



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

Schriftliche Abiturprüfung Schuljahr 2023/2024

Biologie auf erhöhtem Anforderungsniveau an allgemeinbildenden 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 **300 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 **330 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 erhöhtem 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. Der Prüfling...	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<p><u>... beschreibt die Charakteristika eines „autosomal-rezessiven Erbgangs“ und eines „autosomal-dominanten Erbgangs“:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ein autosomal-rezessiver Erbgang ist eine Vererbung, bei der das veränderte Allel auf beiden homologen Autosomen vorliegen muss, damit sich ein Merkmal phänotypisch ausprägt oder eine Erkrankung manifest wird, beim autosomal-dominanten Erbgang reicht es aus, dass das veränderte Allel auf einem der beiden Autosomen vorliegt. - Autosomal-rezessiv: Nur homozygote Träger des betroffenen Allels tragen das Merkmal bzw. erkranken. Autosomal-dominant: Auch heterozygote Träger des betroffenen Allels tragen das Merkmal bzw. erkranken. - Autosomal-rezessiv: Ein betroffenes Individuum muss deshalb ein merkmalstragendes bzw. krankheitstragendes Allel des Vaters und ein merkmalstragendes bzw. krankheitstragendes Allel der Mutter erhalten haben. Autosomal-dominant: Ein betroffenes Individuum muss deshalb eine merkmalstragendes bzw. krankheitstragendes Allel des Vaters und/oder der Mutter erhalten haben. - Autosomal-rezessiv: Konduktoren sind Personen, die das Merkmal im Genotyp tragen, es im Phänotyp aber nicht ausprägen. Sie können das Merkmal aber an ihre Kinder weitervererben. - Autosomal-dominant: Merkmal bzw. Krankheit taucht in jeder Generation auf. <p><u>... skizziert für die in Material 1 beschriebene Familie einen möglichen Stammbaum mit vollständiger Beschriftung:</u></p> <p><i>Dies ist nur eine Möglichkeit für einen Stammbaum, Alternativen sind entsprechend zu bewerten. Konduktoren sind markiert.</i></p>	5		

	<div data-bbox="742 297 1093 539"> <p> <input type="checkbox"/> Für männlich und gesund <input type="radio"/> Für weiblich und gesund <input type="checkbox"/> Für männlich und gesund und Merkmalsträger <input type="radio"/> Für weiblich und gesund und Merkmalsträger <input type="checkbox"/> Für männlich und erkrankt <input type="radio"/> Für weiblich und erkrankt </p> </div> <div data-bbox="316 566 815 884"> <p>F1: </p> </div> <p>Genotypen:</p> <p>F1: Großvater: Aa Großmutter: Aa</p> <p>F2: Frau des Sohns: AA oder Aa, Sohn: aa, Tochter: Aa, Mann der Tochter: Aa</p> <p>F3: Alle drei Kinder des Sohnes: Aa, eine Tochter der Tochter Aa oder AA, andere Tochter und Sohn der Tochter: aa</p> <p>... bestimmt, ob ein dominanter oder rezessiver Erbgang vorliegt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es liegt ein autosomal-rezessiver Erbgang vor, weil die Krankheit nicht in jeder Generation vorkommt. (Auch andere Begründungen sind möglich und sind ebenfalls anzuerkennen.) 	3	3	1
b)	<p>... stellt die mRNA-Sequenz sowie die notwendige Oligonukleotid-Sequenz für das Medikament Nusinersen dar (Material 2):</p> <p>mRNA: 5' GUA AGU CUG CCA GCA UUA UGA AAG UGA AUC 3'</p> <p>Nusinersen:</p> <p>3' CAT TCA GAC GGT CGT AAT ACT TTC ACT TAG 5'</p> <p><i>Eine Lösung mit RNA-Nukleotiden für die Oligonukleotid-Sequenz (Nusinersen) ist gleichwertig zu bewerten.</i></p> <p>mRNA: 5' GUA AGU CUG CCA GCA UUA UGA AAG UGA AUC 3'</p> <p>Nusinersen:</p> <p>3' CAU UCA GAC GGU CGU AAU ACU UUC ACU UAG 5'</p> <p>... ordnet die Mutation (Material 1) einem Mutationstyp zu und begründet seine Zuordnung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Es handelt sich hier um eine Genmutation → Punktmutation in Form einer Substitution, da lediglich ein Nukleotid ausgetauscht worden ist. 	4	1	2

c)	<p><u>... stellt den Prozess des Splicens dar:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Im Anschluss an die Transkription der prä-mRNA im Zellkern erfolgt das sog. RNA-Processing. Dabei wird die prä-mRNA in die reife mRNA umgewandelt, die in dem zweiten Schritt der Proteinbiosynthese der Translation verwendet wird. - Während des Processings werden zum einen bei dem Prozess des Splicings Introns (nicht-codierende DNA-Abschnitte) über Enzyme (Spleißosomen) aus der prä-mRNA herausgeschnitten und die verbleibenden Exon-Sequenzen wieder miteinander verknüpft. - Durch das alternative Splicing kann dieselbe DNA-Sequenz für unterschiedliche Proteine codieren, je nachdem, welche Abschnitte der Sequenz verwendet werden. <p><u>... erklärt die Wirkungsweise der Antisense-Oligonukleotide-Therapie mit dem Medikament Nusinersen bei SMA-Betroffenen (Material 2 und 3):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Medikament Nusinersen, ein Antisense-Oligonukleotid, bindet sich komplementär zu dem Sequenzabschnitt der mRNA, der direkt nach dem 7. Exon liegt. - Durch diese Bindung verhindert es beim Splicing, dass das 7. Exon beim <i>SMN2</i>-Gen herausgeschnitten werden (Abb. 3.1). - Folglich kann in der Translation ein vollständiges, stabiles und funktionsfähiges SMN-Protein hergestellt werden. - Ohne die medikamentöse Behandlung würden die Motoneuronen funktionsunfähig. - Der Körper würde die funktionsunfähigen Motoneuronen abbauen. Folglich würde es zu einem dauerhaften Verlust von Motoneuronen kommen. - Die Kinder können, bis auf die lebenslange Medikamenteneinnahme, ein normales Leben führen. 	5	4	2
d)	<p><u>... entwickelt eine Hypothese, die diesen Sachverhalt erklärt (Material 1, 2 und 3):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Es liegt eine direkte Korrelation zwischen der Anzahl der <i>SMN2</i>-Gene auf dem Chromosom und dem Krankheitsverlauf vor: Je mehr Kopien auf dem Chromosom vorliegen, desto milder ist der Krankheitsverlauf. - Die Anzahl der Kopien des <i>SMN2</i>-Gens kann beim Menschen zwischen 1- 4 Kopien variieren. Somit addieren sich mit der Anzahl der Gene auch die Anzahl der funktionsfähigen Kopien. oder - Bei der Transkription entstehen manchmal Ablesefehler. Da es sich bei SMA lediglich um eine Punktmutation im Bereich der Splicingstelle des <i>SMN2</i>-Gens handelt, ist ein Ablesefehler an der Mutationsstelle möglich. - Um die Mutation im <i>SMN2</i>-Gen rückgängig zu machen, muss lediglich Thymin während der Transkription fälschlicherweise mit Guanin gepaart werden. (Ein Fehler wird durch einen Fehler revidiert.). 			

	<ul style="list-style-type: none"> - Die prä-mRNA liegt wieder in ihrer unmutierten Form vor und es erfolgt daher kein Splicing. - In diesen Fällen werden wieder funktionsfähige, unverkürzte SMN-Proteine hergestellt. <p><i>Andere gleichwertige Hypothesen sind entsprechend zu bewerten.</i></p>	1	1	4
e)	<p><u>... diskutiert anhand von je drei Argumenten die Vor- und Nachteile von ASO-Therapien (alle Materialien):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - mögliche Vorteile der ASO-Therapie: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sie kann auch für sehr seltene Krankheiten eingesetzt werden. ○ Die Medikamente sind exakt für die Krankheit hergestellt. ○ Die DNA wird nicht verändert. ○ Die Medikamente können bereits Säuglingen verabreicht werden. - mögliche Nachteile: <ul style="list-style-type: none"> ○ Sie ist sehr teuer, da das Genom genau analysiert werden muss. ○ Sie ist teilweise nur für sehr wenige Menschen verwendbar. ○ Die Patienten müssen ein Leben lang Medikamente einnehmen. - Der Prüfling formuliert ein sich aus der vorherigen Argumentation ergebendes Fazit. <p><u>... beurteilt, ob statt der ASO-Therapie eine Therapie eingesetzt werden sollte, bei der bereits in der befruchteten Eizelle die CRISPR/Cas9-Methode eingesetzt wird. (Material 3):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Durch eine Gentherapie mit CRISPR/Cas9 könnte man bereits in der Eizelle die DNA der betroffenen Patienten so verändern, dass sie nie an der Krankheit erkranken. - Die Genmutation würde nicht mehr weitervererbt werden, da sie aus dem gesamten Genom eliminiert wurde. - Lebenslange Medikamente wären nicht mehr notwendig. - Eingriffe in das Erbgut können gravierende unvorhersehbare Nachteile haben (die Schere schneidet eventuell DNA-Sequenzen, die keine Zielsequenz waren). Eine hohe Sterblichkeit der Embryonen ist möglich. - Eingriffe in die Keimbahn sind laut Embryonenschutzgesetz in Deutschland verboten. - Der Prüfling formuliert ein schlüssiges Fazit. <p><i>Andere gleichwertige Lösungen sind entsprechend zu bewerten.</i></p>		7	5 2
Insgesamt 50 BE		14	23	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. <u>Der Prüfling...</u>	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<p><u>... skizziert ein logistisches Populationswachstum mit vollständiger Beschriftung:</u></p> <p>Abbildung</p> <p>Quelle: verändert nach: https://www.researchgate.net/figure/Typische-Phasen-einer-Populationsfluktuation-wie-sie-insbesondere-von-geschlossenen_fig1_228977146 (letzter Zugriff: 28.06.23)</p> <p><u>... benennt jeweils drei wichtige dichteabhängige und dichteunabhängige Faktoren, die einen Einfluss auf das skizzierte Populationswachstum haben könnten:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - mögliche dichteunabhängige Faktoren: <ul style="list-style-type: none"> ○ warme Temperaturen ○ viel Licht ○ niedriger Wasserstand ○ hohe Salzkonzentration ○ Fließgeschwindigkeit ○ Pestizide - mögliche dichteabhängige Faktoren: <ul style="list-style-type: none"> ○ Reviergröße ○ Populationsgröße der Fressfeinde ○ Krankheitserreger ○ Nährstoffangebot ○ Sauerstoffgehalt 	4		
		3		
		3		

b)	<p><u>... beschreibt die Messergebnisse aus Material 2:</u></p> <p>Abflüsse an den Pegelstandorten (Material 2):</p> <p>Der Abfluss in der Oder im betrachteten Zeitraum lag deutlich geringer als in den zuvorliegenden Jahren, so dass davon auszugehen ist, dass die Oder nur einen niedrigen Wasserpegel hatte.</p> <p>Veränderung des Sauerstoffgehaltes und des pH-Wertes (Abb. 2.2):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kurz vor der Meldung des Fischsterbens am 09.08.2022 steigen sowohl der Sauerstoffgehalt als auch der pH-Wert an. - Der pH-Wert schwankt im Tagesverlauf. Im Mittel steigt er von ca. 8 auf 9 (und sinkt erst ab dem 17.08.2022 wieder). - Der Sauerstoffgehalt schwankt im Tagesverlauf. Im Mittel hat er sich von 7 mg/l auf 11 mg/l erhöht. <p>Konzentration verschiedener Nährstoffe (Abb. 2.3):</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. - 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. 2.4):</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 	1	2	4
c)	<p><u>... arbeitet anhand der Messergebnisse (Material 2) und unter Einbeziehung von Material 1 heraus, warum es im Vorfeld des Fischsterbens zu einer massiven Ausbreitung der Goldalge <i>Prymnesium parvum</i> in der Oder gekommen sein könnte:</u></p> <p>Die Messergebnisse legen nahe, dass es im Vorwege des Fischsterbens im August 2022 zu verschiedenen Veränderungen gekommen ist:</p> <ul style="list-style-type: none"> - erhöhter Salzgehalt, nachgewiesen durch die Erhöhung der Chlorid- und der Natriumkonzentration (Beleg-Hinweis: Abb. 2.3 und Material 2) 	1	5	1

	<ul style="list-style-type: none"> - niedriger Pegelstand (Belegheinweis: Material 2) - höherer Anteil lichtdurchfluteter Wasserschichten im flachen Gewässer (notwendig für Photosynthese der Phytoalge) <ul style="list-style-type: none"> ➔ Diese günstigen abiotischen Umweltbedingungen begünstigen die Ausbreitung der Goldalge. - erhöhte Sauerstoffkonzentration (Produkt der Photosynthese) - erhöhter Chlorophyllgehalt (Bestandteil der Alge) <ul style="list-style-type: none"> ➔ weisen auf eine Algenblüte (starke Vermehrung und Ausbreitung der Algen) hin 		1	2
			1	
			1	1
			1	1
d)	<p><u>... entwickelt eine Hypothese über mögliche Auswirkungen des Fischsterbens auf das Ökosystem im 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. - Das Nahrungsnetz im Fluss wird stark beeinträchtigt, da Beute und Räuber gleichermaßen betroffen sind. - Das Fehlen von Fressfeinden könnte eine starke Vermehrung bestimmter Arten nach sich ziehen. - Besonders widerstandsfähige Organismen könnten empfindliche Pflanzen und Tiere verdrängen. - Dies beeinträchtigt die Stabilität und Resilienz des Ökosystems gegenüber weiteren Veränderungen und Störungen. - Es wird zu einer massiven Zunahme von Destruenten im Fluss kommen. - Die Remineralisierung durch Zersetzungsprodukte könnte zu einer Eutrophierung des Gewässers führen. - 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. - Generalisten mit einem breiten Nahrungsspektrum werden Vorteile gegenüber Spezialisten haben. 	1		
		1		
				1
				1
		1		2
				1
				1
		1		
e)	<p><u>... erklärt wie es durch hohe Ammonium- und Nitrit-Konzentrationen zu einem Fischsterben kommen kann:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Sowohl Ammonium als auch Nitrit sind Stickstoffquellen, die zur Eutrophierung von Gewässern beitragen können. - Eutrophierung führt zu einem übermäßigen Wachstum von Algen und höheren Pflanzen. - Wenn die Algen anschließend massenhaft absterben, werden sie von Bakterien zersetzt, die dabei Sauerstoff verbrauchen. 		1	
			1	
			1	
				3

	<ul style="list-style-type: none"> - Dieser Prozess kann zu einem starken Rückgang des Sauerstoffgehalts im Wasser führen, was als Hypoxie bekannt ist. - Stickstofffixierung: Umwandlung des gasförmigen, molekularen, chemisch inerten Luft-Stickstoffs (N_2) in wasserlösliche Stickstoff-Verbindungen wie Ammonium, die von Pflanzen und anderen Lebewesen aufgenommen werden können. - Nitrifikation: In einem zweistufigen aerob verlaufenden Prozess können bestimmte Gruppen von Bakterien unter Energiegewinn Ammoniak über die Zwischenstufe Nitrit zu Nitrat oxidieren. <p><u>... entwickelt drei Vorschläge, wie in Zukunft ein Fischsterben verhindert werden kann:</u></p> <p>mögliche Maßnahmen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung des Salzeintrages in die Oder - frühzeitige Warnsysteme (die anhand von Messergebnissen mit Informationen versorgt werden) - mehr Messstationen, um Veränderungen frühzeitig wahrzunehmen und Maßnahmen zu ergreifen - technische /chemische Möglichkeiten, um Algen / Toxine zu entfernen (zum Beispiel Filter oder Bindemittel), möglich auch: keine Regulation von außen, das System wird sich selbst regulieren <p><i>Andere schlüssige und begründete Lösungen sind als gleichwertig zu bewerten.</i></p>	1 1 1		3
Insgesamt 50 BE		16	21	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. Der Prüfling...	Zuordnung Bewertung		
		I	II	III
a)	<p><u>... beschreibt den Vorgang der Muskelkontraktion ausgehend von einem ankommenden Aktionspotential an einer neuromuskulären Synapse:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ein Aktionspotential kommt im präsynaptischen Endknöpfchen eines Motoneurons an. – Spannungsabhängige Calciumkanäle der präsynaptischen Membran öffnen sich infolge einer Depolarisierung. – Es erfolgt ein Einstrom von Calciumionen aufgrund des Konzentrationsunterschiedes zwischen Außenraum und Zellinnerem. – Die mit dem Neurotransmitter Acetylcholin gefüllten Vesikel verschmelzen nachfolgend mit der präsynaptischen Membran des Endknöpfchens. – Acetylcholinmoleküle werden in den synaptischen Spalt durch das Endknöpfchen eines Motoneurons durch Exocytose abgegeben. – Acetylcholin diffundiert durch den synaptischen Spalt und bindet an spezielle Acetylcholinrezeptoren an der postsynaptischen Membran (motorische Endplatte). – Ligandengesteuerte Na⁺-Kanäle öffnen sich daraufhin und ein Natriumeinstrom entlang ihres elektrochemischen Gradienten erfolgt. – Die postsynaptische Zellmembran wird depolarisiert (EPSP) und ein Aktionspotential im Sarkolemm entsteht. – Wird die gestreifte Muskelfaser depolarisiert, werden Calciumionen im sarkoplasmatischen Retikulum freigesetzt, – die sich an das Troponin binden, sodass die Bindungsstellen für das Myosinköpfchen am Actin durch eine Umlagerung von Tropomyosin freiwerden. – Eine Muskelkontraktion ist dann durch den folgenden Actin-Myosin-Zyklus nach der Gleitfilament-Theorie möglich. – Ca²⁺-Ionen werden in das sarkoplasmatische Retikulum nach erfolgter Kontraktion zurückgepumpt. – Die Acetylcholinesterase spaltet Acetylcholin und die Spaltprodukte werden in das Endknöpfchen des Motoneurons aufgenommen. 	3		
		2		
		3		
		6		
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"> – <u>Ergebnisse Abb. 2.1 A:</u> 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. – <u>Ergebnisse Abb. 2.1 B:</u> 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 in 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). – Auch die erhöhte konzentrationsabhängige Depolarisationsneigung (vgl. Abb. 2.1 B) verweist auf einen verstärkten Natriumioneneinstrom. Depolarisationen beim Aktionspotential sind vor allem Natriumionen-abhängig. – 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 Dauererregungen 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 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 		<p>3</p> <p>2</p> <p>9</p>	
--	---	--	----------------------------	--

	<p>das Schließen der spannungsabhängigen Natriumkanäle verzögern und die spannungsabhängigen Kaliumkanäle blockieren muss.</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. 			
c)	<p><u>... prüft, inwiefern Brevenal und Beta-Naphthoyl-Brevetoxin als therapeutische Gegengifte bei einer Ciguatoxinvergiftung infrage kommen könnten (Material 2 und 3):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ciguatoxin bewirkt im Kontrollversuch eine deutliche Katecholaminausschüttung (14%) im Vergleich zur Nichtbehandlung. – Brevenal und Beta-Naphthoyl-Brevetoxin reduzieren die Katecholaminausschüttung unter Ciguatoxineinwirkung erheblich (mit jeweils nur 5% und 3% an der Gesamtmenge). – Brevenal kommt somit grundsätzlich als therapeutisches Gegengift infrage, da es die Wirkung von Ciguatoxin deutlich herabsetzt indem es – an derselben Rezeptorbindungsstelle des spannungsgesteuerten Na⁺-Kanals wie Brevetoxin und Ciguatoxin (vgl. Infotext Material 3) bindet und Brevetoxin sogar kompetitiv verdrängen kann. – Inwiefern jedoch Brevenal und auch Beta-Naphthoyl-Brevetoxin Ciguatoxin von seiner Rezeptorbindungsstelle kompetitiv und dauerhaft verdrängen kann, kann mit dem Material nicht beantwortet werden, zumal CTX toxischer wirkt als Brevetoxin. 		4	2

d)	<p><u>... untersucht Material 4 im Hinblick auf die Entstehung des „Kältebrennschmerzes“ (alle Materialien):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Ciguatoxin (P-CTX-1) führt bei Mäusen zu einer erhöhten Kälteempfindlichkeit (Kältebrennschmerz) ab 15°C, da ab dieser Temperatur die Zuckungen, die als Reaktion auf Schmerzen interpretiert werden, sprunghaft auf über 70 ansteigen (vgl. Abb. 4.1 A). – Der Kältesensor TRPA1 scheint für die Kälteüberempfindlichkeit durch die Wirkung von P-CTX-1 verantwortlich zu sein (vgl. Abb. 4.1 A und B): Mäuse mit TRPA1-Kältesensoren zeigen eine deutlich erhöhte Kälteempfindlichkeit gegenüber Mäusen ohne TRPA1-Kanäle (TRPA1^{-/-}) (vgl. 4.1 B), da die Anzahl der Zuckungen mit fast 70 mehr als doppelt so hoch ist. – Ciguatoxin aktiviert das Rezeptorprotein TRPA1 indirekt über die Bindung und Öffnung an benachbarten spannungsgesteuerten Na⁺-Kanälen (vgl. Material 2 und 4). – Der nachfolgende Na⁺-Einstrom verändert die Membranspannung, erhöht die Erregbarkeit der Membran (verändertes Ruhepotential durch Depolarisation, vgl. Material 2) – und erleichtert somit die Aktivierung von TRPA1 schon bei normalerweise als angenehm empfundenen Temperaturen (bei etwa 15°C). – 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. 		2	
			2	
			1	
				5
e)	<p><u>... beurteilt die Übertragbarkeit der Ergebnisse der Experimente in Material 4 auf den Menschen (alle Materialien):</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – Generell können die Ergebnisse der Experimente mit Mäusen auf den Menschen mit Einschränkungen übertragen werden, da Mäuse und Menschen vermutlich ähnliche Verhaltensweisen nach einem Schmerzreiz zeigen, zumal sie beide Säugetiere sind. Ähnliche Symptome und Verhaltensweisen müssen aber nicht zwangsläufig die gleiche Ursache besitzen. – Für eine Übertragbarkeit spricht vor allem eine grundsätzlich gleiche neurophysiologische Ausstattung bei Säugetieren bzgl. der hier untersuchten TRPA1- und Na⁺-Kanäle. – Inwiefern jedoch der von Menschen berichtete und bewusst empfundene „Kältebrennschmerz“ nach einer Ciguatoxinvergiftung vergleichbar ist mit einfachen Zuckungen, 			2
				2

	<p>die möglicherweise auf einen (Kälte-)Schmerz hindeuten, bleibt fragwürdig und offen.</p> <p>– Der Prüfling formuliert ein eigenständiges Fazit auf Grundlage der zuvor ausgeführten Argumentation.</p> <p><i>Hinweis: Eine abwägend-differenzierte Beurteilung sollte formuliert werden. Andere Lösungsansätze und Aspekte sind möglich und gleichwertig zu bewerten.</i></p>			2
Insgesamt 50 BE		14	23	13