



Name: \_\_\_\_\_

# Abiturprüfung 2015

## Biologie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Thema: Evolution der Großkatzen

- I.1 Skizzieren Sie auf der Grundlage von Material A einen Stammbaum und begründen Sie Ihr Vorgehen. *(10 Punkte)*
- I.2 Nennen und erläutern Sie kurz das Vorgehen beim Erstellen des in Material B gezeigten Stammbaums. *(10 Punkte)*
- I.3 Vergleichen Sie den Stammbaum in Material B mit den Angaben in Material A. Erläutern und vergleichen Sie die Aussagekraft eines auf der Basis von Material A erstellten Stammbaums und des in Abbildung 1 gezeigten Stammbaums. *(22 Punkte)*
- I.4 Erläutern Sie anhand der Materialien B und C, inwiefern der Fossilfund im Himalaya die bisherige Auffassung von der Evolution der Großkatzen verändert hat. *(6 Punkte)*
- I.5 Beschreiben Sie anhand der Materialien B bis D die mögliche globale Ausbreitung der Großkatzen unter Einbeziehung von Artbildungsprozessen und beurteilen Sie, ob das heutige Vorkommen von Tiger, Löwe, Leopard und Jaguar die verwandtschaftlichen Beziehungen widerspiegelt (Materialien A bis D). *(18 Punkte)*

#### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: \_\_\_\_\_

## Material A: Morphologisch-anatomische und ethologische Untersuchungen zur Evolution der Großkatzen

Die Katzen (*Felidae*) sind eine Familie aus der Ordnung der Raubtiere (*Carnivora*). Traditionell werden sie in Großkatzen (*Pantherinae*) und Kleinkatzen (*Felinae*) gegliedert. Die Großkatzen werden unterteilt in die Gattung der eigentlichen Großkatzen (*Panthera*), zu der Löwe, Tiger, Jaguar, Leopard und Schneeleopard gehören, und die Gattung *Neofelis* mit dem Nebelparder und dem Borneo-Nebelparder.

Zur Klärung des phylogenetischen Zusammenhangs wurden u. a. schon von Hemmer 1966 möglichst komplexe morphologisch-anatomische Merkmale sowie Verhaltensmerkmale rezenter Arten verglichen. Tabelle 1 zeigt einige Ergebnisse dieser Untersuchungen.

Tabelle 1: Vergleich verschiedener Arten der Großkatzen und Kleinkatzen (Puma) nach Hemmer

Nr.	Merkmal	Art							
		Löwe <i>Panthera leo</i>	Tiger <i>Panthera tigris</i>	Jaguar <i>Panthera onca</i>	Leopard <i>Panthera pardus</i>	Schneeleopard <i>Panthera uncia</i>	Nebelparder <i>Neofelis nebulosa</i>	Puma <i>Puma concolor</i>	
1	Schwanzhaltung in Ruhe	+	+	+	+	+	+	+	
2	Zerreißhandlung (beim Fressen)	+	+	+	+	+	+	-	
3	Lautäußerung (Brüllen)	+	+	+	+	-	-	-	
4	Fressstellung	+	+	+	+	-	-	-	
5	Krallenscheiden	+	+	+	+	?	+	-	
6	Hyoidbau*	+	+	+	+	+	-	-	
7	Rhinarium**	+	+	+	+	+	-	-	
8	Fellzeichnung	+	-	+	+	-	-	-	
9	Stirnzeichnung	+	-	+	+	-	-	-	
10	Pupillenform	+	-	+	+	-	-	-	

Bedeutung der Zeichen:

+ = gleiche Ausprägung des Merkmals wie beim Löwen

- = nicht vorhanden bzw. andere Ausprägung des Merkmals

? = nicht bekannt

\* Hyoid (Zungenbein), ein kleiner gebogener Knochen am Mundboden unterhalb der Zunge

\*\* Rhinarium (Nasenspiegel), ein durch Schleimhaut gebildeter Bereich um die Nasenlöcher von Säugetieren



Name: \_\_\_\_\_

## Material B: Verwandtschaftsverhältnisse der Katzen

Die Erstellung von Abstammungslinien der Katzen (siehe Abbildung 1) beruht auf Sequenzvergleichen von 30 Genen der Kern-DNA und auf Sequenzanalysen der mitochondrialen DNA (mtDNA); sichere Fossildatierungen dienen als Gerüst, um die genanalytisch erschlossenen Gabelungen zeitlich einzuordnen.

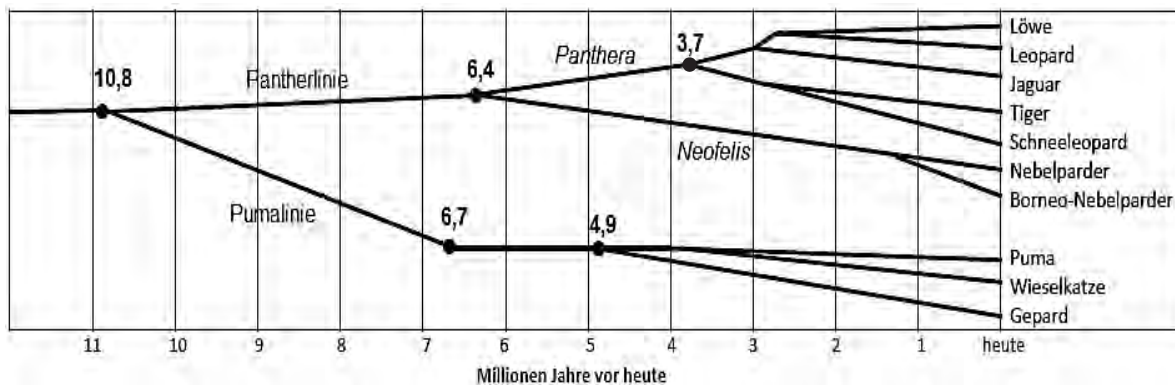


Abbildung 1: Stammbaum auf der Basis von DNA-Vergleichen  
(Weitere Abstammungslinien wurden zur Vereinfachung weggelassen.)

## Material C: Forscher entdecken Großkatzen-Fossil im Himalaya

Wie in Abbildung 1 gezeigt, ging man lange Zeit davon aus, dass die Trennung zwischen *Panthera* und *Neofelis* vor etwa 6,4 Millionen Jahren stattgefunden hat und die Abspaltung des Tigers und des Schneeleoparden von den anderen Großkatzen vor ca. 3,7 Millionen Jahren. Über die Entstehungsgeschichte der Großkatzen weiß man relativ wenig. Die bisher ältesten fossilen Überreste waren 3,6 Millionen Jahre alte Zahnfragmente aus Tansania (Afrika), ausgegraben von der britischen Forscherin Mary Leakey in den siebziger Jahren. Diese Fossilfunde legen nahe, dass Löwen ähnliche Großkatzen, *Panthera leo fossilis* genannt, im späten Pleistozän (vor 5,0 – 1,8 Millionen Jahren) in Afrika lebten. Deutlich jüngere Fossilfunde stammen vom Höhlenlöwen (*P. spelaea*) aus Eurasien und Nordamerika (vor 300.000 – 13.000 Jahren) sowie vom Amerikanischen Löwen (*P. atrox*), der vor 200.000 – 12.000 Jahren in Nordamerika und den nördlichen Teilen Südamerikas gelebt hat.

2010 haben Forscher im tibetischen Himalaya ein noch älteres Großkatzenfossil entdeckt. Das Tier namens *Panthera blytheae* wurde aufgrund von geologischen Analysen auf ein Alter von 4,1 bis 5,95 Millionen Jahren geschätzt. *P. blytheae* hatte sehr große Ähnlichkeit mit dem rezenten Schneeleoparden, es wies eine breite Stirn und ein kurzes Gesicht auf, war aber kleiner als der Schneeleopard. Interessant für die Forscher war auch die geografische Lage des Fundortes: Die Lebensräume vieler heutiger Großkatzen überlappen sich im tibetischen Hochland.



Name: \_\_\_\_\_

**Material D: Vorkommen der Großkatzen**

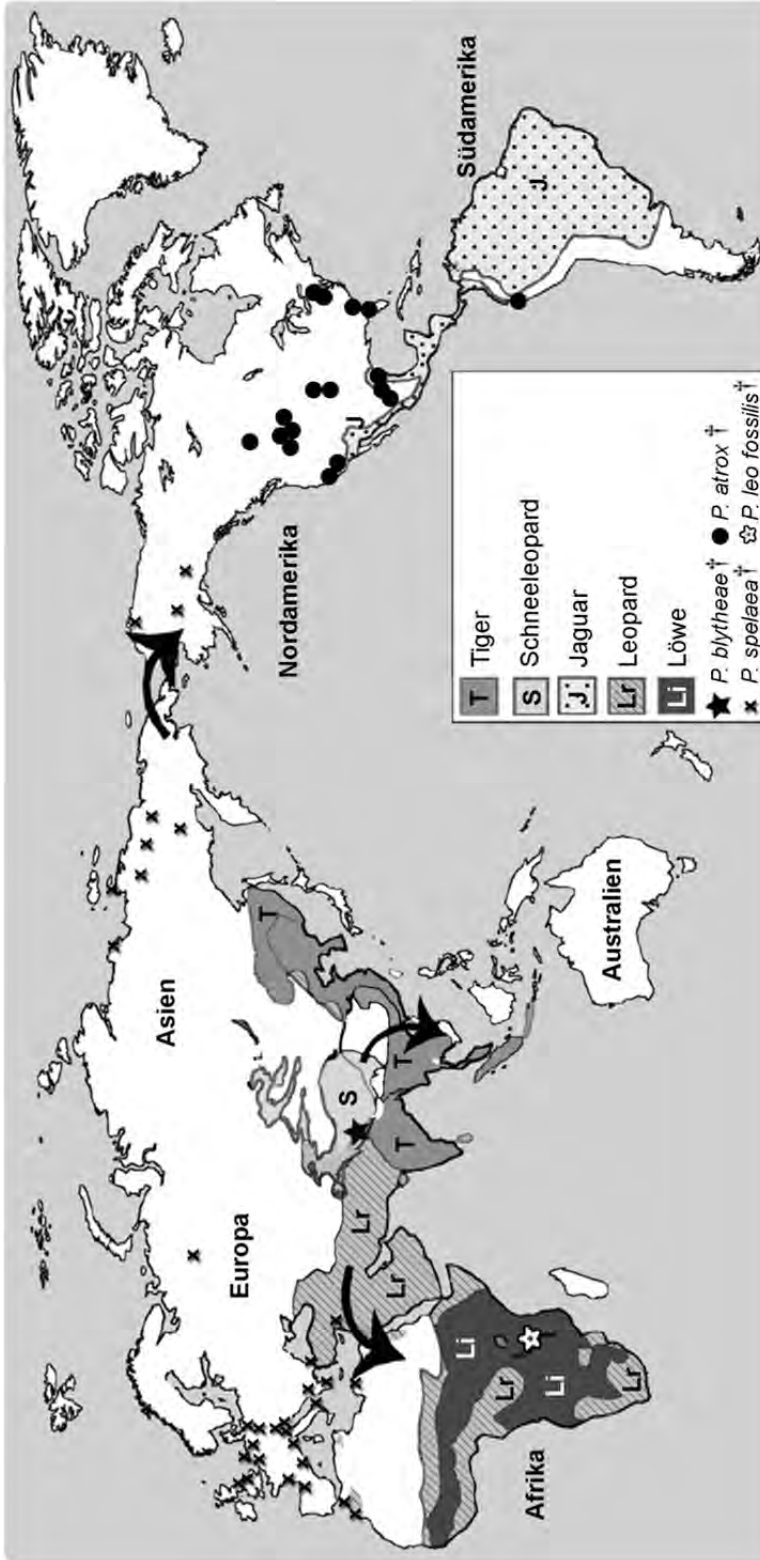


Abbildung 2: Biogeografische Entwicklung der Großkatzen  
(Die aktuellen Hauptverbreitungsgebiete sind schattiert und fossile Fundstellen durch die Symbole ●, ☆, ✕, ★ gekennzeichnet. Die dunklen Pfeile zeigen die wahrscheinliche Ausbreitung der Tiere.)

*Unterlagen für die Lehrkraft*

**Abiturprüfung 2015**

*Biologie, Leistungskurs*

---

**1. Aufgabenart**

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

**2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>**

**Thema: Evolution der Großkatzen**

- I.1 Skizzieren Sie auf der Grundlage von Material A einen Stammbaum und begründen Sie Ihr Vorgehen. *(10 Punkte)*
- I.2 Nennen und erläutern Sie kurz das Vorgehen beim Erstellen des in Material B gezeigten Stammbaums. *(10 Punkte)*
- I.3 Vergleichen Sie den Stammbaum in Material B mit den Angaben in Material A. Erläutern und vergleichen Sie die Aussagekraft eines auf der Basis von Material A erstellten Stammbaums und des in Abbildung 1 gezeigten Stammbaums. *(22 Punkte)*
- I.4 Erläutern Sie anhand der Materialien B und C, inwiefern der Fossilfund im Himalaya die bisherige Auffassung von der Evolution der Großkatzen verändert hat. *(6 Punkte)*
- I.5 Beschreiben Sie anhand der Materialien B bis D die mögliche globale Ausbreitung der Großkatzen unter Einbeziehung von Artbildungsprozessen und beurteilen Sie, ob das heutige Vorkommen von Tiger, Löwe, Leopard und Jaguar die verwandtschaftlichen Beziehungen widerspiegelt (Materialien A bis D). *(18 Punkte)*

---

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

### 3. Materialgrundlage

- Material A:  
Tabelle 1 selbst erstellt nach: Hemmer 1966, S. 15, 27 – 52
- Material B:  
Abbildung 1 selbst erstellt nach: O'Brian & Johnson 2008, S. 56
- Material D:  
Abbildung 2 verändert nach: Tseng *et al.* 2013
- Anderson, N. (2013). Panthera blytheae: Oldest Big Cat Fossil Found in Tibet. Sci-News.com  
verfügbar unter: <http://www.sci-news.com/paleontology/science-panthera-blytheae-fossil-tibet-01544.html> (Zugriff: 22.02.2015)
- Antón, M. (2013). Bislang ältestes Großkatzenfossil entdeckt. *Spiegel online*  
verfügbar unter: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/asien-bislang-aeltestes-grosskatzen-fossil-entdeckt-a-933193.html> (Zugriff: 22.02.2015)
- Hemmer, H. (1966). Untersuchungen zur Stammesgeschichte der Pantherkatzen (Pantherinae). Teil I. *Veröff. Zool. Staatssammlung München*, 11, S. 1 – 121
- O'Brian, S. J. & Johnson, W. E. (2008). Der neue Stammbaum der Katzen. *Spektrum der Wissenschaft*, Juni 2008, S. 54 ff.
- Tseng, J. Z. *et al.* (2013). Himalayan fossils of the oldest known pantherine establish ancient origin of big cats. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences*.  
verfügbar unter: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/281/1774/20132686.full> (Zugriff: 06.11.2014)
- Scinexx – Das Wissensmagazin: Forscher entdecken das älteste Großkatzen-Fossil.  
<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-16877-2013-11-13.html> (Zugriff: 06.05.2014)
- Wikipedia  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Katzen> (Zugriff: 06.11.2014)  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Höhlenlöwe> (Zugriff: 06.11.2014)  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Amerikanischer\\_Löwe](http://de.wikipedia.org/wiki/Amerikanischer_Löwe) (Zugriff: 06.11.2014)
- <http://www.welt-der-katzen.de/wildeckatze/wildeckatze.html> (Zugriff: 24.06.2014)
- <http://lionalert.org/page/panthera-leo> (Zugriff: 06.11.2014)

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

##### 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
  - Datierungsmethoden

Genetische und entwicklungsbiologische Grundlagen von Lebensprozessen

- Molekulare Grundlagen der Vererbung und Entwicklungssteuerung
  - Replikation, Proteinbiosynthese bei Pro- und Eukaryonten, Mutagenen und Mutationen
- Angewandte Genetik
  - Werkzeuge und Verfahrensschritte der Gentechnik (PCR und genetischer Fingerabdruck)

##### 2. *Medien/Materialien*

- entfällt

#### 5. Zugelassene Hilfsmittel

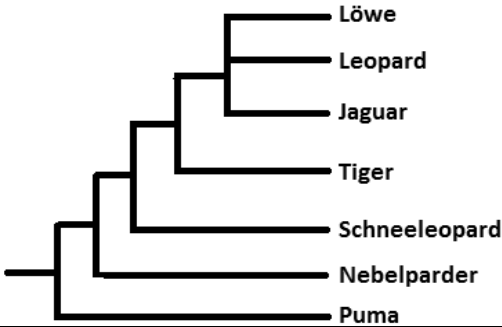
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

**6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen**

**Teilleistungen – Kriterien**

a) inhaltliche Leistung

**Teilaufgabe I.1**

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
<b>Der Prüfling</b>		
1	skizziert auf der Grundlage von Material A einen Stammbaum, z. B.: 	4
2	begründet sein Vorgehen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Je mehr übereinstimmende Merkmale auftreten, desto näher ist die Verwandtschaft.</li> <li>• Nach der vorliegenden Tabelle stimmen bei Löwe, Leopard und Jaguar gleich viele Merkmale (10) überein. Eine weitere Abstufung im Verwandtschaftsgrad zwischen diesen drei Arten ist also aufgrund dieser Daten nicht möglich.</li> <li>• Die Abstufungen im Verwandtschaftsgrad zu den anderen Katzen ergeben sich aus der Anzahl der Unterschiede zum Löwen (Tiger 3, Schneeleopard 5 – 6, Nebelparder 7, Puma 9)</li> </ul> (Der Hinweis darauf, dass es sich um homologe Merkmale handeln muss, wird nicht erwartet und stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	



## Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>nennt und erläutert kurz das Vorgehen beim Erstellen des in Material B gezeigten Stammbaums, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gewinnung von DNA-Sequenzen der zu vergleichenden Arten: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Dazu muss die DNA isoliert, vervielfältigt und sequenziert werden.</li> <li>– Die Vervielfältigung erfolgt über das PCR-Verfahren.</li> </ul> </li> <li>• Vergleich von Basensequenzen: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die ermittelten Basensequenzen werden miteinander verglichen: Je mehr Unterschiede zwischen den Basensequenzen der Organismen auftreten, desto länger liegt die Aufspaltung der jeweiligen Entwicklungslinien zurück.</li> </ul> </li> <li>• Umsetzung in eine grafische Darstellung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Daraus lässt sich eine grafische Darstellung ableiten, die die ermittelte Reihenfolge der Aufspaltungen der Entwicklungslinien abbildet.</li> </ul> </li> <li>• Zeitliche Kalibrierung: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Der Abgleich mit dem Alter von sicher datierten Fossilien lässt Rückschlüsse auf den Zeitpunkt der einzelnen Aufspaltungen zu.</li> <li>– Zur Datierung können verschiedene radiometrische Methoden oder die Untersuchung der geologischen Schichtung angewendet werden.</li> </ul> </li> </ul>	10
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (1)	

## Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>vergleicht den Stammbaum in Material B mit den Angaben in Material A, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Stammbaum in Abbildung 1 zeigt zwei Haupt-Aufspaltungslinien, die Pantherlinie und die Pumalinie; auch Material A unterscheidet zwischen Großkatzen und den übrigen Katzen.</li> <li>• Der Puma ist verwandtschaftlich weiter entfernt und gehört nach Abbildung 1 nicht zu den Großkatzen, sondern zusammen mit Gepard und Wieselkatze zur zweiten Hauptlinie (Pumalinie). Die Katzen aus Material A gehören ebenfalls alle bis auf den Puma zu der ersten Linie.</li> <li>• Nach Material A stimmen Löwe, Jaguar und Leopard in allen angegebenen Merkmalen überein. Nach dem Stammbaum in Abbildung 1 sind Löwe und Leopard näher miteinander verwandt als mit dem Jaguar.</li> <li>• Nach Material A weist der Nebelparder mehr Unterschiede zu den anderen Großkatzen auf; auch nach Abbildung 1 haben sich Nebelparder und Borneo-Nebelparder früher als die anderen Großkatzen abgespalten (vor 6,4 Mio. Jahren).</li> <li>• Anders als Abbildung 1 liefert Material A keine Hinweise auf den Zeitpunkt der jeweiligen Aufspaltung.</li> </ul>	10

2	<p>erläutert die Aussagekraft eines auf der Basis von Material A erstellten Stammbaums und des in Abbildung 1 gezeigten Stammbaums, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rein morphologische oder ethologische Vergleiche können nicht per se als eindeutige Belege einer engeren Verwandtschaft angesehen werden.</li> <li>• Ähnliche morphologische Merkmale könnten auch Folge ähnlicher Selektionsbedingungen sein, ohne dass eine engere Verwandtschaft tatsächlich vorliegt.</li> <li>• Solche Merkmale sind als Analogien dann Folge einer konvergenten Entwicklung.</li> <li>• Nur wenn Ähnlichkeiten auf Homologie beruhen, können sie als Belege für eine gemeinsame Abstammung angesehen werden.</li> </ul>	5
3	<p>erläutert die Aussagekraft eines auf der Basis von Material A erstellten Stammbaums und des in Abbildung 1 gezeigten Stammbaums, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mutationen verändern die Basensequenz der DNA. Diese Veränderungen erfolgen spontan und zufällig.</li> <li>• Besonders aussagekräftig sind Vergleiche von Basensequenzen nicht codierender DNA-Abschnitte, da sie selektionsneutral sind.</li> <li>• Geht man von einer gleichbleibenden Mutationsrate aus, spiegelt die Anzahl der Sequenzunterschiede mehr oder weniger direkt wider, wann sich die Entwicklungslinien der beiden verglichenen Arten getrennt haben („Molekulare Uhr“).</li> <li>• Noch aussagekräftiger sind unter Umständen mtDNA-Vergleiche, da die mtDNA rein maternal vererbt wird. Aus diesem Grund werden die Gene ohne Rekombination weitergegeben und die Veränderungen sind unter Umständen nur auf Mutationen zurückzuführen.</li> </ul>	5
4	<p>vergleicht die Aussagekraft eines auf der Basis von Material A erstellten Stammbaums und des in Abbildung 1 gezeigten Stammbaums, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Der Vergleich morphologisch-anatomischer Merkmale und von Verhaltensmerkmalen muss hier eindeutig dem Verfahren der DNA-Sequenzanalyse nachgestellt werden.</li> </ul>	2
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

**Teilaufgabe I.4**

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
	<b>Der Prüfling</b>	
1	<p>erläutert anhand der Materialien B und C, inwiefern der Fossilfund im Himalaya die bisherige Auffassung von der Evolution der Großkatzen verändert hat, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nach dem Fossilfund in Afrika musste man davon ausgehen, dass die Vorfahren der Großkatzen in Afrika gelebt haben.</li> <li>• Nach dem Fund des älteren Fossils im Himalaya liegt der Ursprung der Großkatzen aber offensichtlich nicht in Afrika, sondern in Zentralasien.</li> <li>• Da das neu gefundene Fossil ca. 4 – 6 Millionen Jahre alt ist und dem Schneeleoparden ähnelt, muss die Abspaltung der Schneeleopardenlinie früher erfolgt sein als bislang angenommen.</li> </ul> <p><i>(Andere sinnvolle Erläuterungen werden entsprechend gewertet.)</i></p>	6
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (1)	

## Teilaufgabe I.5

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt anhand der Materialien B bis D die mögliche globale Ausbreitung der Großkatzen unter Einbeziehung von Artbildungsprozessen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geht man davon aus, dass der Ursprung der Großkatzen in Tibet liegt, trennten sich dort die Vorfahren von Tiger und Schneeleopard von den Vorfahren der übrigen Großkatzen. Die Tigervorfahren wanderten von hier aus Richtung Süden und Osten, die Vorfahren der Schneeleoparden blieben im Gebiet des Himalaya.</li> <li>• Geografische Isolation hat vermutlich die separate Entwicklung von Tiger und Schneeleopard ermöglicht.</li> </ul>	4
2	<p>beschreibt anhand der Materialien B bis D die mögliche globale Ausbreitung der Großkatzen unter Einbeziehung von Artbildungsprozessen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Vorfahren des Jaguars breiteten sich Richtung Nordosten aus, dann über Nord- bis Südamerika.</li> <li>• Die Ausbreitung von Asien nach Nordamerika und von dort nach Südamerika wird durch Fossilfunde in Nordostasien und Amerika belegt.</li> <li>• Auch hier hat geografische Isolation vermutlich die Entwicklung verschiedener Arten (z. B. <i>P. spelaea</i>, <i>P. atrox</i> und schließlich <i>P. onca</i>) begünstigt.</li> <li>• Durch das Aussterben der Großkatzen in Nordamerika und Nordostasien gab es keinen Genfluss mehr zwischen dem Jaguar und den asiatischen Populationen.</li> </ul>	5
3	<p>beschreibt anhand der Materialien B bis D die mögliche globale Ausbreitung der Großkatzen unter Einbeziehung von Artbildungsprozessen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ein anderer Teil der Großkatzen, z. B. die Vorfahren von Löwe und Leopard, wanderte in Afrika ein. Nach dem Fossilfund in Afrika muss dies vor mehr als 3,6 Mio. Jahren erfolgt sein.</li> <li>• Zwischen ihnen hat offensichtlich erst später eine Isolation eingesetzt, da diese beiden Arten am nächsten miteinander verwandt sind. Hier hat möglicherweise auch ökologische Isolation eine Rolle gespielt.</li> </ul>	3
4	<p>beurteilt, ob das heutige Vorkommen von Tiger, Löwe, Leopard und Jaguar die verwandtschaftlichen Beziehungen widerspiegelt (Materialien A bis D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Löwe und Leopard sind am nächsten miteinander verwandt und kommen beide in Afrika vor. Der Leopard findet sich außerdem in Vorderasien, die Aufspaltung könnte also während der Ausbreitung von Asien nach Afrika erfolgt sein.</li> <li>• Auch der Jaguar weist eine enge Verwandtschaft mit dem Löwen und Leoparden auf; daher ist es sehr wahrscheinlich, dass die Entwicklung der Großkatzen vor allem in Zentralasien stattgefunden hat und sie sich von hier aus ausbreiteten.</li> <li>• Da Löwe und Leopard trotz der weiten räumlichen Entfernung enger mit dem Jaguar verwandt sind als mit dem Tiger, kann man von einer früheren Abspaltung der Entwicklungslinie des Tigers und der früheren Abwanderung nach Süden ausgehen.</li> <li>• Das räumliche Vorkommen spiegelt also nur bedingt den Verwandtschaftsgrad wider.</li> </ul> <p><i>(Vergleichbare aus dem Material ableitbare Ausführungen sind zu akzeptieren.)</i></p>	6
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## b) Darstellungsleistung

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

**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe I.1**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK <sup>2</sup>	ZK	DK
1	skizziert auf der ...	4			
2	begründet sein Vorgehen ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe I.1 Teilaufgabe</b>		<b>10</b>			

**Teilaufgabe I.2**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	nennt und erläutert ...	10			
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (1) ..... .....				
<b>Summe I.2 Teilaufgabe</b>		<b>10</b>			

**Teilaufgabe I.3**

Anforderungen		Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	vergleicht den Stammbaum ...	10			
2	erläutert die Aussagekraft ...	5			
3	erläutert die Aussagekraft ...	5			
4	vergleicht die Aussagekraft ...	2			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
<b>Summe I.3 Teilaufgabe</b>		<b>22</b>			

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe I.4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	erläutert anhand der ...	6			
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (1) ..... .....				
	<b>Summe I.4 Teilaufgabe</b>	<b>6</b>			

**Teilaufgabe I.5**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	beschreibt anhand der ...	4			
2	beschreibt anhand der ...	5			
3	beschreibt anhand der ...	3			
4	beurteilt, ob das ...	6			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe I.5 Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			
	<b>Summe der I.1, I.2, I.3, I.4 und I.5 Teilaufgabe</b>	<b>66</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>75</b>			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
<b>Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe</b>	75			
<b>Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe</b>	75			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	150			
<b>aus der Punktzahl resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle</b>				
<b>Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST</b>				
<b>Paraphe</b>				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: \_\_\_\_\_

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: \_\_\_\_\_

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:

<b>Note</b>	<b>Punkte</b>	<b>Erreichte Punktzahl</b>
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 2015

## Biologie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Thema: Das Gift des Texas-Sandskorpions

- II.1 Fassen Sie die Ergebnisse der Untersuchungen zum Schmerzempfinden der Hausmaus und der Grashüpfermaus zusammen (Material A). Leiten Sie für beide Nagetierarten Schlussfolgerungen zur Wirkung des Skorpiongiftes im Vergleich zu den anderen Substanzen ab und begründen Sie, weshalb die Grashüpfermaus den Skorpion als Beute nutzen kann. *(18 Punkte)*
- II.2 Beschreiben Sie den Ablauf eines Aktionspotenzials und die zugrunde liegenden Vorgänge an der Axonmembran nach künstlicher Reizung eines Axons. Erklären Sie darüber hinaus, wie die  $\text{Na}_v1.7$ - und die  $\text{Na}_v1.8$ -Ionenkanäle bei der Auslösung von Aktionspotenzialen in den Nozizeptoren der Schmerzbahn zusammenwirken (Material B). *(18 Punkte)*
- II.3 Erklären Sie anhand von Material B, Tabelle 1, und Material C, Abbildung 4, differenziert die neurobiologischen Ursachen der Wirkung des Skorpiongiftes auf die Grashüpfermaus. *(14 Punkte)*
- II.4 Vergleichen Sie die in Material D, Abbildung 5a, dargestellten Aminosäuresequenzen des  $\text{Na}_v1.8$ -Ionenkanalproteins von Grashüpfermaus und Hausmaus und erklären Sie zusammenfassend die unterschiedliche Wirkung des Skorpiongiftes bei den beiden Nagetierarten (Materialien A bis D). Entwickeln Sie eine Hypothese, weshalb es nur wenige Beispiele für Räuber gibt, die resistent gegenüber schmerzauslösenden Substanzen sind. *(16 Punkte)*

### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: \_\_\_\_\_

## Material A: Das Gift des Texas-Sandskorpions und seine Wirkung auf das Schmerzempfinden von Nagetieren

Der Kleine Texas-Sandskorpion (*Centruroides sculpturatus*) ist effektiv vor Angreifern geschützt: Stiche des Skorpions gelten als extrem schmerzhaft und führen in der Regel dazu, dass Angreifer zurückschrecken und von der Beute abgelenkt sind. Dies verschafft dem Skorpion Zeit zu entkommen. Dennoch werden die Sandskorpione von der in demselben Lebensraum vorkommenden Grashüpfermaus (*Onychomys torridus*) häufig gefressen. Wird die Grashüpfermaus bei einer Attacke auf einen Skorpion gestochen, putzt sie sich wenige Sekunden an der Einstichstelle und setzt ihren Angriff dann unbeeindruckt fort.

Die Wirkung des Skorpiongiftes auf das Schmerzempfinden der Grashüpfermäuse wurde in einem Schmerztest mit der Wirkung dieses Giftes auf Hausmäuse (*Mus musculus*) verglichen. Der Test beruht auf der Injektion von schmerzauslösenden Substanzen in eine hintere Pfote der Tiere. Als Standardtest wird die schmerzauslösende Substanz Formalin verwendet. Die Injektion von Formalin löst im Bereich der Einstichstelle Schmerzen aus, weshalb die Nagetiere beginnen, sich die Pfote zu lecken. Die Dauer des Leckens innerhalb eines Zeitrahmens von 15 Minuten gilt als Maß für die Intensität der Schmerzempfindung. Die Injektion von physiologischer Kochsalzlösung dient als Kontrolle. Je Versuchsansatz wurden acht Hausmäuse bzw. Grashüpfermäuse untersucht.

Abbildung 1:  
Reaktion von Hausmaus (*M. musculus*)  
und Grashüpfermaus (*O. torridus*) nach  
Injektion von physiologischer Kochsalz-  
lösung (0,9 %), 5 % Formalin,  
0,25 µg/µl Skorpiongift

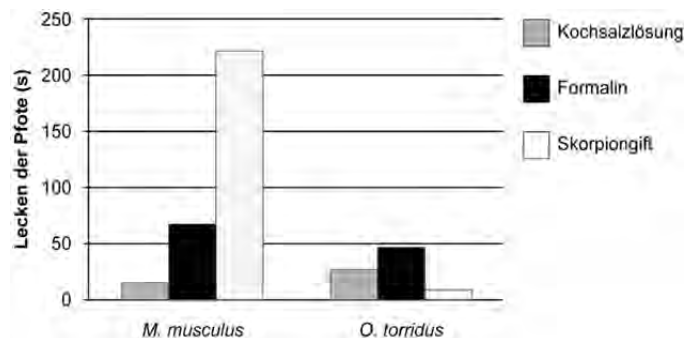
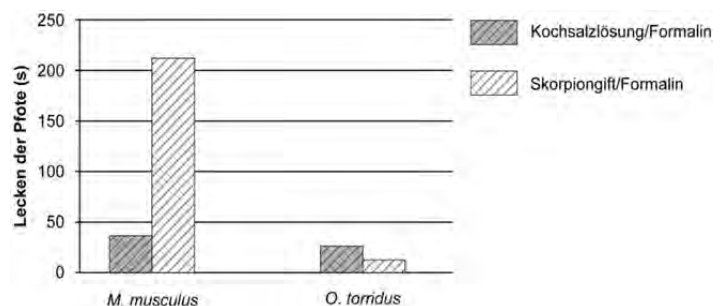


Abbildung 2:  
Reaktion von Hausmaus und Grashüpfer-  
maus nach Injektion von physiologischer  
Kochsalzlösung bzw. Skorpiongift mit je-  
weils anschließender Injektion von Formalin  
(Das Formalin wurde 60 s nach der ersten  
Injektion verabreicht, die Dauer der Reak-  
tion wurde ab diesem Zeitpunkt erfasst.)





Name: \_\_\_\_\_

## Material B: Nozizeptoren – Neuronen der Schmerzbahn

Als Nozizeptoren werden sensorische Neuronen (Rezeptor-Neuronen) bezeichnet, die auf schmerzverursachende (= noxische) Reize mit der Auslösung von Aktionspotenzialen reagieren. Die Aktionspotenziale werden über die Axone der Nozizeptoren zum Rückenmark und von dort zum Gehirn geleitet, wo die eigentliche Schmerzwahrnehmung erfolgt (vgl. Abbildung 3).

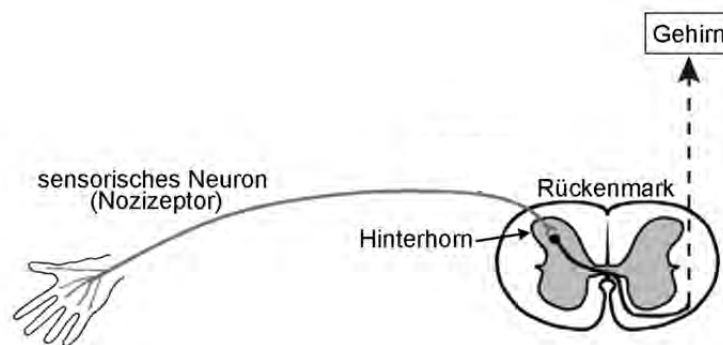


Abbildung 3: Schmerzbahn im Nervensystem

Nozizeptoren finden sich in allen Körperregionen, in denen Schmerz ausgelöst wird. In den Enden der Nozizeptoren, die sich im Gewebe (z. B. der Haut) verästeln, werden durch noxische Reize (z. B. chemische Reize oder mechanische Reize durch Stich- oder Schnittverletzungen) Depolarisationen unterhalb des Schwellenwertes ausgelöst. Dies führt je nach Stärke der ausgelösten Depolarisation zur Öffnung weiterer, spannungsabhängiger  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle. Untersuchungen haben gezeigt, dass in der Membran der Nozizeptoren zwei Varianten spannungsabhängiger  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle vorkommen, die beide an der Auslösung von Aktionspotenzialen nach noxischer Reizung beteiligt sind. Diese Ionenkanalvarianten werden als  $\text{Na}_v1.7$  bzw.  $\text{Na}_v1.8$  bezeichnet und unterscheiden sich in ihrer Reaktion auf Spannungsänderungen an der Membran (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Eigenschaften zweier Varianten spannungsabhängiger  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle in den Nozizeptoren

Bezeichnung des spannungsabhängigen $\text{Na}^+$ -Ionenkanals	Eigenschaften
$\text{Na}_v1.7$	schnelle Öffnung bei Depolarisationen, die <b>noch unterhalb des Schwellenwertes</b> für die Auslösung eines Aktionspotenzials liegen; schnelle Schließung und Inaktivierung
$\text{Na}_v1.8$	Öffnung bei Depolarisationen, die <b>im Bereich des Schwellenwertes</b> für die Auslösung eines Aktionspotenzials liegen



Name: \_\_\_\_\_

### Material C: Wirkung des Skorpiongiftes auf die Erregungsleitung in den Nozizeptoren der Grashüpfermaus

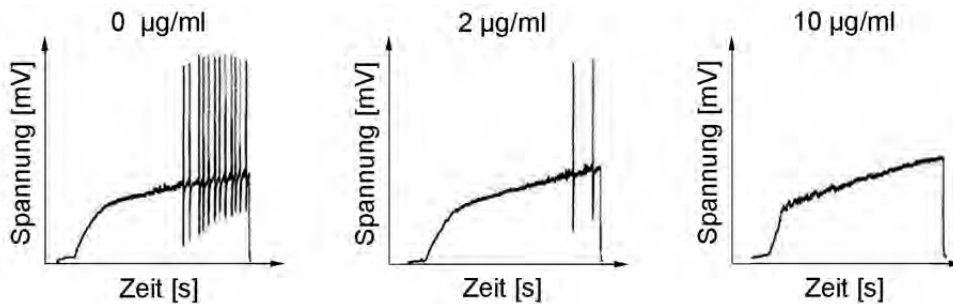


Abbildung 4: Spannungsmessung an Nozizeptoren der Grashüpfermaus bei langsamer künstlicher Depolarisation in Abhängigkeit von der Konzentration des Skorpiongiftes [ $\mu\text{g/ml}$ ]

### Material D: Ausschnitt aus der Aminosäuresequenz des $\text{Na}_v1.8$ -Ionenkanals der Hausmaus und der Grashüpfermaus und Wirkung des Skorpiongiftes auf die Nozizeptoren

Spannungsabhängige  $\text{Na}^+$ -Ionenkanäle bestehen aus vier Protein-Untereinheiten. Jede Untereinheit besteht aus sechs sogenannten Transmembran-Segmenten, die die Membran durchziehen (vgl. Abbildung 5a). Zwischen den Transmembran-Segmenten fünf und sechs bildet die Aminosäurekette eine Schleife, die an der Ausbildung der Kanalpore beteiligt ist. Ein extrazellulär liegender Teil dieser Schleife wird als Linker (★) bezeichnet. Untersuchungen haben gezeigt, dass der Linker entscheidend für die Wirkung des Giftes bei der Grashüpfermaus ist.

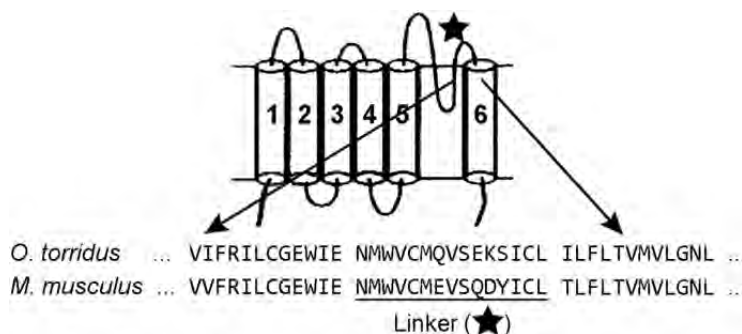


Abbildung 5a:  
Modellhafte Darstellung einer Untereinheit des  $\text{Na}_v1.8$ -Ionenkanals und Ausschnitt aus der Aminosäuresequenz des zugehörigen Proteins von Grashüpfermaus (*O. torridus*) und Hausmaus (*M. musculus*) (Die Buchstaben bezeichnen die einzelnen Aminosäuren.)

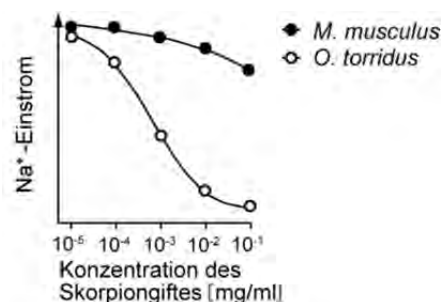


Abbildung 5b:  
 $\text{Na}^+$ -Einstrom durch  $\text{Na}_v1.8$ -Ionenkanäle in Abhängigkeit von der Konzentration des Skorpiongiftes

## Unterlagen für die Lehrkraft

# Abiturprüfung 2015

## Biologie, Leistungskurs

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

### 2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>

#### Thema: Das Gift des Texas-Sandskorpions

- II.1 Fassen Sie die Ergebnisse der Untersuchungen zum Schmerzempfinden der Hausmaus und der Grashüpfermaus zusammen (Material A). Leiten Sie für beide Nagetierarten Schlussfolgerungen zur Wirkung des Skorpiongiftes im Vergleich zu den anderen Substanzen ab und begründen Sie, weshalb die Grashüpfermaus den Skorpion als Beute nutzen kann. *(18 Punkte)*
- II.2 Beschreiben Sie den Ablauf eines Aktionspotenzials und die zugrunde liegenden Vorgänge an der Axonmembran nach künstlicher Reizung eines Axons. Erklären Sie darüber hinaus, wie die  $\text{Na}_v1.7$ - und die  $\text{Na}_v1.8$ -Ionenkanäle bei der Auslösung von Aktionspotenzialen in den Nozizeptoren der Schmerzbahn zusammenwirken (Material B). *(18 Punkte)*
- II.3 Erklären Sie anhand von Material B, Tabelle 1, und Material C, Abbildung 4, differenziert die neurobiologischen Ursachen der Wirkung des Skorpiongiftes auf die Grashüpfermaus. *(14 Punkte)*
- II.4 Vergleichen Sie die in Material D, Abbildung 5a, dargestellten Aminosäuresequenzen des  $\text{Na}_v1.8$ -Ionenkanalproteins von Grashüpfermaus und Hausmaus und erklären Sie zusammenfassend die unterschiedliche Wirkung des Skorpiongiftes bei den beiden Nagetierarten (Materialien A bis D). Entwickeln Sie eine Hypothese, weshalb es nur wenige Beispiele für Räuber gibt, die resistent gegenüber schmerzauslösenden Substanzen sind. *(16 Punkte)*

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

### 3. Materialgrundlage

- Material A:  
Abbildung 1 verändert nach: Rowe *et al.* 2013  
Abbildung 2 verändert nach: Rowe *et al.* 2013
- Material B:  
Abbildung 3 verändert nach: Sacerdote (o. J.)  
Tabelle 1 verändert nach: Cummins *et al.* 2007
- Material C:  
Abbildung 4 verändert nach: Rowe *et al.* 2013
- Material D:  
Abbildung 5 verändert nach: Rowe *et al.* 2013
- Cummins, T. R., Sheets, P. L. & Waxman S. G. (2007). The Roles of sodium channels in nociception: Implications for mechanisms of pain. *Pain* **131**, 243 – 257
- Rowe, A. H., Xiao, Y., Rowe, M. P., Cummins, T. R. & Zakon, H. H. (2013): Voltage-Gated Sodium Channel in Grasshopper Mice defends against Bark Scorpion Toxin. *Science* **342**, 441 – 446
- Rowe, A. H., Xiao, Y., Scales, J., Linse, K. D., Rowe, M. P. & Cummins, T. R. (2011). Isolation and Characterization of CvIV4: A Pain inducing  $\alpha$ -scorpion toxin. *PLoS ONE* **6** e23520  
verfügbar unter:  
<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0023520>  
(Zugriff: 04.07.2014)
- Sacerdote, P. (o. J.): About inflammatory pain. *Anatomy, physiology and pharmacology of acute inflammatory pain.*  
verfügbar unter:  
<http://www.nimesulide.net/Institutional.aspx?Pagina=220&SM=173&Lingua=EN>  
(Zugriff: 04.07.2014)

### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

#### 1. Inhaltliche Schwerpunkte

Steuerungs- und Regulationsmechanismen im Organismus

- Molekulare und cytologische Grundlagen mit den Schwerpunkten
  - Bau und Funktion des Neurons
  - Erregungsentstehung, Erregungsleitung, Synapsenvorgänge einschließlich molekularer Grundlagen
  - Synaptische Verschaltung und Verrechnung

Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten

- Evolutionshinweise und Evolutionstheorie
  - Vergleich und Beurteilung der Ergebnisse unterschiedlicher Analysemethoden; bei der Analyse bzw. Erstellung eines Stammbaums sind Übereinstimmungen in DNA-Sequenz und Aminosäuresequenz von Proteinen einzubeziehen

#### 2. Medien/Materialien

- 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>fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zum Schmerzempfinden der Hausmaus und der Grashüpfermaus zusammen (Material A, <i>Abbildung 1</i>), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei der Hausmaus führt die Injektion einer Kochsalzlösung innerhalb eines Zeitrahmens von 15 min zu einer Leckdauer der Pfoten von ca. 15 s, bei Formalin zu ca. 65 s und nach Injektion des Skorpiongiftes zu einer Leckdauer von ca. 220 s.</li> <li>• Bei der Grashüpfermaus führt die Injektion einer Kochsalzlösung in dem gleichen Zeitrahmen zu einer Leckdauer von ca. 25 s, bei Formalin zu ca. 45 s und nach Injektion des Skorpiongiftes zu einer Leckdauer von nur ca. 10 s.</li> </ul>	3
2	<p>fasst die Ergebnisse der Untersuchungen zum Schmerzempfinden der Hausmaus und der Grashüpfermaus zusammen (Material A, <i>Abbildung 2</i>), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Injektion von Formalin nach vorheriger Injektion des Skorpiongiftes führt bei der Hausmaus zu einer Leckdauer von ca. 210 s im Vergleich zu ca. 40 s bei Injektion von Kochsalzlösung und Formalin.</li> <li>• Die Grashüpfermaus leckt sich die Pfote nach vorheriger Injektion des Skorpiongiftes und anschließender Injektion von Formalin nur ca. 15 s im Vergleich zu ca. 25 s bei Injektion von Kochsalzlösung und Formalin.</li> </ul>	3
3	<p>leitet für beide Nagetierarten Schlussfolgerungen zur Wirkung des Skorpiongiftes im Vergleich zu den anderen Substanzen ab, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Skorpiongift löst bei der Hausmaus deutlich stärkere Schmerzen aus als Formalin.</li> <li>• Die Grashüpfermaus reagiert im Schmerztest auf Einstiche und die Injektion von Formalin, ist also auch schmerzempfindlich.</li> <li>• Das Skorpiongift verursacht bei der Grashüpfermaus weniger Schmerzen als eine Kochsalzlösung oder Formalin.</li> <li>• Das Skorpiongift vermindert bei der Grashüpfermaus durch Einstiche oder Formalin verursachte Schmerzen.</li> </ul>	8
4	<p>begründet, weshalb die Grashüpfermaus den Skorpion als Beute nutzen kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Da das Skorpiongift Schmerzen bei der Grashüpfermaus vermindert, d. h. schmerzlindernd wirkt, lösen auch die Stiche bei ihr kaum Schmerzen aus, und sie kann die Skorpione ohne Beeinträchtigung fressen.</li> </ul>	4
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt den Ablauf eines Aktionspotenzials und die zugrunde liegenden Vorgänge an der Axonmembran nach künstlicher Reizung eines Axons, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine künstliche Reizung des Axons durch eine Reizelektrode führt zu lokaler Depolarisation der Zellmembran.</li> <li>• Die Depolarisation erhöht die Öffnungswahrscheinlichkeit spannungsabhängiger Na<sup>+</sup>-Ionenkanäle.</li> <li>• Wird das Axon bis über einen bestimmten Wert (Schwellenwert) hinaus depolarisiert, öffnen sich weitere spannungsabhängige Na<sup>+</sup>-Ionenkanäle.</li> <li>• Aufgrund des Konzentrationsgradienten und des Ladungsgefälles diffundieren Na<sup>+</sup>-Ionen aus dem umgebenden Medium in das Axon, wodurch es zu einer Depolarisation der Membran in den positiven Messbereich kommt (+30 mV).</li> <li>• Die Na<sup>+</sup>-Ionenkanäle schließen sich nach 1 – 2 ms wieder und bleiben für eine kurze Zeit inaktiv.</li> <li>• Aufgrund der Depolarisation öffnen sich langsam spannungsabhängige K<sup>+</sup>-Ionenkanäle.</li> <li>• Der Ausstrom von K<sup>+</sup>-Ionen bewirkt die Repolarisation, d. h. die Rückkehr des Membranpotenzials zum Ruhepotenzial.</li> <li>• Da sich die K<sup>+</sup>-Ionenkanäle langsam schließen, entsteht eine Hyperpolarisation der Membran, d. h., das Membranpotenzial nimmt kurzzeitig negativere Werte an als das Ruhepotenzial.</li> </ul> <p><i>(Spannungswerte können je nach Literaturquelle differieren.)</i></p>	10
2	<p>erklärt darüber hinaus, wie die Na<sub>v</sub>1.7- und Na<sub>v</sub>1.8-Ionenkanäle bei der Auslösung von Aktionspotenzialen in den Nozizeptoren der Schmerzbahn zusammenwirken (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schmerzreize (noxische Reize) verursachen in den Nozizeptoren eine Depolarisation.</li> <li>• Dies führt zur Öffnung von Na<sub>v</sub>1.7-Ionenkanälen, die bereits auf Depolarisationen unterhalb des Schwellenwertes reagieren.</li> <li>• Der Einstrom von Na<sup>+</sup>-Ionen führt zu weiterer Depolarisation der Membran.</li> <li>• Bei Erreichen des Schwellenwertes öffnen sich die Na<sub>v</sub>1.8-Ionenkanäle.</li> <li>• Der Einstrom von Na<sup>+</sup>-Ionen führt zur Depolarisation der Membran bis auf +30 mV und damit zum Aktionspotenzial.</li> </ul>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	



## Teilaufgabe II.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt anhand von Material B, Tabelle 1, und Material C, Abbildung 4, differenziert die neurobiologischen Ursachen der Wirkung des Skorpiongiftes auf die Grashüpfermaus, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei künstlicher langsamer Depolarisation der Nozizeptoren wird in Abwesenheit des Skorpiongiftes der Schwellenwert erreicht, und es werden Aktionspotenziale ausgelöst.</li> <li>• Bei steigender Dosis des Skorpiongiftes werden trotz Depolarisation bis zum gleichen Wert weniger (Giftosis: 2 µg/ml) bzw. gar keine (Giftosis: 10 µg/ml) Aktionspotenziale mehr ausgelöst.</li> <li>• Offensichtlich öffnen sich die Na<sub>v</sub>1.8-Ionenkanäle, die nach Erreichen des Schwellenwertes für die Auslösung von Aktionspotenzialen verantwortlich sind, nicht mehr.</li> <li>• Das Skorpiongift blockiert vermutlich die Na<sub>v</sub>1.8-Ionenkanäle, wodurch kein Na<sup>+</sup>-Einstrom und somit keine vollständige Depolarisation erfolgt.</li> <li>• Es werden keine Erregungen mehr zum Gehirn weitergeleitet, so dass kein Schmerz mehr empfunden wird.</li> </ul>	10
2	<p>erklärt anhand von Material B, Tabelle 1 und Material C, Abbildung 4, differenziert die neurobiologischen Ursachen der Wirkung des Skorpiongiftes auf die Grashüpfermaus, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ob die Na<sub>v</sub>1.7-Ionenkanäle ebenfalls durch das Gift blockiert werden, kann anhand des Materials nicht entschieden werden, da im Experiment langsam künstlich depolarisiert wird.</li> <li>• Die Blockierung der Ionenkanäle verhindert auch die Weiterleitung anderer schmerzauslösender Reize (z. B. Formalin), so dass das Gift schmerzhemmende Wirkung hat.</li> </ul> <p><i>(Andere schlüssige Hypothesen zur Giftwirkung sind zu akzeptieren.)</i></p>	4
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## Teilaufgabe II.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>vergleicht die in Material D, Abbildung 5a, dargestellten Aminosäuresequenzen des Na<sub>v</sub>1.8-Ionenkanalproteins von Grashüpfermaus und Hausmaus, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Im Bereich des Linkers zeigen sich vier Unterschiede in der Aminosäuresequenz zwischen Hausmaus und Grashüpfermaus.</li> <li>• In den benachbarten Regionen findet sich vor bzw. nach dem Linker jeweils nur ein Austausch einer Aminosäure.</li> </ul>	4
2	<p>erklärt zusammenfassend die unterschiedliche Wirkung des Skorpiongiftes bei den beiden Nagetierarten (Materialien A bis D), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die im Vergleich zu den Nachbarregionen deutlich unterschiedliche Aminosäuresequenz im Bereich des Linkers ist für die unterschiedliche Wirkung des Giftes bei Grashüpfermaus und Hausmaus verantwortlich.</li> <li>• Im Gegensatz zur Grashüpfermaus wird der Na<sup>+</sup>-Einstrom durch die Na<sub>v</sub>1.8-Ionenkanäle bei der Hausmaus mit zunehmender Konzentration des Skorpiongiftes nur geringfügig beeinträchtigt (Abbildung 5b).</li> </ul>	4
3	<p>erklärt zusammenfassend die unterschiedliche Wirkung des Skorpiongiftes bei den beiden Nagetierarten (Materialien A bis D), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Das Skorpiongift blockiert bei der Grashüpfermaus die Na<sub>v</sub>1.8-Ionenkanäle durch Bindung an die Sequenz des Linkers, der im extrazellulären Bereich der Membran liegt und damit zugänglich für das Gift ist.</li> <li>• Bei der Hausmaus bindet das Skorpiongift nicht oder nur schwach an die Sequenz des Linkers, weshalb der Na<sup>+</sup>-Einstrom nicht bzw. kaum blockiert wird.</li> <li>• Da das Skorpiongift bei der Hausmaus auch keine aktivierende Wirkung auf die Na<sub>v</sub>1.8-Ionenkanäle hat (Abbildung 5b), beruht die schmerzauslösende Wirkung des Giftes bei der Hausmaus möglicherweise auf einer Aktivierung der Na<sub>v</sub>1.7-Ionenkanäle.</li> </ul> <p><i>(Für die Vergabe der vollen Punktzahl sind die Überlegungen zur schmerzauslösenden Wirkungsweise des Giftes bei der Hausmaus erforderlich.)</i></p>	6
4	<p>entwickelt eine Hypothese, weshalb es nur wenige Beispiele für Räuber gibt, die resistent gegenüber schmerzauslösenden Substanzen sind, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mutationen in der für das Ionenkanalprotein codierenden DNA der Nozizeptoren dürfen nicht dazu führen, dass die Ionenkanäle in ihrer Funktionsweise beeinträchtigt werden und das Schmerzempfinden insgesamt herabgesetzt wird, da dies die Überlebensfähigkeit des Individuums gefährden würde.</li> </ul> <p><i>(Andere sinnvolle Überlegungen sind entsprechend zu werten.)</i></p>	2
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

## b) Darstellungsleistung

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

**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe II.1**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK <sup>2</sup>	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	fasst die Ergebnisse ...	3			
2	fasst die Ergebnisse ...	3			
3	leitet für beide ...	8			
4	begründet, weshalb die ...	4			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe II.1 Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			

**Teilaufgabe II.2**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<b>Der Prüfling</b>				
1	beschreibt den Ablauf ...	10			
2	erklärt darüber hinaus ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe II.2 Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe II.3**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt anhand von ...	10			
2	erklärt anhand von ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe II.3 Teilaufgabe</b>	<b>14</b>			

**Teilaufgabe II.4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	vergleicht die in ...	4			
2	erklärt zusammenfassend die ...	4			
3	erklärt zusammenfassend die ...	6			
4	entwickelt eine Hypothese ...	2			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe II.4 Teilaufgabe</b>	<b>16</b>			
	<b>Summe der II.1, II.2, II.3 und II.4 Teilaufgabe</b>	<b>66</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>75</b>			
--	---	-----------	--	--	--

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
<b>Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe</b>	75			
<b>Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe</b>	75			
<b>Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung</b>	<b>150</b>			
<b>aus der Punktzahl resultierende Note gemäß nachfolgender Tabelle</b>				
<b>Note ggf. unter Absenkung um bis zu zwei Notenpunkte gemäß § 13 Abs. 2 APO-GOST</b>				
<b>Paraphe</b>				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: \_\_\_\_\_

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: \_\_\_\_\_

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:

<b>Note</b>	<b>Punkte</b>	<b>Erreichte Punktzahl</b>
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 2015

## Biologie, Leistungskurs

---

### Aufgabenstellung:

#### Thema: Interspezifische Beziehungen am Yellowstone-See

- III.1 Nennen Sie eine Definition für die ökologische Nische und fassen Sie die Umweltfaktoren der ökologischen Nische von Cutthroat-Forellen in einer sinnvoll gegliederten Tabelle zusammen (Material A). *(10 Punkte)*
- III.2 Stellen Sie die beiden grundlegenden Mechanismen zur Regulation der Populationsdichte durch Umweltfaktoren an je einem Beispiel dar (Material A). Deuten Sie vor diesem Hintergrund differenziert die Populationsentwicklung der Cutthroat-Forellen (Material B) und beurteilen Sie die interspezifische Beziehung zwischen Cutthroat-Forellen und Seesaiblingen. *(18 Punkte)*
- III.3 Skizzieren Sie die Stellung der Grizzly-Bären in einem Nahrungsnetz und geben Sie zu jeder Art die Trophieebene an (Materialien A bis D). Werten Sie Abbildung 3 aus und erörtern Sie die Bedeutung der Anzahl laichender Cutthroat-Forellen für die Populationsdichte der Grizzly-Bären (Materialien A und D). *(20 Punkte)*
- III.4 Leiten Sie auf der Grundlage aller Materialien die Ursache für den Rückgang der Wapiti-Population am Yellowstone-See ab. Beurteilen Sie die ökologische Bedeutung von Cutthroat-Forellen, Seesaiblingen und Grizzly-Bären für die Ökosysteme im Yellowstone-Nationalpark (Materialien A bis D). *(18 Punkte)*

### Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: \_\_\_\_\_

## Material A: Cutthroat-Forellen im Yellowstone-See

Der Yellowstone-Nationalpark in den Rocky Mountains im Norden der USA ist der älteste Nationalpark weltweit. In ihm liegt der Yellowstone-See mit seinen Zuflüssen. Im See leben Yellowstone-Cutthroat-Forellen (*Oncorhynchus clarki bouvieri*), die kalte Gewässer mit Wassertemperaturen zwischen 4,5 und 15,5 °C und einem pH-Bereich von pH 5,6 – 10 bevorzugen. Sie ernähren sich von Wasserinsekten, Krebsen, kleineren Fischen und Zooplankton. Je nach Habitat erreichen die Fische eine Größe von etwa 15 bis 60 Zentimetern. Die Cutthroat-Forellen sind Nahrung für zahlreiche Prädatoren, darunter eingeführte Seesaiblinge sowie gefährdete Arten wie Weißkopfsaadler, die sich fast ausschließlich von Fisch ernähren. Grizzly-Bären erbeuten die Cutthroat-Forellen, wenn die Fische zum Laichen in die zahlreichen Zuflüsse des Yellowstone-Sees, beispielsweise den Clear Creek, wandern. Während der Wanderungen durch die flacheren Flussabschnitte stellen sie für die Bären eine leichte Beute dar. Bis etwa 1998 ernährten sich Grizzly-Bären zur Laichzeit noch etwa zu 36 % von Cutthroat-Forellen. Nach der Laichzeit schwimmen die Cutthroat-Forellen zurück in den See. Viele Nachkommen der Cutthroat-Forellen bleiben etwa ein bis zwei Jahre in den Zuflüssen und wandern dann in den Yellowstone-See. Juvenile Cutthroat-Forellen unter drei Jahren leben dort im Freiwasserbereich, ausgewachsene Tiere im Uferbereich.

## Material B: Populationsentwicklung der Cutthroat-Forellen

Die Populationsentwicklung der Cutthroat-Forellen im Yellowstone-See und seinen Zuflüssen wird seit Jahrzehnten überwacht (Abbildung 1).

Im Jahr 1994 wurde der Seesaibling (*Salvelinus namaycush*) im Yellowstone-See entdeckt. Er wurde wahrscheinlich illegal durch Angler eingeführt. Der bis zu 1,50 m lange Fisch lebt im tiefen Wasser des Sees und laicht dort. Er wandert nicht in die Zuflüsse. Sein Nahrungsspektrum ähnelt dem der Cutthroat-Forelle. Seesaiblinge sind langsam heranwachsende Fische, die spät die Geschlechtsreife erreichen. Wenn in ihrem Habitat kleinere Beutefische vorkommen, ernähren sie sich fast ausschließlich von Fisch. In fischfressenden Seesaibling-Populationen wachsen die Tiere schneller und werden größer.

Seit den späten 1980er-Jahren werden Cutthroat-Forellen von dem Nesseltier *Myxobolus cerebralis* parasitiert, das die Drehkrankheit auslöst. Der Parasit verursacht eine Deformierung des Skeletts. Die deformierte Wirbelsäule bewirkt eine spiralförmige Fortbewegung. Die Fische werden so leichter erbeutet und können selbst nur sehr erschwert jagen.

Eine weitere Gefährdung für die Cutthroat-Forellen stellen Dürreperioden seit den späten 1990er Jahren dar, in denen die Laichgründe der Tiere austrocknen.

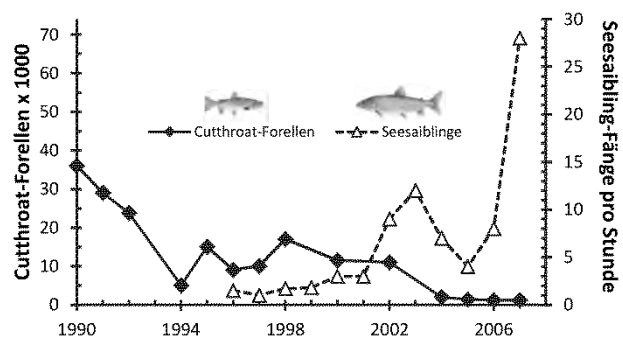


Abbildung 1:  
Gesamtanzahl laichender Cutthroat-Forellen im Clear Creek und Seesaibling-Fänge von Anglern im Yellowstone-See pro Stunde





Name: \_\_\_\_\_

### Material C: Populationsentwicklung der Wapitis

Wapitis (*Cervus canadensis*) sind eine nordamerikanische Hirschart. Im Frühling verlassen die Wapitis ihr Winterquartier, das in den höher gelegenen Gebieten liegt, und wandern zum Yellowstone-See. Die Kälber werden in der Regel Anfang Juni geboren.

In den letzten Jahren beobachtete man eine stetige Abnahme des Tierbestandes, was auch an der Anzahl von Wapiti-Kälbern pro 100 Wapiti-Kühen deutlich wird (Abbildung 2).

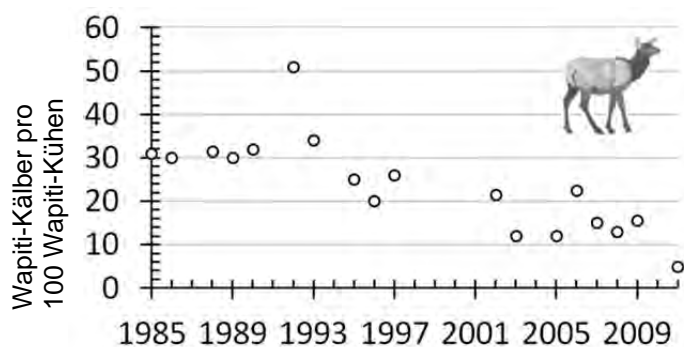


Abbildung 2:  
Wapiti-Kälber pro 100 Wapiti-Kühen einer Wapiti-Population, die jeden Frühling in den Yellowstone-Nationalpark einwandert (Die Daten wurden im Winter aufgenommen.)

Tabelle 1: Ernährungsverhalten von Grizzly-Bären vor und nach 1998

Periode	Anteil von Wapitis (Kadaver, Kälber, Adulte) an der Ernährung von Grizzly-Bären von Mai bis Juli	erbeutete Wapiti-Kälber pro Jahr und Grizzly-Bär
vor 1998	10 %	3,5
nach 1998	50 %	7,0



Name: \_\_\_\_\_

### Material D: Ernährung von Grizzly-Bären

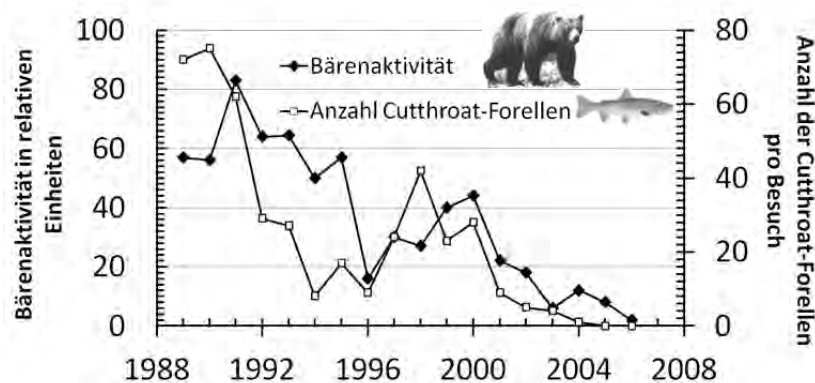
Grizzly-Bären halten Winterruhe. Die Population der Grizzly-Bären nahm seit etwa Mitte der 1980er Jahre von 200 bis 350 Tieren auf etwa 600 (2012) zu. Die Nahrungsquellen in Tabelle 2 wurden über mehrere Jahre bis etwa 1992 erfasst. Nur die Daten zu Wapiti-Kälbern und Kadavern stammen auch aus späteren Untersuchungen, die 1997 veröffentlicht wurden.

Tabelle 2: Auswahl zentraler Nahrungsquellen von Grizzly-Bären im Yellowstone-Nationalpark in Abhängigkeit von der Jahreszeit

Nahrung	Monat										
	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov		
Wapiti-Kadaver											
Gräser & Klee											
Regenwürmer											
Kiefern Samen											
Wapiti-Kälber											
Cutthroat-Forellen											
Beeren											
Pilze											

Mitte November bis Februar: Winterruhe der Bären

Abbildung 3:  
Mittlere Anzahl laichender Cutthroat-Forellen an verschiedenen Zuflüssen des Yellowstone-Sees und Bärenaktivität an den Zuflüssen



Für die Untersuchung, deren Ergebnisse in Abbildung 3 dargestellt sind, wurden in der Laichzeit wöchentlich 9 – 11 Zuflüsse des Yellowstone-Sees besucht, und die Anzahl laichender Cutthroat-Forellen wurde ermittelt. Außerdem wurden bei den Besuchen alle Hinweise auf das Vorkommen von Schwarz- und Grizzly-Bären, wie zum Beispiel das Vorhandensein von Kot, Reste gefressener Forellen, frische Spuren oder Bärensichtungen, protokolliert. Diese Hinweise wurden als Bärenaktivität zusammengefasst und gemittelt.

## Unterlagen für die Lehrkraft

# Abiturprüfung 2015

## Biologie, Leistungskurs

### 1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

### 2. Aufgabenstellung<sup>1</sup>

**Thema: Interspezifische Beziehungen am Yellowstone-See**

- III.1 Nennen Sie eine Definition für die ökologische Nische und fassen Sie die Umweltfaktoren der ökologischen Nische von Cutthroat-Forellen in einer sinnvoll gegliederten Tabelle zusammen (Material A). (10 Punkte)
- III.2 Stellen Sie die beiden grundlegenden Mechanismen zur Regulation der Populationsdichte durch Umweltfaktoren an je einem Beispiel dar (Material A). Deuten Sie vor diesem Hintergrund differenziert die Populationsentwicklung der Cutthroat-Forellen (Material B) und beurteilen Sie die interspezifische Beziehung zwischen Cutthroat-Forellen und Seesaiblingen. (18 Punkte)
- III.3 Skizzieren Sie die Stellung der Grizzly-Bären in einem Nahrungsnetz und geben Sie zu jeder Art die Trophieebene an (Materialien A bis D). Werten Sie Abbildung 3 aus und erörtern Sie die Bedeutung der Anzahl laichender Cutthroat-Forellen für die Populationsdichte der Grizzly-Bären (Materialien A und D). (20 Punkte)
- III.4 Leiten Sie auf der Grundlage aller Materialien die Ursache für den Rückgang der Wapiti-Population am Yellowstone-See ab. Beurteilen Sie die ökologische Bedeutung von Cutthroat-Forellen, Seesaiblingen und Grizzly-Bären für die Ökosysteme im Yellowstone-Nationalpark (Materialien A bis D). (18 Punkte)

### 3. Materialgrundlage

- Material B:  
Abbildung 1 verändert nach und kombiniert aus: Gresswell *et al.* 1994, fig. 3, und Middleton *et al.* 2013, fig. 3a, und <http://www.nps.gov/yell/planyourvisit/upload/fishar9-18.pdf>
- Material C:  
Abbildung 2 verändert nach: Middleton *et al.* 2013, fig. 3e  
Tabelle 1 verändert nach: Middleton *et al.* 2013, fig. 3b/d

<sup>1</sup> Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

- Material D:  
Tabelle 2 verändert nach: Response of Yellowstone grizzly bears to changes in food resources: A Synthesis.  
Abbildung 3 verändert nach und kombiniert aus: Koel *et al.* 2005, fig. 4, und Middleton *et al.* 2013, fig. 3a, und <http://www.nps.gov/yell/planyourvisit/upload/fishar9-18.pdf>
- Gresswell, R. E., Liss, W. J. & Larson, G. L. (1994). Life-History Organization of Yellowstone Cutthroat trout *Oncorhynchus clarki bouvieri* in Yellowstone Lake. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic science* 51, 298 – 309
- Koel, T. M., Bigelow, P. E., Doepke, P. D., Ertel, B. D. & Mahony, D. L. (2005). Nonnative Lake Trout Result in Yellowstone Cutthroat Trout Decline and Impacts to Bears and Anglers. *Fisheries* 30, 10 – 19
- Middleton, A. *et al.* (2013). Grizzly bear predation links the loss of native trout to the demography of migratory elk in Yellowstone. *Proceedings of the Royal Society Biology*, 280, 870 – 878
- Lexikon der Biologie, Spektrum Akademischer Verlag:Heidelberg  
verfügbar unter: <http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/> (Zugriff: 14.01.2015)
- Response of Yellowstone grizzly bears to changes in food resources: A Synthesis  
verfügbar unter:  
[http://www.nrmcs.usgs.gov/files/norock/IGBST/IGBST\\_FoodSynReport120213.pdf](http://www.nrmcs.usgs.gov/files/norock/IGBST/IGBST_FoodSynReport120213.pdf),  
<http://www.nps.gov/yell/naturescience/upload/ynpfoodgraph-2008.pdf>,  
<http://www.nps.gov/yell/naturescience/bearfoods.htm> (Zugriff jeweils: 14.01.2015)
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Yellowstone\\_cutthroat\\_trout](http://en.wikipedia.org/wiki/Yellowstone_cutthroat_trout) (Zugriff: 14.01.2015)
- <http://www.nps.gov/yell/planyourvisit/upload/fishar9-18.pdf> (Zugriff: 14.01.2015)

#### 4. Bezüge zu den Vorgaben 2015

##### 1. Inhaltliche Schwerpunkte

Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung

- Einfache Beziehungen zwischen Organismengruppen und abiotischen Habitatfaktoren
  - Angepasstheiten an Temperatur und Feuchtigkeit bei Tieren und Pflanzen
  - Toleranzbereich, physiologisches und ökologisches Optimum
- 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)

##### 2. Medien/Materialien

- entfällt

#### 5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

**6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen**

**Teilleistungen – Kriterien**

a) inhaltliche Leistung

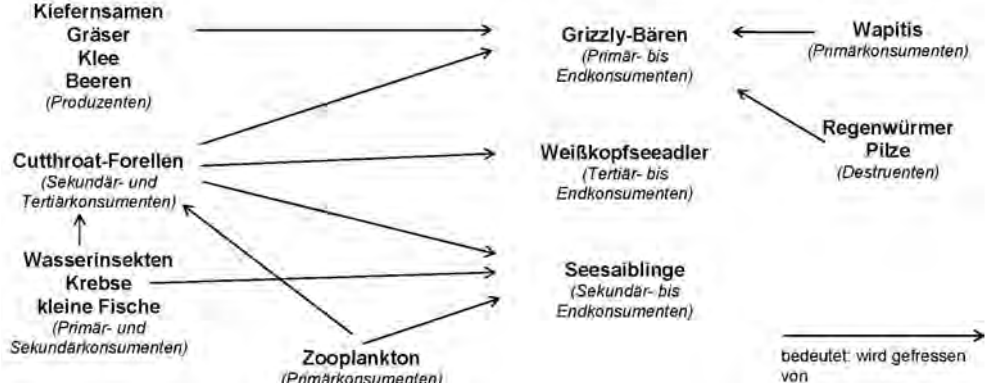
**Teilaufgabe III.1**

<b>Anforderungen</b>		maximal erreichbare Punktzahl								
<b>Der Prüfling</b>										
1	nennt eine Definition für die ökologische Nische, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> <li>Die ökologische Nische beschreibt die Gesamtheit der Beziehungen zwischen einer Art und ihrer Umwelt, wobei sowohl biotische als auch abiotische Faktoren berücksichtigt werden.</li> </ul>	4								
2	<p>fasst die Umweltfaktoren der ökologischen Nische von Cutthroat-Forellen in einer sinnvoll gegliederten Tabelle zusammen (Material A), z. B.:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">abiotische Faktoren</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">biotische Faktoren</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Wassertemperatur im Bereich von 4,5 und 15,5 °C</td> <td>Ernährung: Wasserinsekten, Krebse, kleinere Fische und Zooplankton</td> </tr> <tr> <td>pH-Bereich 5,6 – 10</td> <td>Beute von: Seesaiblingen, Weißkopfsaadlern, Grizzly-Bären</td> </tr> <tr> <td>Habitat: Freiwasser (Juvenile), Uferbereich (Ausgewachsene); Fortpflanzung und erste Lebensjahre in den Zuflüssen</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p><i>(Eine andere fachlich richtige Darstellung wird entsprechend gewertet. Für die Vergabe der vollen Punktzahl müssen die Faktoren in abiotische und biotische gegliedert sein.)</i></p>	abiotische Faktoren	biotische Faktoren	Wassertemperatur im Bereich von 4,5 und 15,5 °C	Ernährung: Wasserinsekten, Krebse, kleinere Fische und Zooplankton	pH-Bereich 5,6 – 10	Beute von: Seesaiblingen, Weißkopfsaadlern, Grizzly-Bären	Habitat: Freiwasser (Juvenile), Uferbereich (Ausgewachsene); Fortpflanzung und erste Lebensjahre in den Zuflüssen		6
abiotische Faktoren	biotische Faktoren									
Wassertemperatur im Bereich von 4,5 und 15,5 °C	Ernährung: Wasserinsekten, Krebse, kleinere Fische und Zooplankton									
pH-Bereich 5,6 – 10	Beute von: Seesaiblingen, Weißkopfsaadlern, Grizzly-Bären									
Habitat: Freiwasser (Juvenile), Uferbereich (Ausgewachsene); Fortpflanzung und erste Lebensjahre in den Zuflüssen										
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)									

## Teilaufgabe III.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt die beiden grundlegenden Mechanismen zur Regulation der Populationsdichte durch Umweltfaktoren an je einem Beispiel dar (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abiotische Umweltfaktoren regulieren die Populationsdichte der Cutthroat-Forellen dichteunabhängig: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Wassertemperatur verringert die Populationsdichte der Cutthroat-Forellen, wenn sie außerhalb des Toleranzbereiches liegt. Umgekehrt ist die Höhe der Wassertemperatur unabhängig von der Populationsdichte der Cutthroat-Forellen.</li> </ul> </li> <li>• Biotische Umweltfaktoren regulieren die Populationsdichte der Cutthroat-Forellen dichteabhängig: <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ist die Populationsdichte der Cutthroat-Forellen als Beutetier hoch, so kann die Populationsdichte ihrer Räuber wie der Grizzly-Bären steigen, was wiederum zur Abnahme der Populationsdichte der Cutthroat-Forellen führt. Beide Faktoren beeinflussen sich also wechselseitig.</li> </ul> </li> </ul>	6
2	<p>deutet vor diesem Hintergrund differenziert die Populationsentwicklung der Cutthroat-Forellen (Material B), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Ursache des Einbruchs der Population ist die gemeinsame Wirkung von dichteabhängigen und -unabhängigen Faktoren: <ul style="list-style-type: none"> <li>– erhöhte Sterblichkeit durch Drehkrankheit (biotisch und dichteabhängig), denn laut Abbildung 1 wirkt sich Parasitierung stark auf die Populationsgröße aus,</li> <li>– Austrocknen der Laichplätze als Folge von Dürreperioden (abiotisch und dichteunabhängig), was durch einen Populationsrückgang seit 1998 (vgl. Abbildung 1) belegt ist,</li> <li>– erhöhter Feinddruck durch Seesaiblinge (biotisch und dichteabhängig), die sich laut Abbildung 1 ab 2001 bzw. insbesondere ab 2005 stark vermehren, und gleichzeitig</li> <li>– zunehmende interspezifische Konkurrenz durch die sich stark vermehrenden Seesaiblinge (biotisch und dichteabhängig), da diese ein ähnliches Nahrungsspektrum haben.</li> </ul> </li> </ul>	6
3	<p>beurteilt die interspezifische Beziehung zwischen Cutthroat-Forellen und Seesaiblingen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zwischen Seesaiblingen und Cutthroat-Forellen herrscht interspezifische Konkurrenz. Sie konkurrieren beispielsweise weitgehend um die gleiche Nahrung.</li> <li>• Darüber hinaus erbeuten Seesaiblinge in ihrem Habitat jüngere, also kleinere Cutthroat-Forellen (Räuber-Beute-Beziehung). Sie ernähren sich nach Möglichkeit fast ausschließlich von Fisch. Dies bedingt möglicherweise das starke Populationswachstum der Seesaiblinge ab 2001 bzw. insbesondere ab 2005.</li> <li>• Seesaiblinge sind im Ökosystem Yellowstone-See eine invasive Art, weil sie künstlich durch den Menschen eingeführt wurden und durch interspezifische Konkurrenz und Prädation den Bestand einheimischer Cutthroat-Forellen gefährden.</li> </ul> <p><i>(Für die Vergabe der vollen Punktzahl muss der Prüfling den Fachbegriff „invasive Art“ nicht nennen, aber den Sachverhalt der Einschleppung fremder Arten in ein Ökosystem und in diesem Fall die negativen Folgen sinngemäß beschreiben.)</i></p>	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

**Teilaufgabe III.3**

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
1	<p style="text-align: center;"><b>Der Prüfling</b></p>  <p>(Es wird erwartet, dass auf der Grundlage der Materialien ein in sich stimmiges und im Umfang vergleichbares Nahrungsnetz dargestellt wird.)</p>	6
2	<p>wertet Abbildung 3 aus, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Anzahl laichender Cutthroat-Forellen und die Bärenaktivität schwanken im Untersuchungszeitraum und nehmen beide bis 2005 bzw. 2006 deutlich ab.</li> <li>Ab dem Jahr 2005 wurden keine Cutthroat-Forellen mehr an diesen Zuflüssen gesichtet, während es beispielsweise vor 1992 im Mittel immer über 80 waren.</li> <li>Auch die Bärenaktivität an den Zuflüssen nimmt im Untersuchungszeitraum von maximal etwa 80 relativen Einheiten im Jahr 1991 auf nahezu 0 im Jahr 2006 ab.</li> </ul>	4
3	<p>wertet Abbildung 3 aus, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Anzahl laichender Cutthroat-Forellen ist ein Maß für die Populationsdichte der Fische: Nimmt die Anzahl laichender Cutthroat-Forellen in den Zuflüssen ab, verringert sich auch die Größe ihrer Population gesamt.</li> <li>Die Bären halten sich an den Zuflüssen auf, weil sie die Cutthroat-Forellen erbeuten: Weil die Anzahl an Cutthroat-Forellen zurückgeht, nimmt deshalb auch die Bärenaktivität an den Zuflüssen während des Untersuchungszeitraums ab.</li> <li>Dies wird beispielsweise ab 1996 deutlich: Die Anzahl laichender Cutthroat-Forellen erholt sich nach dem Einbruch bis 1996 und nimmt wieder von etwa 10 auf etwas über 50 Tiere im Jahr 1998 zu. Auch die Bärenaktivität nimmt in diesem Zeitraum zu und ab 2000 wieder ab, wenn auch die Anzahl laichender Cutthroat-Forellen erneut zurückgeht.</li> </ul>	6
4	<p>erörtert die Bedeutung der Anzahl laichender Cutthroat-Forellen für die Populationsdichte der Grizzly-Bären (Materialien A und D), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Populationsdichte der Grizzly-Bären ist nicht unmittelbar abhängig von der Anzahl an Cutthroat-Forellen, weil die omnivoren Grizzly-Bären keine ausschließlichen Prädatoren für Cutthroat-Forellen sind.</li> <li>Die erste Lotka-Volterra-Regel ist nicht aus dem Diagramm ableitbar, weil die Bärenaktivität kein Maß für die Populationsdichte der Grizzly-Bären ist: Obwohl die Bärenaktivität an den Zuflüssen abnahm, ist im Zeitraum von etwa 1985 bis 2012 die Anzahl der Grizzly-Bären von 200 bis 350 auf etwa 600 gestiegen.</li> </ul>	4
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

**Teilaufgabe III.4**

	<b>Anforderungen</b>	maximal erreichbare Punktzahl
	<b>Der Prüfling</b>	
1	<p>leitet auf der Grundlage aller Materialien die Ursache für den Rückgang der Wapiti-Population am Yellowstone-See ab, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Als Ursache für den Populationsrückgang der Wapitis kann die Prädation der Wapiti-Kälber durch Grizzly-Bären angenommen werden.</li> <li>• Grizzly-Bären haben seit 1998 ihre Ernährung angepasst: Weil die Population der Cutthroat-Forellen eingebrochen ist und seit etwa 2004 fast keine Cutthroat-Forellen mehr in den Zuflüssen des Yellowstone-Sees laichen, mussten die Grizzly-Bären den Schwerpunkt ihrer Ernährung im Frühjahr auf Wapiti-Kälber umstellen.</li> <li>• Letztlich ist der Populationsrückgang der Cutthroat-Forellen infolge der Kombination aus Drehkrankheit, Austrocknen ihrer Laichplätze, Konkurrenz und Prädation durch Seesaiblinge die Ursache für den Populationsrückgang der Wapitis.</li> </ul>	10
2	<p>beurteilt die ökologische Bedeutung von Cutthroat-Forellen, Seesaiblingen und Grizzly-Bären für die Ökosysteme im Yellowstone-Nationalpark (Materialien A bis D), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Cutthroat-Forellen nehmen eine Schlüsselstellung ein, weil sie als Art eines aquatischen Ökosystems über die Grizzly-Bären die Populationsdichte von Wapitis als Art eines terrestrischen Ökosystems beeinflussen.</li> <li>• Die Seesaiblinge nehmen eine Schlüsselstellung ein, weil sie als durch den Menschen eingeführte, invasive Art die Cutthroat-Forellen verdrängen (Konkurrenzausschluss), sie aber nicht in der Ernährung von Grizzly-Bären ersetzen, weil Seesaiblinge nicht in den Zuflüssen laichen, wo sie von Grizzly-Bären erbeutet werden könnten.</li> <li>• Grizzly-Bären nehmen eine Schlüsselstellung ein, weil sie als Allesfresser ihre Ernährung variabel an das Angebot anpassen können und somit auch variabel auf ihre Beutepopulationen wie Wapitis wirken.</li> </ul>	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

**b) Darstellungsleistung**

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



**7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit**

Name des Prüflings: \_\_\_\_\_ Kursbezeichnung: \_\_\_\_\_

Schule: \_\_\_\_\_

**Teilaufgabe III.1**

	Anforderungen  Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK <sup>2</sup>	ZK	DK
1	nennt eine Definition ...	4			
2	fasst die Umweltfaktoren ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe III.1 Teilaufgabe</b>	<b>10</b>			

**Teilaufgabe III.2**

	Anforderungen  Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	stellt die beiden ...	6			
2	deutet vor diesem ...	6			
3	beurteilt die interspezifische ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe III.2 Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			

<sup>2</sup> EK = Erstkorrektur; ZK = Zweitkorrektur; DK = Drittkorrektur

**Teilaufgabe III.3**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	skizziert die Stellung ...	6			
2	wertet Abbildung 3 ...	4			
3	wertet Abbildung 3 ...	6			
4	erörtert die Bedeutung ...	4			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe II.3 Teilaufgabe</b>	<b>20</b>			

**Teilaufgabe III.4**

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	leitet auf der ...	10			
2	beurteilt die ökologische ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2) ..... .....				
	<b>Summe III.4 Teilaufgabe</b>	<b>18</b>			
	<b>Summe der III.1, III.2, III.3 und III.4 Teilaufgabe</b>	<b>66</b>			

**Darstellungsleistung**

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

	<b>Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)</b>	<b>75</b>			
--	---	-----------	--	--	--

**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				

ggf. arithmetisches Mittel der Punktzahlen aus EK und ZK: \_\_\_\_\_

ggf. arithmetisches Mittel der Notenurteile aus EK und ZK: \_\_\_\_\_

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:

<b>Note</b>	<b>Punkte</b>	<b>Erreichte Punktzahl</b>
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