



Name: _____

Abiturprüfung 2016

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Evolution der Höhlenzikaden auf Hawaii

- I.1 Vergleichen Sie die äußeren Merkmale der Höhlenzikade *Oliarus polyphemus* mit denen der oberirdisch lebenden *Oliarus*-Arten tabellarisch (Abbildungen 1 und 2) und erklären Sie die Vorteile von zwei besonderen Merkmalen der Höhlenzikade unter dem Aspekt der Fitness (Material A). Stellen Sie mit Bezug auf die veränderten Selektionsbedingungen dar, wodurch der Wechsel zur troglobionten Lebensweise bei *Oliarus polyphemus* vermutlich begünstigt wurde (Material A). (16 Punkte)
- I.2 Erläutern Sie die Bedeutung der artspezifischen Kommunikation der Höhlenzikaden und stellen Sie eine Hypothese zur Erklärung der von oberirdisch lebenden Zikaden abweichenden Form der Partnerwahl bei *Oliarus polyphemus* auf (Material B). (10 Punkte)
- I.3 Fassen Sie die in den Abbildungen 3 und 4 gezeigten Sachverhalte zusammen. Erläutern Sie die Besiedlung der Lavahöhlen auf der Basis relevanter Evolutionsfaktoren und -prozesse auch hinsichtlich des *founder-flush*-Modells (Materialien C und D) und skizzieren Sie die Entstehung genetischer Unterschiede von Teilpopulationen schematisch. (21 Punkte)
- I.4 Erklären Sie den Prozess der adaptiven Radiation und nehmen Sie auf der Grundlage aller Materialien und unter besonderer Berücksichtigung von Material E zu der Aussage Stellung, der Prozess der Besiedlung der verschiedenen Lavahöhlen auf der Insel Hawaii durch *Oliarus polyphemus* sei eine nicht-adaptive Radiation. (19 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Höhlenzikaden der Gattung *Oliarus* auf Hawaii

Zikaden der Gattung *Oliarus* gehören zur Familie der Glasflügelzikaden (Cixiidae) und sind auf fast allen Kontinenten zu finden. Auf der Hawaii-Inselgruppe leben etwa 85 endemische *Oliarus*-Arten. Sie gehen wahrscheinlich alle auf eine Ursprungsart zurück, die den Archipel Hawaii einst besiedelte. Neben vielen oberirdischen Lebensräumen haben manche Arten auch die immer feuchten und dunklen Lavahöhlen der jüngsten und größten Insel, Hawaii, besiedelt. Glasflügelzikaden legen ihre Eier im Boden oder auf Wurzeln ab. Die Jungtiere (Nymphen) leben in dunklen, feuchten Habitaten, wie zum Beispiel in faulem Holz, Laubstreu oder Erdspalten, und ernähren sich von Wurzeln. Bei oberirdisch lebenden Arten verlassen die adulten Tiere das Habitat der Nymphen und leben danach oberirdisch. Die Höhlenzikaden hingegen sind Troglobionten, also obligate Höhlenbewohner. Eine der hawaiianischen Höhlenzikaden ist die nur etwa 3 mm große Kleinzikade *Oliarus polyphemus*. Sie ernährt sich vom Saft der Wurzeln der Pionierpflanze *Metrosideros polymorpha*, die in die Lavahöhlen hineinragen und zum Teil vorhangähnliche Matten bilden. Ähnlich wie andere Troglobionten zeigt auch *O. polyphemus* im Vergleich zu nah verwandten, oberirdisch lebenden Zikaden einige morphologische Unterschiede.

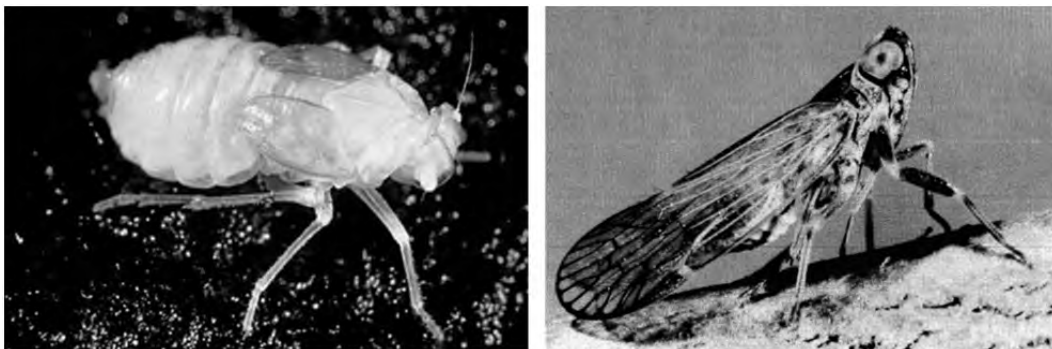
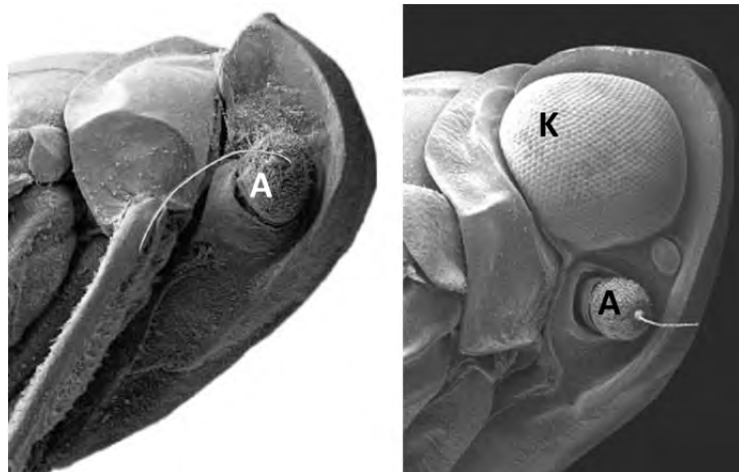


Abbildung 1: Morphologie der Höhlenzikade *O. polyphemus* (links) im Vergleich zu einer oberirdisch lebenden Zikade *Oliarus spec.* (rechts)

Abbildung 2:
Elektronenmikroskopische Aufnahmen vom Kopf der Höhlenzikade *O. polyphemus* (links) und einer oberirdisch lebenden Zikade (*O. filicicola*, rechts) in Seitenansicht

K: Komplexauge von *O. filicicola*
A: jeweils eine Antenne





Name: _____

Material B: Akustische Kommunikation und Partnerwahl bei Zikaden

Zikaden nutzen akustische Signale zur Kommunikation. Zur Lauterzeugung besitzen Zikaden ein Trommelorgan, mit dem sie durch Muskelbewegungen Schallwellen erzeugen. Bei oberirdisch lebenden Zikaden sind es in der Regel die Männchen, die erste Signale ausschicken, um paarungsbereite Weibchen zu lokalisieren.

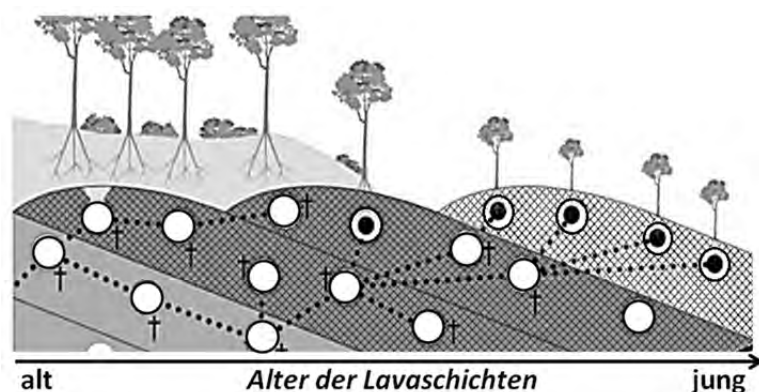
Im Gegensatz zu den größeren Singzikaden werden die Signale der Kleinzikaden nicht über die Luft übertragen, sondern über Vibrationen des Untergrundes. Im Falle von *O. polyphemus* werden die Vibrationen über die Wurzeln von *M. polymorpha* übermittelt, auf denen die Tiere fressen. Nach bisherigen Erkenntnissen stellen die Gesänge das einzige Kommunikationsmittel der Tiere dar. Bei *O. polyphemus* senden zumeist die paarungsbereiten Weibchen die ersten Signale aus, und auch während der Balz sind sie akustisch aktiver als die männlichen Artgenossen. Die Weibchen bleiben über die gesamte Dauer der Kommunikation an einem Ort, während sich die Männchen in zunächst zufällige Richtungen bewegen und versuchen, das Weibchen zu lokalisieren. Es wurde bislang kein Fall beobachtet, in dem ein Männchen vom Weibchen abgewiesen wurde, nachdem es das Weibchen gefunden hatte.

Material C: Die Besiedlung der Lavahöhlen

Hawaii ist vulkanischen Ursprungs. Da die Vulkane immer noch aktiv sind, unterliegt die Natur einem ständigen Wandel. Durch neue Lavaströme entstehen immer wieder neue, zum Teil miteinander verbundene Höhlen und Höhlensysteme. Sowohl geologisch alte als auch junge Lavahöhlen der Hauptinsel Hawaii sind von *O. polyphemus*-Populationen besiedelt. Genetische Untersuchungen der verschiedenen Höhlenpopulationen deuten auf isolierte Populationen mit geringer Migrationsrate hin. Die unterirdische Verbreitung in den verschiedenen Höhlen ist daher wahrscheinlich auf ein oder wenige Gründerereignisse ausgehend von benachbarten Populationen zurückzuführen.

Abbildung 3:
Modell zum Ablauf der Besiedlung
neu entstandener Lavahöhlen durch
O. polyphemus

- Lavahöhlen, die zum Teil oder ganz mit Lava bzw. Erde gefüllt sein können
- † ausgestorbene Populationen
- heute bestehende Populationen
- vermuteter Ausbreitungsweg





Name: _____

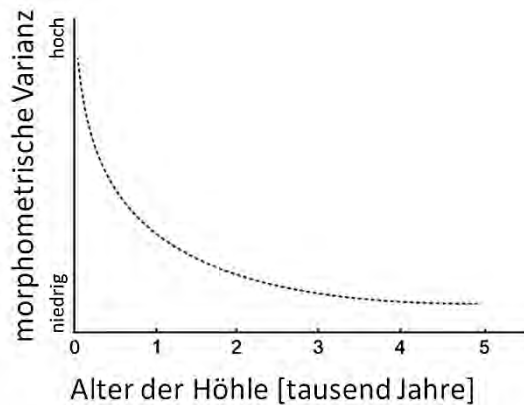


Abbildung 4: Morphometrische Varianz bei *O. polyphemus* in Abhängigkeit vom Alter der verschiedenen Lavahöhlen auf der Insel Hawaii
(Die morphometrische Varianz ist die Streuung um einen Mittelwert, in diesem Fall bei sieben verschiedenen Körpermerkmalen.)

Material D: Die Wirkung von Gründerereignissen – das *founder-flush*-Modell

Nach dem *founder-flush*-Modell kommt es nach einem Gründerereignis und dem damit verbundenen genetischen Engpass während eines raschen Wachstumsprozesses der Population im neuen Lebensraum zu einer starken Zunahme der Variabilität. Dies ist das Ergebnis einer abgeschwächten Selektion aufgrund einer verminderten intraspezifischen Konkurrenz um Ressourcen und der abgeschwächten sexuellen Selektion, die sich aus der niedrigeren Verfügbarkeit an Paarungspartnern ergibt. Mit dem Anstieg der Populationsdichte tritt aber erneut eine starke Selektion auf und die Population kann eventuell zusammenbrechen. Die veränderten Selektionsbedingungen des neuen Habitats können neben Zufallsereignissen bewirken, dass sich der Genpool der schließlich stabilisierten Population deutlich von jenem der Ausgangspopulation unterscheidet.



Name: _____

Material E: Gesangsmuster bei *Oliarus polyphemus*

Forscher untersuchten diverse genetische und morphologische Merkmale (wie z. B. Länge der Deckflügel oder Kopfbreite) bei *O. polyphemus*-Populationen aus verschiedenen Lavahöhlen auf der Insel Hawaii und stellten zum Teil große Unterschiede zwischen den einzelnen Populationen fest. Zudem untersuchten sie die Gesangsstrukturen bei *O. polyphemus*-Populationen in verschiedenen Lavahöhlen. Einige der untersuchten Höhlen sind erst vor wenigen Jahrzehnten bis Jahrhunderten entstanden. Da alle Populationen in sehr ähnlichen Habitaten leben, lässt sich keiner der gefundenen morphologischen, ethologischen oder genetischen Unterschiede als spezielle Anpassung interpretieren. Abbildung 5 zeigt exemplarisch die Muster der Lautsignale von Zikaden aus sechs Höhlen.

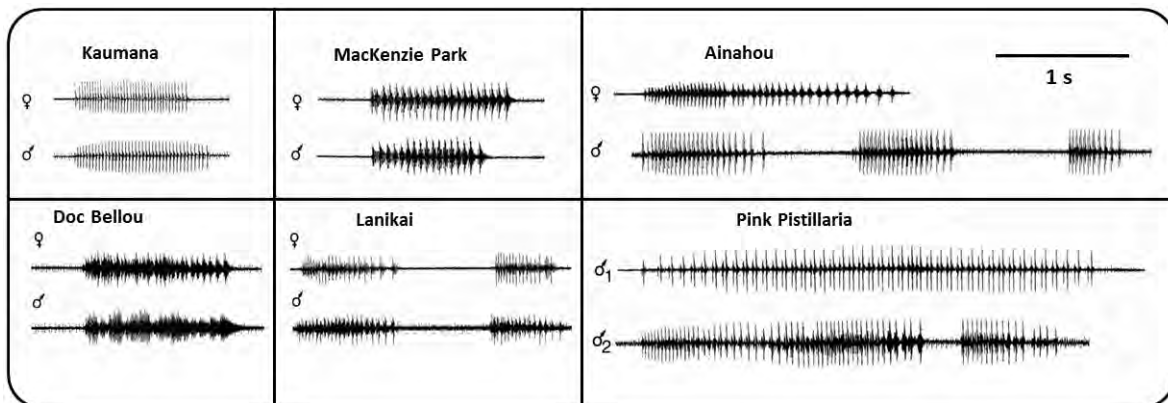


Abbildung 5: Gesangsmuster von Männchen und Weibchen von *O. polyphemus* aus verschiedenen Lavahöhlen auf der Insel Hawaii
(Dargestellt ist jeweils eine Strophe, die sich aus mehreren Versen und Pausen zusammensetzen kann. In der Pink Pistillaria-Höhle wurden zwei Populationen untersucht, wobei nur die Signale der Männchen dargestellt sind.)

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2016

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Evolution der Höhlenzikaden auf Hawaii

- I.1 Vergleichen Sie die äußeren Merkmale der Höhlenzikade *Oliarus polyphemus* mit denen der oberirdisch lebenden *Oliarus*-Arten tabellarisch (Abbildungen 1 und 2) und erklären Sie die Vorteile von zwei besonderen Merkmalen der Höhlenzikade unter dem Aspekt der Fitness (Material A). Stellen Sie mit Bezug auf die veränderten Selektionsbedingungen dar, wodurch der Wechsel zur troglobionten Lebensweise bei *Oliarus polyphemus* vermutlich begünstigt wurde (Material A). (16 Punkte)
- I.2 Erläutern Sie die Bedeutung der artspezifischen Kommunikation der Höhlenzikaden und stellen Sie eine Hypothese zur Erklärung der von oberirdisch lebenden Zikaden abweichenden Form der Partnerwahl bei *Oliarus polyphemus* auf (Material B). (10 Punkte)
- I.3 Fassen Sie die in den Abbildungen 3 und 4 gezeigten Sachverhalte zusammen. Erläutern Sie die Besiedlung der Lavahöhlen auf der Basis relevanter Evolutionsfaktoren und -prozesse auch hinsichtlich des *founder-flush*-Modells (Materialien C und D) und skizzieren Sie die Entstehung genetischer Unterschiede von Teilpopulationen schematisch. (21 Punkte)
- I.4 Erklären Sie den Prozess der adaptiven Radiation und nehmen Sie auf der Grundlage aller Materialien und unter besonderer Berücksichtigung von Material E zu der Aussage Stellung, der Prozess der Besiedlung der verschiedenen Lavahöhlen auf der Insel Hawaii durch *Oliarus polyphemus* sei eine nicht-adaptive Radiation. (19 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material A:
Abbildung 1 verändert nach: Hoch & Howarth 1993, fig. 1B, und Knauer 2011
Abbildung 2 verändert nach: Wessel *et al.* 2013, Suppl. Material, fig. S2
- Material C:
Abbildung 3 verändert nach: Wessel *et al.* 2013, Suppl. Material, fig. S8
Abbildung 4 verändert nach: Wessel *et al.* 2013, fig. 1B
- Material E:
Abbildung 5 verändert nach: Hoch & Howarth 1993, fig. 4
- Carson, H. L. & Templeton, A. R. (1984). Genetic Revolutions in Relation to Speciation Phenomena: The Founding of New Populations. *Annual Reviews of Ecology, Evolution and Systematics* 15, 97–131
- Hoch, H. & Howarth, F. G. (1993). Evolutionary dynamics of behavioral divergence among populations of the Hawaiian cave-dwelling planthopper *Oliarus polyphemus* (Homoptera: Fulgoroidea: Cixiidae). *Pacific Science* 47, 303–318
- Hoch, H. (1997). The Hawaiian cave planthoppers (Homoptera: Fulgoroidea: Cixiidae) – a model for rapid subterranean speciation? *International Journal of Speleology* 26, 21–31
- Hoch, H. & Howarth, F. G. (1999). Multiple cave invasions by species of the planthopper genus *Oliarus* in Hawaii (Homoptera: Fulgoroidea: Cixiidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* 127, 453–475
- Knauer, R. (2011). In jeder Höhle singen sie ein anderes Lied.
<http://www.stuttgarter-zeitung.de/inhalt.neue-zikaden-arten-in-jeder-hoehle-singen-sie-ein-anderes-lied.a0bf75ba-e627-4836-8134-f61fa7c3708d.html> (Zugriff: 11.08.2015)
- Kunkel, A. (o. J.): Liebesgesänge der Höhlenzikaden.
https://www.hu-berlin.de/pr/medien/publikationen/regelmaessig/tsp/ws07_08/insekten_html (Zugriff: 15.10.2014)
- Wessel, A. & Hoch, H. (2007). Höhlenzikaden auf Hawaii – Liebesgesänge und die Entstehung der Arten. In: Glaubrecht, M., Kinitz, A. & Moldrzyk, U. (Hg.). *Als das Leben laufen lernte. Evolution in Aktion*. München: Prestel, 222–225
- Wessel, A. (2008). Incipient non-adaptive radiation by founder effect? *Oliarus polyphemus* Fennah, 1973 – a subterranean model case. (Hemiptera: Fulgoromorpha: Cixiidae). Dissertation, Humboldt Universität Berlin
- Wessel, A., Hoch, H., Asche, M. *et al.* (2013). Founder effects initiated rapid species radiation in Hawaiian cave planthoppers. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110, 9391–9396

4. Bezüge zu den Vorgaben 2016

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten

- Grundlagen evolutiver Veränderung
 - Genotypische Variabilität von Populationen (keine Modellberechnungen)
- Art und Artbildung
- Evolutionshinweise und Evolutionstheorie
 - Rezente und paläontologische Hinweise (Homologie der Wirbeltiergliedmaßen)
 - Systematik und phylogenetischer Stammbaum (Grundlegende Zusammenhänge innerhalb des Wirbeltierstammbaumes, vertiefend: phylogenetische Stellung der Primaten)
 - Vergleich und Beurteilung der Ergebnisse unterschiedlicher Analysemethoden; bei der Analyse bzw. Erstellung eines Stammbaumes sind Übereinstimmungen in der DNA-Sequenz und Aminosäure-Sequenz von Proteinen einzubeziehen
 - Synthetische Evolutionstheorie
- Verhalten, Fitness und Anpasstheit
 - Fortpflanzungsstrategien (einschließlich Partnerwahl und Paarungssysteme)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe I.1

Anforderungen		maximal erreichbare Punktzahl															
Der Prüfling																	
1	<p>vergleicht die äußeren Merkmale der Höhlenzikade <i>Oliarus polyphemus</i> mit denen der oberirdisch lebenden <i>Oliarus</i>-Arten tabellarisch (Abbildungen 1 und 2), z. B.:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Art \ Merkmal</th> <th><i>Oliarus polyphemus</i></th> <th>oberirdisch lebende <i>Oliarus</i>-Arten</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flügel</td> <td>stark reduziert</td> <td>groß</td> </tr> <tr> <td>Pigmentierung</td> <td>nicht vorhanden</td> <td>unterschiedlich pigmentierte Körperregionen</td> </tr> <tr> <td>Augen</td> <td>nicht vorhanden</td> <td>große Komplexaugen</td> </tr> <tr> <td>Antennen</td> <td>lang</td> <td>kurz</td> </tr> </tbody> </table>	Art \ Merkmal	<i>Oliarus polyphemus</i>	oberirdisch lebende <i>Oliarus</i> -Arten	Flügel	stark reduziert	groß	Pigmentierung	nicht vorhanden	unterschiedlich pigmentierte Körperregionen	Augen	nicht vorhanden	große Komplexaugen	Antennen	lang	kurz	6
Art \ Merkmal	<i>Oliarus polyphemus</i>	oberirdisch lebende <i>Oliarus</i> -Arten															
Flügel	stark reduziert	groß															
Pigmentierung	nicht vorhanden	unterschiedlich pigmentierte Körperregionen															
Augen	nicht vorhanden	große Komplexaugen															
Antennen	lang	kurz															
2	<p>erklärt die Vorteile von zwei besonderen Merkmalen der Höhlenzikade unter dem Aspekt der Fitness (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Höhlenzikade zeigt einige Anpassungen an ihren speziellen Lebensraum, die im Vergleich zu oberirdisch lebenden Zikaden ganz im Sinne der Erhöhung der Fitness energieeinsparend wirken, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> Die Höhlenzikade lebt in Lavahöhlen, in die kein Sonnenlicht gelangt. Die Ausbildung von (Komplex-)Augen ist in diesem Fall nutzlos. Eine Pigmentierung z. B. als UV-Schutz kann in diesem Lebensraum ebenfalls entfallen. Die Ausbildung von Flügeln bedeutet in den dunklen Höhlen ohne entsprechende Orientierungsmöglichkeiten keinen Selektionsvorteil. Die Einsparung von Energie stellt einen Vorteil für den Träger dar, der z. B. zu einer höheren Vermehrungsrate (direkte oder auch reproduktive Fitness) führen kann. Somit konnten sich entsprechende Mutationen in der Population durchsetzen. (Für die Vergabe der vollen Punktzahl sind die Vorteile von zwei Merkmalen zu erläutern.) 	6															
3	<p>stellt mit Bezug auf die veränderten Selektionsbedingungen dar, wodurch der Wechsel zur troglobionten Lebensweise bei <i>Oliarus polyphemus</i> vermutlich begünstigt wurde (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zufällig an die troglobionte Lebensweise präadaptierte Individuen gerieten möglicherweise im Nymphenstadium über die Wurzeln als Nahrungsquelle in eine Lavahöhle. Dort vermehrten sie sich unter fehlender interspezifischer Nahrungskonkurrenz und evtl. ohne Räuber. Dies führte zu einem abgeschwächten Selektionsdruck. (Alternative sachlogische Darstellungen sind entsprechend zu werten.) 	4															
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)																

Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Bedeutung der artspezifischen Kommunikation der Höhlenszikaden (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Akustische Signale stellen für die Höhlenszikaden das einzige bekannte Kommunikationsmittel dar und dienen der Erkennung der eigenen Art und der Partnerwahl. • Die Erkennung der arteigenen Signale und damit arteigener Sexualpartner verhindert eine mögliche Hybridbildung durch Paarung mit Individuen einer anderen Art; somit wird eine reproduktive Isolation gewährleistet. <p><i>(Alternative sachlich richtige Lösungen sind entsprechend zu werten.)</i></p>	4
2	<p>stellt eine Hypothese zur Erklärung der von oberirdisch lebenden Zikaden abweichenden Form der Partnerwahl bei <i>Oliarus polyphemus</i> auf (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eine erfolgreiche Partnerwahl führt zur Erhöhung der Fitness. Dies wird bei den hier angesprochenen Arten auf unterschiedliche Weise sichergestellt: <ul style="list-style-type: none"> – Die Männchen oberirdisch lebender Zikadenarten locken die Weibchen durch akustische Signale an. Sind Weibchen in der Nähe, starten die Männchen vermutlich mit intensiveren Balzgesängen, wodurch sie sich gegen männliche Konkurrenten durchsetzen. – Es ist wahrscheinlich effizienter, wenn bei Höhlenszikaden das Weibchen die ersten Signale aussendet und den aktiveren Gesangspart übernimmt, da die Männchen somit nur solchen Weibchen antworten, die tatsächlich paarungsbereit sind. Dies spart Energie und scheint insbesondere bei den Höhlenszikaden einen wesentlichen Vorteil darzustellen. – Die Weibchen verbleiben während der Balz stets am selben Ort, da bei den Höhlenszikaden die Suche nach einer Partnerin aufgrund der reduzierten bzw. fehlenden Augen durch zunächst zufälliges Richtungswechseln verläuft. Somit ist gewährleistet, dass die Männchen sie finden können. <p><i>(Alternative sachlogische Hypothesen sind entsprechend zu werten. Zur Vergabe der vollen Punktzahl sind Überlegungen zur Fitness erforderlich.)</i></p>	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	fasst die in den Abbildungen 3 und 4 gezeigten Sachverhalte zusammen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Abbildung 3 zeigt die Besiedlung der Lavahöhlen. Die Populationen in den geologisch alten Höhlen sind mittlerweile ausgestorben. Nur in den geologisch jüngeren Höhlen existieren Populationen, die ausgehend von den geologisch alten Höhlen besiedelt wurden. • Das Diagramm in Abbildung 4 zeigt die Beziehung zwischen der morphometrischen Varianz bei verschiedenen Populationen von <i>O. polyphemus</i> und dem Alter der jeweiligen Lavahöhlen. Dabei wird deutlich, dass die Varianz bei Populationen in jüngeren Lavahöhlen größer ist als in älteren Höhlen. Die Varianz nimmt mit zunehmendem Höhlenalter ab. 	6
2	erläutert die Besiedlung der Lavahöhlen auf der Basis relevanter Evolutionsfaktoren und -prozesse auch hinsichtlich des <i>founder-flush</i> -Modells (Materialien C und D), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die Besiedlung der Höhlen ging wahrscheinlich von einer Ursprungspopulation mit gemeinsamem Genpool aus. • Durch jedes Gründerereignis wurden Teilpopulationen voneinander getrennt. Der Genfluss zwischen den Teilpopulationen wurde unterbrochen. • Somit kam es immer wieder zur Gendrift nach dem Flaschenhalseffekt. Das ist die zufallsbedingte Änderung des Genpools einer Population, die in Folge einer drastischen Reduzierung des Genpools (u. a. Verlust von Allelen) auftritt, unabhängig von Mutation und Selektion. • In der Folge unterscheiden sich die Populationen in ihrem Genpool und damit auch in ihren Allelfrequenzen. 	5
3	erläutert die Besiedlung der Lavahöhlen auf der Basis relevanter Evolutionsfaktoren und -prozesse auch hinsichtlich des <i>founder-flush</i> -Modells (Materialien C und D), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Nach dem <i>founder-flush</i>-Modell ist zu erwarten, dass die Variabilität in jüngeren Höhlen größer ist. Denn das Modell geht davon aus, dass es aufgrund rascher Wachstumsprozesse der Populationen in den einzelnen Lavahöhlen zunächst zu einer starken Zunahme der Variabilität innerhalb einer Population aufgrund von abgeschwächter Selektion kommt. Dies wird durch die in Abbildung 4 gezeigten Daten bestätigt. • Erst nach einer Zunahme der Populationsdichte und der damit verbundenen stärkeren intraspezifischen Konkurrenz erfolgen eine Reduzierung der Allelvielfalt und eine Stabilisierung der Allelfrequenzen, wobei sich die Merkmalsverteilung der stabilisierten Population der jeweiligen Höhle von jener der Ausgangspopulation unterscheiden kann. 	5
4	skizziert die Entstehung genetischer Unterschiede von Teilpopulationen schematisch, z. B.: <div style="text-align: center;"> </div> <p><i>Alternative schematische Darstellungen (z. B. ein Pfeildiagramm) sind ebenfalls zu akzeptieren, wenn sie die Sachverhalte zutreffend darstellen.</i></p>	5
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt den Prozess der adaptiven Radiation, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei einer adaptiven Radiation kommt es aufgrund einer Vielzahl von verschiedenen Lebensräumen innerhalb (im evolutiven Maßstab) kurzer Zeit zu Angepasstheiten an verschiedene ökologische Nischen. • Dabei bilden sich durch Mutation, Rekombination und Isolation aus einer Stammart verschiedene neue, besonders spezialisierte Arten. • Hierbei können allopatrische und sympatrische Artbildungsprozesse eine Rolle spielen. 	8
2	<p>nimmt auf der Grundlage aller Materialien und unter besonderer Berücksichtigung von Material E zu der Aussage Stellung, der Prozess der Besiedlung der verschiedenen Lavahöhlen auf der Insel Hawaii durch <i>Oliarus polyphemus</i> sei eine nicht-adaptive Radiation, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Fall von <i>O. polyphemus</i> haben sich in den verschiedenen Höhlen zahlreiche genetische und damit phänotypische Unterschiede bei den einzelnen Populationen herausgebildet. • Diese Unterschiede lassen auf eine reproduktive Isolation schließen, die durch die Separation in einzelnen Höhlen begünstigt bzw. aufrechterhalten wird. • Zudem haben sich in den einzelnen Höhlen unterschiedliche Gesangsmuster herausgebildet, die sich in der Gesamtlänge der Strophen, Anzahl der Verse sowie in Amplitude und Frequenz der Lautsignale unterscheiden (ethologische Isolation). 	5
3	<p>nimmt auf der Grundlage aller Materialien und unter besonderer Berücksichtigung von Material E zu der Aussage Stellung, der Prozess der Besiedlung der verschiedenen Lavahöhlen auf der Insel Hawaii durch <i>Oliarus polyphemus</i> sei eine nicht-adaptive Radiation, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei den Höhlenzikaden laufen offensichtlich Artbildungsprozesse ab bzw. sind bereits abgeschlossen, so dass sich in den verschiedenen Höhlen jeweils (Unter-) Arten entwickelt haben könnten. Dies wird besonders in der Pink Pistillaria-Höhle deutlich, in der zwei Populationen mit unterschiedlichen Gesangsmustern sympatrisch vorkommen. • Dies spricht für einen Radiationsprozess. • Die ökologischen Bedingungen in den einzelnen Habitaten sind jedoch sehr ähnlich. Zudem lassen sich die gefundenen morphologischen, ethologischen oder genetischen Unterschiede nicht als spezielle Angepasstheiten an den jeweiligen Lebensraum deuten. • Dies wird besonders deutlich an den unterschiedlichen Gesangsmustern in den Höhlen, die sich offenbar nicht als besondere Angepasstheit herausgebildet haben, sondern auf zufälligen Ereignissen beruhen. • Es kann folglich nicht von einer adaptiven Radiation gesprochen werden. Der Begriff der nicht-adaptiven Radiation ist hier sinnvoll gewählt. 	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	9

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe I.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	vergleicht die äußeren ...	6			
2	erklärt die Vorteile ...	6			
3	stellt mit Bezug ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.1 Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert die Bedeutung ...	4			
2	stellt eine Hypothese ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.2 Teilaufgabe	10			

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

Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	fasst die in ...	6			
2	erläutert die Besiedlung ...	5			
3	erläutert die Besiedlung ...	5			
4	skizziert die Entstehung ...	5			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.3 Teilaufgabe	21			

Teilaufgabe I.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erklärt den Prozess ...	8			
2	nimmt auf der ...	5			
3	nimmt auf der ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.4 Teilaufgabe	19			
	Summe der I.1, I.2, I.3 und I.4 Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ... 	9			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl 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 Abiturverordnung 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	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2016

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Die Beutefangstrategie des Zitteraals

- II.1 Beschreiben Sie den Verlauf der Signalübertragung an einer erregenden chemischen Synapse und erklären Sie das spezifische Zustandekommen der Spannungsverhältnisse in einer Elektrocyte im Ruhezustand und im aktivierten Zustand (Material A). Erläutern Sie, weshalb die Potentialdifferenz von 150 mV nach einer Erregung in der Elektrocyte nur kurzzeitig zustande kommt (Material A). *(24 Punkte)*
- II.2 Fassen Sie die in Material B dargestellten Ergebnisse zusammen und erläutern Sie, welche zentrale Erkenntnis sich aus der Verwendung von Curare im Experiment ergibt. *(12 Punkte)*
- II.3 Werten Sie die in den Abbildungen 5 und 6 gezeigten Ergebnisse zur Beutefangstrategie des Zitteraals aus (Material C). Leiten Sie Schlussfolgerungen bezüglich der Bedeutung der verschiedenen elektrischen Organe sowie der Elektrozeporen beim Beutefang im speziellen Habitat des Zitteraals ab (Materialien A bis C). *(20 Punkte)*
- II.4 Entwickeln Sie differenziert und unter Materialbezug eine Hypothese zur Wirkungsweise der starken Stromstöße des Zitteraals im Beuteorganismus und begründen Sie die abschließende Aussage von Catania zur Beutefangstrategie des Zitteraals (Materialien B und C). *(10 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Bau und Funktionsweise elektrischer Organe

Elektrische Fische wie der bis zu 2,80 m lange Zitteraal (*Electrophorus electricus*) können mithilfe elektrischer Organe aktiv elektrische Felder erzeugen. Der Zitteraal besitzt insgesamt drei elektrische Organe (Abbildung 1) mit unterschiedlichen Funktionen: das Sachs-Organ, das Hauptorgan und das Hunter-Organ.

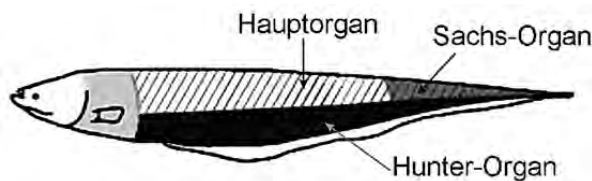


Abbildung 1: Lage der elektrischen Organe im Körper des Zitteraals

Die elektrischen Organe sind evolutiv aus Muskelfasern hervorgegangen und bestehen aus mehreren Tausend spezialisierten Zellen, den Elektrocyten (Abbildung 2), deren Einzelspannungen zu einer Gesamtspannung addiert werden. Der Aufbau einer Elektrocyte ist asymmetrisch. Die eine Seite ist stark innerviert. Über diese Seite werden die Impulse vom Gehirn an die Elektrocyte weitergeleitet. Der wirkende Neurotransmitter ist Acetylcholin (ACh). Die andere Seite besitzt keine Nervenverbindungen.

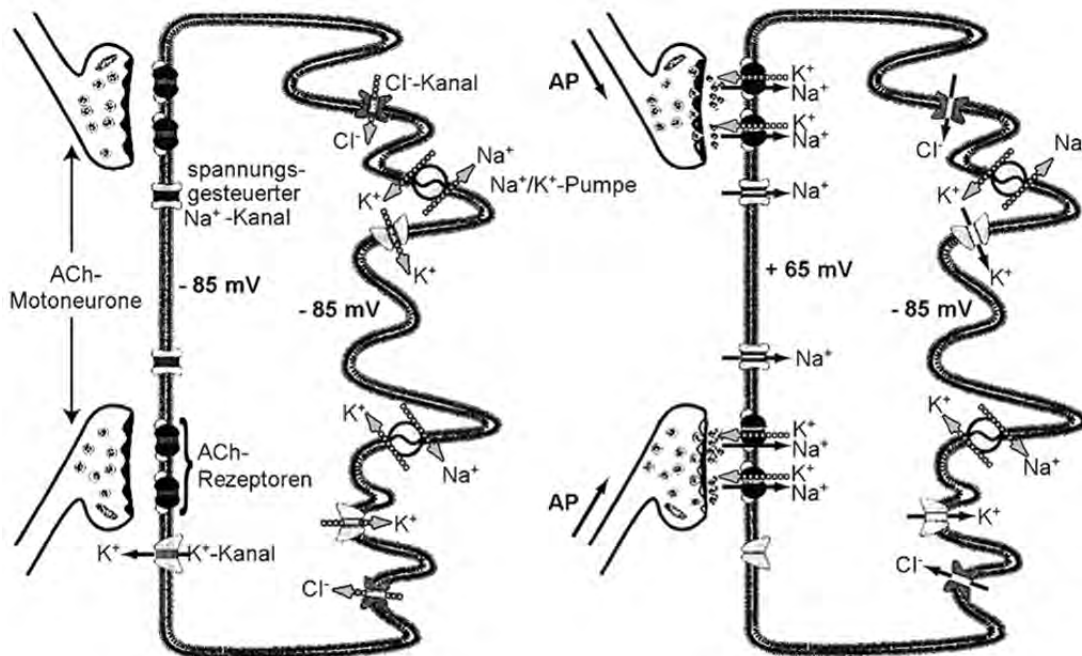


Abbildung 2: Schematischer Aufbau einer Elektrocyte im Ruhezustand (links) und im aktivierten Zustand nach Eintreffen eines Aktionspotentials (rechts)

\longrightarrow starke Ionenströme \dashrightarrow schwache Ionenströme



Name: _____

Material B: Neurophysiologische Untersuchungen zur Wirkungsweise der starken elektrischen Entladungen

In einem Experiment platzierte der US-Biologe Kenneth Catania einen toten und enthirnten Fisch in einem Zitteraal-Aquarium hinter eine undurchsichtige, aber für Elektrizität durchlässige Agar-Wand (Abbildung 3A). Der Zitteraal wurde anschließend mit Regenwürmern gefüttert, die er mit hochfrequenten Salven hoher Spannung attackierte. Diese elektrischen Entladungen führten auch zu Reaktionen im toten Fisch, die mithilfe eines Kraftumwandlers aufgezeichnet wurden (Abbildung 3B).

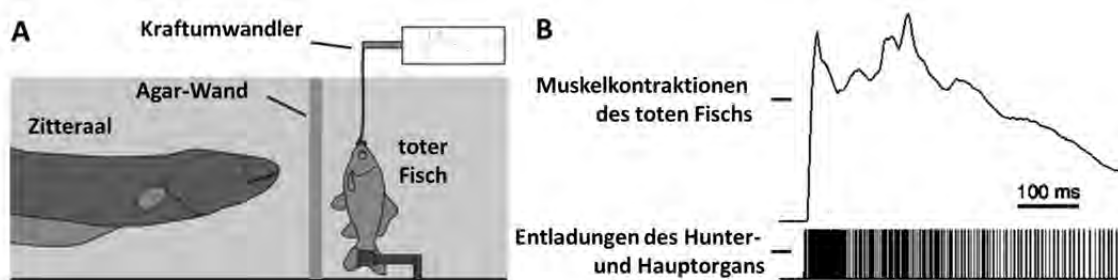


Abbildung 3: (A) Versuchsaufbau in Seitenansicht, (B) Messung der Entladungen des Hunter- und des Hauptorgans des Zitteraals und der Muskelkontraktionen bei einem toten Fisch

Um weitere Aufschlüsse über die Wirkungsweise der elektrischen Entladungen des Zitteraals im Beuteorganismus zu erhalten, wurden in einem anderen Experiment zwei tote Fische nebeneinander in das Aquarium hinter die Agar-Wand platziert. Als Kontrolle wurde einem Fisch (Fisch 1) eine Kochsalzlösung injiziert. Dem anderen toten Fisch (Fisch 2) wurde nach einiger Zeit das Gift Curare injiziert, das als Acetylcholin-Antagonist wirkt.

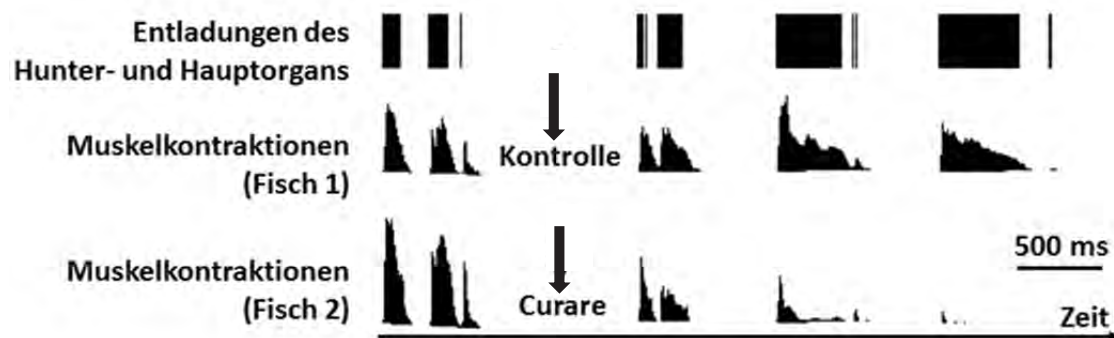


Abbildung 4: Auswirkung von Kochsalzlösung (Kontrolle) und Curare auf die Muskelkontraktionen bei den toten Fischen
(Die Pfeile deuten den Zeitpunkt der Injektion an. Die Entladungen sind nicht einzeln dargestellt, die Breite der Balken ist hier ein Maß für die Dauer der jeweiligen Salven.)



Name: _____

Material C: Beutefangstrategie des Zitteraals

Zitteraale können während des Beutefangs grundsätzlich verschiedene Arten von Entladungen ihrer elektrischen Organe (EEO) nutzen. Regelmäßige einzelne Stromstöße niedriger Spannung (bis 10 V) werden durch das Sachs-Organ erzeugt. Doppel- oder Dreifach-Entladungen mit hoher Spannung sowie Salven hoher Spannung (bis 600 V) in hoher Frequenz werden hingegen jeweils durch das Zusammenwirken von Hunter-Organ und Hauptorgan erzeugt. Zusätzlich besitzen die Tiere an der Basis spezieller Hautporen besondere Sinnesorgane (Elektrorezeptoren), mit denen sie kleinste Störungen des durch das Sachs-Organ erzeugten elektrischen Feldes wahrnehmen können. Diese Störungen werden z. B. durch Gestein, die Wasseroberfläche sowie durch sich bewegende Lebewesen verursacht. Der Zitteraal ist in der Lage, die unterschiedlichen Objekte aufgrund der Art der Störung des elektrischen Feldes voneinander zu unterscheiden.

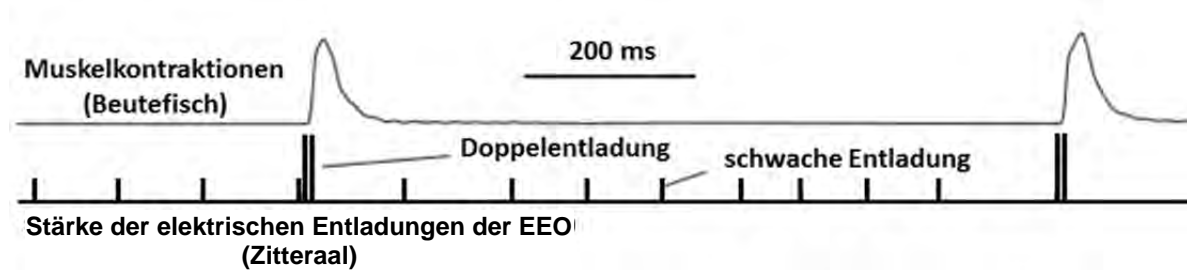


Abbildung 5: Auswirkungen der Entladungen der elektrischen Organe des Zitteraals auf die Muskelkontraktionen eines Beutfisches

Um die schwierigen Sichtverhältnisse in den trüben Gewässern des Amazonas und des Orinocos beim Beutefang im natürlichen Lebensraum des Zitteraals zu simulieren, platzierte Catania einen Beutfisch in einem Zitteraal-Aquarium unter einem Agar-Boden. Dann nahm er die Tiere mit einer Kamera auf und zeichnete gleichzeitig die abgegebenen starken Stromstöße des Zitteraals auf (Abbildung 6).

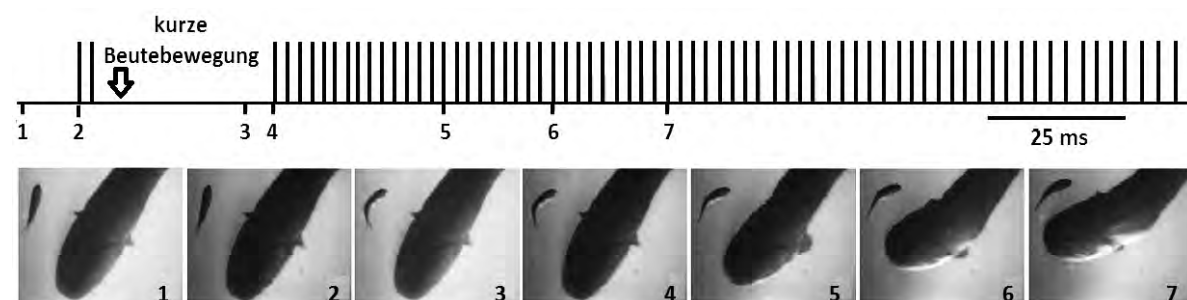


Abbildung 6: Abfolge starker Entladungen beim Beutefang und entsprechende Bildaufnahmen (Die Nummerierungen der Ereignis-Abfolgen in beiden Teilen der Abbildung 6 entsprechen einander. Ab Bild 4 zeigt der Beutfisch keine aktive Bewegung mehr.)

Aufgrund seiner Ergebnisse (Materialien B und C) bezeichnete Catania die Beutefangstrategie des Zitteraals als gezielte Fernsteuerung des Nervensystems der Beute.

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2016

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Die Beutefangstrategie des Zitteraals

- II.1 Beschreiben Sie den Verlauf der Signalübertragung an einer erregenden chemischen Synapse und erklären Sie das spezifische Zustandekommen der Spannungsverhältnisse in einer Elektrocyte im Ruhezustand und im aktivierten Zustand (Material A). Erläutern Sie, weshalb die Potentialdifferenz von 150 mV nach einer Erregung in der Elektrocyte nur kurzzeitig zustande kommt (Material A). (24 Punkte)
- II.2 Fassen Sie die in Material B dargestellten Ergebnisse zusammen und erläutern Sie, welche zentrale Erkenntnis sich aus der Verwendung von Curare im Experiment ergibt. (12 Punkte)
- II.3 Werten Sie die in den Abbildungen 5 und 6 gezeigten Ergebnisse zur Beutefangstrategie des Zitteraals aus (Material C). Leiten Sie Schlussfolgerungen bezüglich der Bedeutung der verschiedenen elektrischen Organe sowie der Elektrozeporen beim Beutefang im speziellen Habitat des Zitteraals ab (Materialien A bis C). (20 Punkte)
- II.4 Entwickeln Sie differenziert und unter Materialbezug eine Hypothese zur Wirkungsweise der starken Stromstöße des Zitteraals im Beuteorganismus und begründen Sie die abschließende Aussage von Catania zur Beutefangstrategie des Zitteraals (Materialien B und C). (10 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material A:
Abbildung 1 verändert nach: www.fsbio-hannover.de
Abbildung 2 verändert nach: Gotter *et al.* 1998, fig. 4a
- Material B:
Abbildung 3 verändert nach: Catania 2014, fig. 2a/b
Abbildung 4 verändert nach: Catania 2014, fig. 2d
- Material C:
Abbildung 5 verändert nach: Catania 2014, fig. 3a
Abbildung 6 verändert nach: Catania 2014, fig. 3d/e
- Catania, K. (2014). The shocking predatory strike of the electric eel. *Science* 346, 1231–1234
- Eckert, R. (2002). Tierphysiologie. (4. Aufl.). Thieme Verlag: Stuttgart, 269–272
- Gotter, A. L., Kaetzel, M. A. & Dedman, J. R. (1998). *Electrophorus electricus* as a model system for the study of membrane excitability. *Comparative Biochemistry and Physiology – Part A Molecular & Integrative Physiology* 119, 225–241
- Hildebrandt, J.-P., Bleckmann, H. & Homberg, U. (2014). Penzlin – Lehrbuch der Tierphysiologie (8. Aufl.). Springer Spektrum: Berlin, 831
- Kramer, B. (2009). Electric organ discharge. In: Binder, M. D., Hirokawa, N. & Windhorst, U. (Hg.). *Encyclopedia of Neuroscience*. Springer Verlag: Berlin
- Markham, M. R. (2013). Electrocyte physiology: 50 years later. *The Journal of Experimental Biology* 216, 2451–2458
- Schlappal, O., Schwarzkopf, A. & Trautmann, J. (2008). Elektrische Fische: Signalerzeugung & Rezeption. Funktion, Aufbau und Einsatz elektrischer Organe. Schriftliche Ausarbeitung, Technische Universität Darmstadt
- Wehner, R. & Gehring, W. (1995). Zoologie. (23. Aufl.). Thieme Verlag: Stuttgart, 456–457
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Zitteraal> (Zugriff: 11.05.2015)
- <http://www.fsbio-hannover.de/oftheweek/223.htm> (Zugriff: 15.02.2016)
- <http://www.wwf.de/themen-projekte/artenlexikon/zitteraal/> (Zugriff: 10.06.2015)
- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/zitteraale-jagen-mit-elektrischen-stromschlaegen-ihre-beute-a-1006694.html> (Zugriff: 11.05.2015)
- http://www.focus.de/wissen/natur/tiere-und-pflanzen/600-volt-starke-stromschlaege-forscher-fasziniert-zitteraale-koennen-beute-fernsteuern_id_4324435.html (Zugriff: 11.05.2015)
- http://www.fischlexikon.eu/fischlexikon/suesswasserfische.php?fisch_id=0000000170 (Zugriff: 11.05.2015)
- <https://www.uni-ulm.de/uploads/media/ElektrischeFische00.pdf> (Zugriff: 11.05.2015)
- <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/elektrische-fische/20730> (Zugriff: 11.05.2015)
- https://www.uni-ulm.de/fileadmin/website_uni_ulm/nawi.inst.251/Didactics/Geschichte_der_Elektrochemie/frueh/torpedo2.html (Zugriff: 02.05.2015)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2016

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Steuerungs- und Regulationsmechanismen im Organismus</p> <ul style="list-style-type: none"> • Molekulare und cytologische Grundlagen mit den Schwerpunkten <ul style="list-style-type: none"> – Bau und Funktion des Neurons – Erregungsentstehung, Erregungsleitung, Synapsenvorgänge einschließlich molekularer Grundlagen – Synaptische Verschaltung und Verrechnung <p>2. <i>Medien/Materialien</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe II.1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt den Verlauf der Signalübertragung an einer erregenden chemischen Synapse, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein an der präsynaptischen Membran ankommendes Aktionspotential löst im Endknöpfchen die Öffnung spannungsgesteuerter Ca^{2+}-Kanäle aus. • Der Einstrom der Ca^{2+}-Ionen sorgt dafür, dass die mit Transmittern gefüllten Vesikel zur präsynaptischen Membran wandern. • Die Transmitter (z. B. Acetylcholin) werden in den synaptischen Spalt ausgeschüttet. • Sie gelangen durch Diffusion an Rezeptoren der postsynaptischen Membran und bewirken durch die Anlagerung ein Öffnen der ligandengesteuerten Na^+-Kanäle. • Dadurch wird die postsynaptische Membran depolarisiert. Es entsteht ein erregendes postsynaptisches Potential (EPSP). • Die Transmittermoleküle werden im Fall von Acetylcholin durch das Enzym Acetylcholinesterase gespalten. 	8
2	<p>erklärt das spezifische Zustandekommen der Spannungsverhältnisse in einer Elektrocyte im Ruhezustand und im aktivierten Zustand (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Im Ruhezustand betragen die Potentiale beider Seiten der Elektrocyte -85 mV, sodass über die Gesamtzelle keine Spannungsdifferenz herrscht. • Das Zellinnere ist dabei im Vergleich zum Äußeren negativ geladen. Dies wird z. B. durch den Ausstrom von K^+-Ionen an beiden Membranseiten sowie den Einstrom von Cl^--Ionen an der nicht innervierten Membran erreicht. • Die Na^+/K^+-Pumpen an der nicht innervierten Membran transportieren kontinuierlich Na^+-Ionen aus der Zelle hinaus und K^+-Ionen in die Zelle hinein. 	4

3	<p>erklärt das spezifische Zustandekommen der Spannungsverhältnisse in einer Elektrocyte im Ruhezustand und im aktivierten Zustand (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein über Synapsen an der innervierten Seite ankommendes Aktionspotential löst die Ausschüttung von Acetylcholin in den synaptischen Spalt aus. • Die ACh-Rezeptoren befinden sich nur an der innervierten Membran. • Durch die Bindung von ACh an die Rezeptoren öffnen sich die ligandengesteuerten Na^+-Kanäle, sodass mehr Na^+-Ionen entlang des elektrochemischen Gradienten in die Elektrocyte hinein diffundieren als K^+-Ionen aus der Zelle heraus. • Die dadurch ausgelöste Depolarisierung bewirkt eine Öffnung von spannungsabhängigen Na^+-Kanälen. Der Ausstrom von K^+-Ionen über K^+-Kanäle an der innervierten Membranseite wird gestoppt. • Auf der nicht innervierten Seite strömen nun verstärkt K^+-Ionen durch die K^+-Ionenkanäle aus der Zelle heraus, während Cl^--Ionen durch entsprechende Cl^--Ionenkanäle in die Zelle hineinströmen. • Auf Grund all dieser Prozesse nach Eintreffen eines Aktionspotentials wird die innervierte Seite auf +65 mV depolarisiert. Die gegenüberliegende Seite behält das Ruhepotential von -85 mV. 	8
4	<p>erklärt das spezifische Zustandekommen der Spannungsverhältnisse in einer Elektrocyte im Ruhezustand und im aktivierten Zustand (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nach Auslösen einer Depolarisation ergibt sich also auf Grund der Ionenverteilung transzellulär eine Potentialdifferenz zwischen der innervierten (+65 mV) und der nicht innervierten Seite (-85 mV) von 150 mV. 	2
5	<p>erläutert, weshalb die Potentialdifferenz von 150 mV nach einer Erregung in der Elektrocyte nur kurzzeitig zustande kommt (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es kommt daraufhin zu Ausgleichsströmen der Ionen in der gesamten Zelle (Diffusion). • Die Spannung kann also nur kurzzeitig aufrechterhalten werden, da sich die Repolarisierung entsprechend schnell auf alle Membranbereiche ausdehnt. <i>(Andere fachlich korrekte Erläuterungen sind entsprechend zu akzeptieren.)</i> 	2
6	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>fasst die in Material B dargestellten Ergebnisse zusammen, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Stromstöße, die der Zitteraal zur Jagd auf die Regenwürmer ausstößt, führen bei dem toten Fisch zu Muskelkontraktionen. • Bei länger andauernden Entladungen ist parallel zu der zurückgehenden Frequenz der Entladungen des Hunter- und des Hauptorgans eine Abschwächung der Muskelkontraktionen zu beobachten. • Wird Curare als Acetylcholin-Antagonist injiziert, werden diese Muskelkontraktionen nach kurzer Zeit gehemmt, während sie bei der Injektion der Kochsalzlösung weiterhin zu beobachten sind. 	6

2	<p>erläutert, welche zentrale Erkenntnis sich aus der Verwendung von Curare im Experiment ergibt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Da Curare als kompetitiver Acetylcholin-Antagonist um die Acetylcholinrezeptoren konkurriert, unterbleiben die durch die Stromstöße des Zitteraals ausgelösten Muskelkontraktionen. • Das Ergebnis des Experiments zeigt damit auch eindeutig, dass die Stromstöße des Zitteraals nicht direkt auf die Muskeln des Fisches wirken, sondern über dessen Nervensystem (efferente Motoneuronen). 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>wertet die in den Abbildungen 5 und 6 gezeigten Ergebnisse zur Beutefangstrategie des Zitteraals aus (Material C), z. B.:</p> <p>Abbildung 5:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Starke Doppelentladungen der elektrischen Organe (Hauptorgan und Hunter-Organ) des Zitteraals lösen beim Beutefisch Muskelkontraktionen aus, schwache Entladungen (des Sachs-Organ) hingegen nicht. • Nach der ersten Doppelentladung erfolgen zunächst keine weiteren Doppelentladungen. Es werden hingegen schwache Entladungen generiert. Am Ende der Messung erfolgt eine weitere Doppelentladung. 	6
2	<p>wertet die in den Abbildungen 5 und 6 gezeigten Ergebnisse zur Beutefangstrategie des Zitteraals aus (Material C), z. B.:</p> <p>Abbildung 6:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Während des Beutefangs erfolgt zunächst eine kurze Doppelentladung, die zu einer Bewegung des Beutefisches führt. Dies zeigt auch der Vergleich der Bilder 2 und 3, bei denen ein Richtungswechsel des kleinen Fisches deutlich zu erkennen ist. • Etwa 30 ms später erfolgen zahlreiche Stromstöße in hoher Frequenz. Während dieser Stromstöße bewegt sich der kleine Fisch nicht mehr aktiv (Bilder 4 bis 7). • Der Zitteraal orientiert sich ab Bild 5 in Richtung des Beutefisches. 	6
3	<p>leitet Schlussfolgerungen bezüglich der Bedeutung der verschiedenen elektrischen Organe sowie der Elektrozeporen beim Beutefang im speziellen Habitat des Zitteraals ab (Materialien A bis C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die schwachen Entladungen des Sachs-Organ dienen der Orientierung im trüben Gewässer. Es werden elektrische Felder erzeugt, anhand derer der Zitteraal seine belebte Umwelt von der unbelebten unterscheiden kann. • Durch die Doppelentladungen, die durch das Hauptorgan und das Hunter-Organ erzeugt werden, können Beuteorganismen in der Umgebung aufgespürt werden, da durch sie eine Bewegung der Beute verursacht wird. • Die Bewegung des Beuteorganismus kann der Zitteraal dann über die Elektrozeporen als Störungen des elektrischen Feldes wahrnehmen und so seine Beute lokalisieren. • Sobald die Beute lokalisiert ist, erfolgen starke Entladungen des Hauptorgans und des Hunter-Organ in hoher Frequenz. So wird die Beute gelähmt und am Fortkommen gehindert. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>entwickelt differenziert und unter Materialbezug eine Hypothese zur Wirkungsweise der starken Stromstöße des Zitteraals im Beuteorganismus, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Ergebnisse der Experimente legen nahe, dass die Beutefangstrategie des Zitteraals auf einer Lähmung der Beute beruht: <ul style="list-style-type: none"> – Die Stromstöße beeinflussen die Muskelbewegungen der Beute, indem die neuronale Kommunikation zwischen Gehirn und Muskeln gestört wird. Es kommt zu unkontrollierten Muskelkontraktionen. – Durch die ständigen und unkontrollierten Muskelkontraktionen wird die Beute bewegungsunfähig. • Da durch die Hemmung der Acetylcholin-Wirkung durch Curare die Muskelkontraktionen unterbleiben, werden insbesondere die über erregende cholinerge Synapsen ablaufenden Prozesse beeinflusst. • Die Stromstöße des Zitteraals wirken beim Beutefisch demzufolge wie Aktionspotentiale, die auf die motorischen Endplatten einwirken. <p><i>(Alternative fachlich zutreffende Hypothesen sind entsprechend zu werten.)</i></p>	8
2	<p>begründet die abschließende Aussage von Catania zur Beutefangstrategie des Zitteraals (Materialien B und C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch die starken Stromstöße des Zitteraals werden Muskelbewegungen (Zuckungen) der Beute offenbar gezielt ausgelöst, um diese aufzuspüren, zu lähmen und anschließend zu fressen. Die Beute kann diese Muskelbewegungen nicht kontrollieren. • Daher ist die Aussage grundsätzlich zutreffend. 	2
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	9

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe II.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt den Verlauf ...	8			
2	erklärt das spezifische ...	4			
3	erklärt das spezifische ...	8			
4	erklärt das spezifische ...	2			
5	erläutert, weshalb die ...	2			
6	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.1 Teilaufgabe	24			

Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	fasst die in ...	6			
2	erläutert, welche zentrale ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.2 Teilaufgabe	12			

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

Teilaufgabe II.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	wertet die in ...	6			
2	wertet die in ...	6			
3	leitet Schlussfolgerungen bezüglich ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.3 Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe II.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	entwickelt differenziert und ...	8			
2	begründet die abschließende ...	2			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.4 Teilaufgabe	10			
	Summe der II.1, II.2, II.3 und II.4 Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ... 	9			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	-----------	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl 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	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2016

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Die Wirkung von Umweltöstrogenen auf Fische

- III.1 Beschreiben Sie die Wirkung von Östradiol anhand von Abbildung 1. Zeichnen Sie ein Modell, wie die Expression von Genen bei Prokaryonten reguliert werden kann, erläutern Sie dieses kurz und vergleichen Sie das Modell mit dem in Abbildung 1 dargestellten. *(18 Punkte)*
- III.2 Beschreiben Sie die in Abbildung 2 dargestellten Ergebnisse und werten Sie sie im Hinblick auf die Wirkung von EE2 und die Folgen aus (Materialien A und B). *(10 Punkte)*
- III.3 Beschreiben Sie die Ergebnisse der Laboruntersuchung zur Wirkung von EE2 (Abbildung 3) und werten Sie sie im Hinblick auf die möglichen Konsequenzen für die Fischpopulation aus (Materialien B und C). *(12 Punkte)*
- III.4 Erläutern Sie die Folgen der EE2-Belastung für die Dickkopfelritzen in See 260 (Material D) unter Einbeziehung der Ergebnisse aus Material C. *(8 Punkte)*
- III.5 Skizzieren Sie ein mögliches Nahrungsnetz für See 260, benennen Sie die Trophieebenen und erläutern Sie die Auswirkungen der EE2-Belastung auf andere Glieder des Nahrungsnetzes (Material D). Erörtern Sie, inwieweit die Ergebnisse dieser Studie auf andere Fischpopulationen übertragbar sind (Materialien A bis D). *(18 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Umweltöstrogene in Gewässern

Schon lange wird vermutet, dass bestimmte Umweltsubstanzen in der Lage sind, mit dem Hormonsystem von Mensch und Tier zu interagieren. Im Zentrum der Untersuchungen stehen dabei die „Umweltöstrogene“, also Substanzen, die wie das weibliche Sexualhormon 17 β -Östradiol (E2¹) wirken. Dazu gehören neben den natürlichen Östrogenen, die von Menschen und Tieren ausgeschieden werden, auch synthetische Hormone, wie sie in der Antibabypille enthalten sind, z. B. Ethinylöstradiol (EE2). EE2 wird im Vergleich zu E2 sowohl stoffwechselphysiologisch als auch biotechnisch (Kläranlage) erheblich langsamer abgebaut.

Hormone sind bereits in sehr niedrigen Konzentrationen biologisch aktiv. In Fischen liegen typische Konzentrationen von E2 im Plasma im Bereich von Pikogramm pro Liter oder Nanogramm pro Liter vor. Diese geringe Konzentration reicht aus, um über entsprechende Rezeptoren eine biologische Antwort zu erreichen.

Umweltöstrogene gelangen über das Abwasser in die Gewässer. Sie werden in den Kläranlagen zwar zum großen Teil abgebaut, aber Messungen am Abwasserauslauf von Kläranlagen haben Konzentrationen von < 0,1 bis 88 ng/L an E2 und < 0,06 bis 62 ng/L an EE2 ergeben. Diese Stoffe werden dann in den unterschiedlichen Gewässern verdünnt. Eine weltweite Studie zeigt eine Konzentration von 1,7 ng/L EE2 oder weniger in 90 % der untersuchten Gewässer.

Diese Stoffe sind zwar keine klassischen Umweltschadstoffe, aber sie sind in Mensch wie Tier hormonell wirksam, zumal Fisch-Östrogene chemisch identisch mit denen des Menschen sind.

Material B: Einfluss von Umweltöstrogenen auf Fische

Ein typisches Beispiel eines Gens, das bei Fischen durch Östrogen aktiviert wird, ist das Vitellogenin-Gen. Vitellogenin ist ein Eidotterprotein, das normalerweise nur in Weibchen produziert wird, da männliche Fische kein oder nur extrem wenig Östrogen besitzen. Daher ist das Vorhandensein von Vitellogenin im Blut von männlichen und weiblichen Fischen ein guter Biomarker für die Anwesenheit von Umweltöstrogenen in Gewässern. Insgesamt können Umweltöstrogene zu einer Verweiblichung der männlichen Fische führen.

¹ Östradiol, engl. estradiol, abgekürzt E2



Name: _____

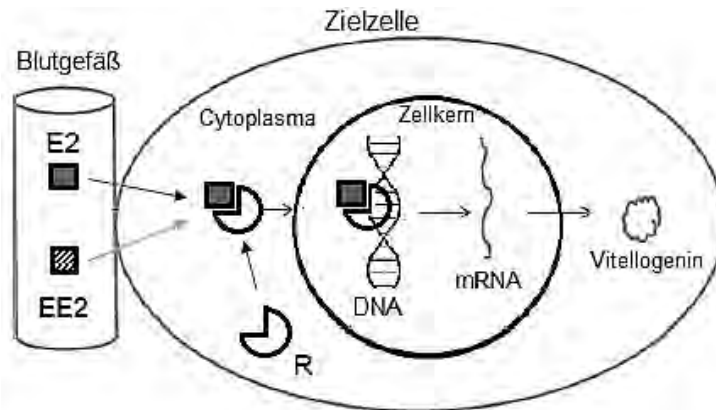


Abbildung 1: Wirkung von Östradiol in der Zelle (R= Östrogen-Rezeptor)

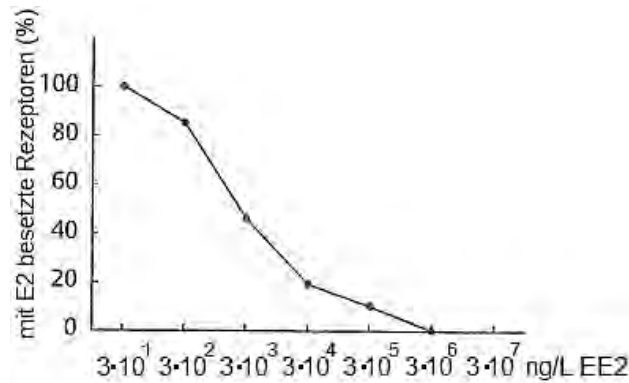


Abbildung 2: Bindung von körpereigenem Östrogen (E2) an die Östrogen-Rezeptoren in Gegenwart von Umweltöstrogen (EE2)
(Die Untersuchung wurde *in vitro* an isolierten Östrogen-Rezeptoren durchgeführt, so dass die ermittelten Zahlenwerte nicht den im Körper von Mensch oder Tier natürlich vorkommenden physiologischen Bedingungen entsprechen.)

Material C: Laboruntersuchungen an Zebrafischen

In Versuchen wurden adulte Zebrafische verschiedenen Konzentrationen an EE2 ausgesetzt. Anschließend untersuchte man die Fekundität der Weibchen und die Fertilität (Abbildung 3).

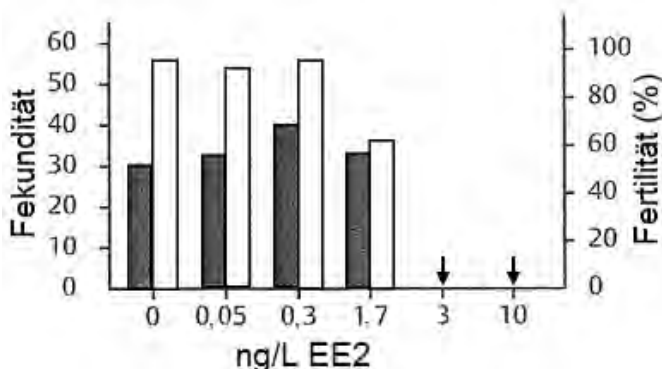


Abbildung 3:
Fekundität (Anzahl entwicklungsfähiger Eier pro Weibchen, schwarze Balken) und Fertilität (Anteil der Eier, welche erfolgreich befruchtet werden, weiße Balken) bei Zebrafischen bei unterschiedlichen Konzentrationen von EE2
(↓ Messwert = Null)



Name: _____

Material D: Freilanduntersuchungen an Dickkopfelritzen

Um die Laborergebnisse im Freiland zu überprüfen, wurden Versuche mit EE2 an Dickkopfelritzen (*Pimephales promelas*) in Seen in Kanada durchgeführt, deren ökologische Bedingungen vergleichbar waren. Die Dickkopfelritzen ernähren sich z. B. von Algen, Insektenlarven, Wasserinsekten, kleinsten Krebstierchen und anderem Zooplankton, das sich seinerseits von Phytoplankton ernährt. Ihre Fressfeinde sind Forellen, Hechte und andere Raubfische. In den untersuchten Seen haben die Elritzen eine Lebensdauer von ca. vier Jahren, aber nur wenige werden älter als zwei Jahre. Sie werden erst im zweiten Lebensjahr geschlechtsreif. Die Laichzeit liegt im frühen Sommer und geht über etwa zwei Monate.

Ab Mai 2001 wurde in See 260 während der eisfreien Zeit drei Jahre lang EE2 verteilt, so dass die Konzentration ständig bei 5 bis 6 ng/L lag. Der See 442 diente als Kontrolle. Der Vitellogeningehalt der Weibchen stieg in See 260 nach Zugabe von EE2 auf 1200 bis über 7000 µg/g Körpergewicht an, bei den Männchen auf bis zu 12000 µg/g Körpergewicht. In See 442 lag der Wert während des ganzen Zeitraums bei den Weibchen um 500 µg/g Körpergewicht und bei den Männchen um 0,5 µg/g Körpergewicht.

In den Jahren 1999 bis 2005 wurde auch die Populationsgröße der Dickkopfelritzen in See 442 und See 260 durch den Einsatz von Fangnetzen jeweils im Herbst untersucht (Tabelle 1). Auffallend war, dass in See 442 in allen Jahren sowohl Jungfische (< 1 Jahr) als auch ältere Fische (1 – 4 Jahre) gefangen wurden, während in See 260 nur in den Jahren 1999 bis 2001 sowohl junge als auch ältere Fische gefangen wurden. In den Jahren 2002 und 2003 wurden nur adulte Fische gefunden.

Jahr	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
See 442	490,3 ± 68,1	19,1 ± 10,4	56,1 ± 39,9	9,6 ± 2,2	20,6 ± 3,8	51,9 ± 21,2	355,9 ± 99,6
See 260	180,0 ± 48,0	50,3 ± 43,7	117,7 ± 20,0	0,7 ± 0,2	2,6 ± 0,8	0,1 ± 0,05	0,1 ± 0,01

Tabelle 1: Tägliche Fangzahlen pro Netz gemessen im Herbst in See 442 und See 260
(grau unterlegt: Zugabe von EE2)

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2016

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Die Wirkung von Umweltöstrogenen auf Fische

III.1 Beschreiben Sie die Wirkung von Östradiol anhand von Abbildung 1. Zeichnen Sie ein Modell, wie die Expression von Genen bei Prokaryonten reguliert werden kann, erläutern Sie dieses kurz und vergleichen Sie das Modell mit dem in Abbildung 1 dargestellten. (18 Punkte)

III.2 Beschreiben Sie die in Abbildung 2 dargestellten Ergebnisse und werten Sie sie im Hinblick auf die Wirkung von EE2 und die Folgen aus (Materialien A und B). (10 Punkte)

III.3 Beschreiben Sie die Ergebnisse der Laboruntersuchung zur Wirkung von EE2 (Abbildung 3) und werten Sie sie im Hinblick auf die möglichen Konsequenzen für die Fischpopulation aus (Materialien B und C). (12 Punkte)

III.4 Erläutern Sie die Folgen der EE2-Belastung für die Dickkopfelritzen in See 260 (Material D) unter Einbeziehung der Ergebnisse aus Material C. (8 Punkte)

III.5 Skizzieren Sie ein mögliches Nahrungsnetz für See 260, benennen Sie die Trophieebenen und erläutern Sie die Auswirkungen der EE2-Belastung auf andere Glieder des Nahrungsnetzes (Material D). Erörtern Sie, inwieweit die Ergebnisse dieser Studie auf andere Fischpopulationen übertragbar sind (Materialien A bis D). (18 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material B:
Abbildung 1 erstellt nach: Segner 2014 und Campbell & Reece 2003
Abbildung 2 verändert nach: Segner 2014
- Material C:
Abbildung 3 verändert nach: Segner 2014
- Material D:
- Tabelle 1 erstellt nach: Kidd *et al.* 2007
- Campbell, N. A. & Reece, J. B. (2003). *Biologie* (6. Aufl.). Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 1151
- Kidd, K. A., Blanchfield, P. J., Mills, K. H., Vince, P. P., Evans, R. E., Lazorchak, J. M. & Flick, R. W. (2007). Collapse of a fish population after exposure to a synthetic estrogen, *PNAS* 104, 8897–8901
- Segner, H. (2014). Hormone als Schadstoffe? Die Wirkung von Umweltöstrogenen auf Fische, *Biologie in unserer Zeit* 44, 232–241
- <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/lactose-operon/6800> (Zugriff: 18.01.2016)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2016

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung

- Wechselbeziehungen, Populationsdynamik
 - Beziehungen zwischen Populationen: LOTKA-VOLTERRA-Regeln, Konkurrenz, Koexistenz
- Verflechtungen in Lebensgemeinschaften
 - Biomasseproduktion, Trophieebenen, Energiefluss
- Nachhaltige Nutzung und Erhaltung von Ökosystemen
 - Nachhaltige Bewirtschaftung (chemische Schädlingsbekämpfung, biologischer Pflanzenschutz)

Genetische und entwicklungsbiologische Grundlagen von Lebensprozessen

- Molekulare Grundlagen der Vererbung und Entwicklungssteuerung
 - Replikation, Proteinbiosynthese bei Pro- und Eukaryonten, Mutagene und Mutationen
 - Regulation der Genaktivität am Beispiel der Prokaryonten (Operonmodell)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe III.1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	beschreibt die Wirkung von Östradiol anhand von Abbildung 1, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • E2-Moleküle gelangen über die Blutgefäße in das Cytoplasma von Zielzellen, wo sie an Östrogen-Rezeptoren (R) gebunden werden. • Der Östrogen-Rezeptor-Komplex gelangt in den Zellkern und bindet an spezifische Bereiche der DNA, wodurch die Transkription der entsprechenden mRNA veranlasst wird, die zur Bildung von Vitellogenin führt. 	2
2	zeichnet ein Modell, wie die Expression von Genen bei Prokaryonten reguliert werden kann, z. B.: <div style="margin-top: 10px;"> <p style="font-size: small;">(http://www.spektrum.de/lexikon/biologie-kompakt/lactose-operon/6800, verändert) (Die Zeichnung anderer fachlich zutreffender Modelle ist zu akzeptieren.)</p> </div>	6
3	erläutert dieses kurz, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • In Abwesenheit des Substrats, z. B. Lactose, befindet sich der Repressor in seiner aktiven Form und bindet am Operator, so dass keine Transkription der Strukturgene stattfindet. • In Anwesenheit des Substrats, z. B. Lactose, wirkt dieses als Induktor und bindet an das Repressorprotein, wodurch der Repressor inaktiviert wird und nicht mehr an den Operator binden kann. • Somit kann die Transkription durch das Enzym RNA-Polymerase beginnen, welches am Promotor, der vor dem Operator liegt, bindet. • Die neu synthetisierte mRNA wird anschließend in die Aminosäurefolge der Enzyme, die den Substrat-Abbau katalysieren, translatiert. <p style="font-size: small;">(Bei Bezug auf ein anderes Modell ist entsprechend eine hierauf bezogene Erläuterung zu erwarten.)</p>	6

4	<p>vergleicht das Modell mit dem in Abbildung 1 dargestellten, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Östrogen-Rezeptor-Komplex (E2-R-Komplex) entspricht der Bindung des Substrates Lactose an den Repressor. Er aktiviert das Ablesen des Vitellogenin-Gens, während z. B. beim Lac-Operon durch das Anlagern des Substrats der vorher aktive Repressor inaktiviert wird. • Bei der Substrat-Induktion (z. B. Lac-Operon) werden Enzyme zum Abbau des Substrats (z. B. Lactose) gebildet, d. h., die Produkte der induzierten Proteinsynthese führen letztlich zu einer Abnahme der Menge an Induktor, während das gebildete Vitellogenin keinen Einfluss auf die Menge an Induktor hat. 	4
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die in Abbildung 2 dargestellten Ergebnisse, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit zunehmender Konzentration an EE2 sinkt der Anteil an mit E2 besetzten Rezeptoren. • Bei einer Konzentration von $3 \cdot 10^3$ ng/L EE2 sind nur noch knapp 50 % der Rezeptoren mit E2 besetzt, bei $3 \cdot 10^6$ ng/L EE2 wird kein E2 mehr an den Rezeptor gebunden. 	2
2	<p>wertet sie im Hinblick auf die Wirkung von EE2 und die Folgen aus (Materialien A und B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • EE2 kann ebenso wie E2 an den Östrogen-Rezeptor binden und verdrängt mit zunehmender Konzentration E2. • EE2 führt ebenso wie E2 zur Produktion von Vitellogenin. • Die erhöhte Konzentration von EE2 besonders am Ablauf von Kläranlagen bewirkt die gesteigerte Expression des Vitellogenin-Gens, so dass auch bei den männlichen Fischen Vitellogenin gebildet wird (Verweiblichung). • Da EE2 auch stoffwechselphysiologisch langsamer abgebaut wird, ist die Wirkung langanhaltend und führt zu einer höheren Vitellogeninproduktion als E2. <p><i>(Ein quantitativer Vergleich der Wirkung von EE2 unter physiologischen Bedingungen und in vitro (Abbildung 2) wird im Rahmen der Auswertung nicht erwartet und stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i></p>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (1)	

Teilaufgabe III.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die Ergebnisse der Laboruntersuchung zur Wirkung von EE2 (Abbildung 3), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Anzahl entwicklungsfähiger Eier (Fekundität) steigt bei den Zebrafisch-Weibchen bei EE2-Konzentrationen bis zu 0,3 ng/L EE2 von etwa 30 auf 40 an. Bei 1,7 ng/L EE2 sinkt die Fekundität wieder auf den Wert wie bei 0,05 ng/L, bei Konzentrationen ab 3 ng/L werden keine entwicklungsfähigen Eier mehr produziert. Bei 0 bis 0,3 ng/L EE2 bleibt die Fertilität etwa gleich; es werden ca. 90 – 95 % der Eier erfolgreich befruchtet. Bei 1,7 ng/L EE2 werden nur noch etwa 60 % der Eier erfolgreich befruchtet und ab 3 ng/L keine mehr. 	4
2	<p>wertet sie im Hinblick auf die möglichen Konsequenzen für die Fischpopulation aus (Materialien B und C), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die ins Gewässer gelangten Umweltöstrogene führen zu einer Steigerung des Vitellogenin-Gehaltes im Blut von männlichen und weiblichen Fischen, obwohl Vitellogenin normalerweise nur in weiblichen Fischen vorkommt. Geringe Konzentrationen von EE2 unter 1,7 ng/L steigern die Fekundität der Weibchen, ohne die Fähigkeit der Männchen zur erfolgreichen Befruchtung der Eier (ungestörte Spermienproduktion bzw. -reifung) zu beeinflussen. Bei Konzentrationen von 1,7 ng/L werden weniger Eier produziert und befruchtet, d. h., Weibchen und Männchen sind durch die EE2-Belastung geschädigt und die Nachkommenszahl sinkt. Spätestens bei Konzentrationen ab 3 ng/L gibt es keine vitalen Eier mehr, d. h., es ist zu erwarten, dass die Fischpopulation bei einer länger andauernden Belastung durch diese hohen Konzentrationen ausstirbt. 	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (1)	

Teilaufgabe III.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Folgen der EE2-Belastung für die Dickkopfritzen in See 260 (Material D) unter Einbeziehung der Ergebnisse aus Material C, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> Im Vergleich zu den Werten im unbelasteten See liegt der Vitellogeningehalt im Körper der Weibchen in See 260 mit EE2 bis zu 14-mal höher. Im Körper der Männchen liegt der Vitellogeningehalt bis zu 24000-mal höher. Dadurch sinken die Fekundität der Weibchen und die Fähigkeit der Männchen, die Eier erfolgreich zu befruchten. Die Zahl der Elritzen nimmt dadurch ab 2002 stark ab. 	4

2	<p>erläutert die Folgen der EE2-Belastung für die Dickkopfelritzen in See 260 (Material D) unter Einbeziehung der Ergebnisse aus Material C, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nach EE2-Zugabe nach dem Winter (2000/2001) gibt es im ersten Jahr (2001) der Belastung noch genügend adulte Fische aus dem Vorjahr, die im frühen Sommer laichen können. • Da die Dickkopfelritzen erst im zweiten Lebensjahr geschlechtsreif werden und selten älter als zwei Jahre werden, laichen die meisten nur einmal ab. • Dadurch bricht die Population schon nach einem Jahr ohne Nachwuchs weitgehend ein. Dauert die EE2-Belastung länger an, stirbt die Population völlig aus. 	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.5

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>skizziert ein mögliches Nahrungsnetz für See 260 (Material D), z. B.:</p> <pre> graph LR Phytoplankton --> Zooplankton Zooplankton --> ELRITZE Algen --> ELRITZE Insektenlarven --> ELRITZE kleinsteKrebstierchen[kleinste Krebstierchen] --> ELRITZE Wasserinsekten --> ELRITZE ELRITZE --> Forelle ELRITZE --> andereRaubfische[andere Raubfische] ELRITZE --> Hecht </pre> <p>—→ wird gefressen von</p>	4
2	<p>benennt die Trophieebenen (Material D), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Phytoplankton bildet die Basis der Nahrungskette, die Produzenten. • Davon ernähren sich Primärkonsumenten wie Zooplankton. • Die Elritzen ernähren sich einerseits von Algen und sind somit Konsumenten 1. Ordnung, andererseits ernähren sie sich von Zooplankton, Insektenlarven, Wasserinsekten sowie kleinsten Krebstierchen und sind damit Konsumenten 2. Ordnung. • Endkonsumenten sind Forelle, Hecht und andere Raubfische. 	4
3	<p>erläutert die Auswirkungen der EE2-Belastung auf andere Glieder des Nahrungsnetzes (Material D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch das Aussterben der Elritzen verschwindet eine Nahrungsgrundlage der Raubfische, so dass deren Bestand zurückgeht. • Andererseits werden aber auch die Fressfeinde der Elritzen durch die Umweltöstrogene geschädigt, denen sie ebenso ausgesetzt sind und die sie zudem noch mit der Nahrung aufnehmen (biologische Akkumulation). • Infolgedessen wird die Organismendichte auf den unteren Trophieebenen stark zunehmen. 	6

4	<p>erörtert, inwieweit die Ergebnisse dieser Studie auf andere Fischpopulationen übertragbar sind (Materialien A bis D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ausgehend von diesen Studienergebnissen wird die EE2-Belastung vermutlich generell eine Belastung für Fischpopulationen sein. Die direkte Auswirkung auf die Population ist je nach Lebensdauer der Fische jedoch unterschiedlich: <ul style="list-style-type: none"> – Bei geringer Lebensdauer wie bei den Dickkopfelritzen bricht die Population schon nach kurzer Zeit der Exposition ein, zumal die Fische in der Regel nur einmal in ihrem Leben ablaichen. Das Überleben der adulten Dickkopfelritzen wird durch die EE2-Belastung nicht beeinflusst. – Längerlebige Fischarten, die mehrere Jahre hindurch laichen können, werden von einer zeitlich begrenzten Exposition an Umweltöstrogenen nicht so stark betroffen, wenn auch bei ihnen die adulten Tiere nicht in ihrer Lebensfähigkeit beschränkt werden. <p><i>(Andere sinnvolle Überlegungen werden entsprechend gewertet.)</i></p>	4
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken schlüssig, stringent und klar aus. • strukturiert seine Darstellung sachgerecht. • verwendet eine differenzierte und präzise Sprache. • gestaltet seine Arbeit formal ansprechend. 	9

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe III.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt die Wirkung ...	2			
2	zeichnet ein Modell ...	6			
3	erläutert dieses kurz ...	6			
4	vergleicht das Modell ...	4			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.1 Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe III.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt die in ...	2			
2	wertet sie im ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (1)				
	Summe III.2 Teilaufgabe	10			

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

Teilaufgabe III.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	beschreibt die Ergebnisse ...	4			
2	wertet sie im ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (1)				
	Summe III.3 Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe III.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert die Folgen ...	4			
2	erläutert die Folgen ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.4 Teilaufgabe	8			

Teilaufgabe III.5

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	skizziert ein mögliches ...	4			
2	benennt die Trophieebenen ...	4			
3	erläutert die Auswirkungen ...	6			
4	erörtert, inwieweit die ...	4			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.5 Teilaufgabe	18			
	Summe der III.1, III.2, III.3, III.4 und III.5 Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ... 	9			
	Summe Darstellungsleistung	9			

	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			
--	---	----	--	--	--

Festlegung der Gesamtnote (Bitte nur bei der letzten bearbeiteten Aufgabe ausfüllen.)

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl 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 Abiturverordnung 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	150 – 143
sehr gut	14	142 – 135
sehr gut minus	13	134 – 128
gut plus	12	127 – 120
gut	11	119 – 113
gut minus	10	112 – 105
befriedigend plus	9	104 – 98
befriedigend	8	97 – 90
befriedigend minus	7	89 – 83
ausreichend plus	6	82 – 75
ausreichend	5	74 – 68
ausreichend minus	4	67 – 60
mangelhaft plus	3	59 – 50
mangelhaft	2	49 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0