmembran-Kationenkanal TRPA1 (Material 4) sowie die physiologische Auswirkung der Giftwirkung auf den Körper zur Erklärung der Kälteüberempfindlichkeit (alle Materialien):</u></p> <p>Abb. 4.1:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ciguatoxin (P-CTX-1) führt bei wt-Mäusen mit TRPA1-Kanälen schon bei 15°C zu knapp 70 Zuckungen, die als Reaktion auf Schmerzen interpretiert werden, zu einer deutlich erhöhten Kälteempfindlichkeit (Kältebrennschmerz) im Vergleich zu TRPA1-defizienten Mäusen (TRPA^{-/-}) mit nur knapp 30 Zuckungen. – Daraus lässt sich schließen, dass TRPA1 durch die Wirkung von Ciguatoxin für die Vermittlung der Kälteüberempfindlichkeit verantwortlich ist. – TRPA1 gilt als Kältesensor, der normalerweise bei schädigenden kalten Temperaturen unter 10°C aktiviert wird (vgl. Infotext Material 4). Unter Ciguatoxineinwirkung wird dieser demnach schon bei höheren Temperaturen aktiviert. – Dies kann man aufgrund einer ähnlichen neurophysiologischen Ausstattung von Säugetieren generell auf Menschen übertragen. <p>Abb. 4.2:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Im Falle einer Ciguatoxinvergiftung wird der TRPA1-Kanal schon bei viel höheren und normalerweise als angenehm empfundenen Temperaturen (hier bei ca. 20°C Hauttemperatur) indirekt über einen spannungsgesteuerten Na⁺-Kanal aktiviert. – Ciguatoxin aktiviert und öffnet spannungsgesteuerte Na⁺-Kanäle, sodass Na⁺ entsprechend ihres Konzentrationsgradienten in das Zellinnere der freien Nervenendigung einströmen und die Membran depolarisieren. – Das Membranpotential verändert sich infolge der Depolarisation von -60 mV auf -51 mV, wodurch der TRPA1-Kanal durch diese Membranspannungsänderung nachfolgend aktiviert und geöffnet wird. (<i>Hinweis: Im Originalbild ist das Ruhemembranpotential ohne Ciguatoxin (Abb. 4.2 A) bei -65 mV, unter Ciguatoxineinwirkung (Abb. 4.2 B) bei -55 mV.</i>) – Na⁺ und Ca²⁺ strömen entsprechend ihres Konzentrationsgradienten durch den TRPA1-Kationenkanal in das Zellinnere ein und depolarisieren verstärkt benachbarte Membranabschnitte (Rezeptorpotential, sensorische Transduktion), – sodass sich benachbarte spannungsabhängige Na⁺-Kanäle zusätzlich bzw. weiterhin öffnen und einen verstärkten Na⁺-Einstrom bewirken (verstärkte Depolarisation). – Bei Überschreiten einer bestimmten Reizschwelle werden Aktionspotentiale ausgelöst/generiert, die die Kälteinformation über schmerz sensible Nervenfasern ans Gehirn weiterleiten (vgl. Material 4): Die Empfindung des Kältebrennschmerzes entsteht. 		4	
			4	
Insgesamt 50 BE		14	23	13