



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Die Evolution der Vögel

- I.1 Vergleichen Sie die Fingerknochen und Mittelhandknochen von Theropoden, *Archaeopteryx* und *Gallus* und prüfen Sie anhand der Homologiekriterien, ob diese Strukturen homolog sind (Material A, Abbildung 1). Begründen Sie, inwieweit das Ergebnis die vorgelegte Stammbaumkonstruktion (Material A, Abbildung 2) bestätigt.
(19 Punkte)
- I.2 Beschreiben Sie die Veränderungen im Aufbau der Hand während der Individualentwicklung des Vogels (Material B, Abbildung 3). Vergleichen Sie Abbildung 3c (Material B) mit Abbildung 1f (Material A) und erklären Sie, weshalb die Abstammung der Vögel von den Sauriern durch die neuen Befunde der Embryologie infrage gestellt wird.
(15 Punkte)
- I.3 Werten Sie die Ergebnisse der Sequenzanalyse der Kollagene aus (Material C, Tabelle 1). Zeichnen Sie einen möglichen Stammbaum ausschließlich auf der Grundlage der Untersuchungen der Kollagene, der die Verwandtschaft von *Tyrannosaurus rex* mit den überprüften Wirbeltieren veranschaulicht, und begründen Sie Ihren Stammbaumvorschlag.
(22 Punkte)
- I.4 Diskutieren Sie, ob die Stammesgeschichte der Vögel mithilfe der hier vorliegenden morphologischen, embryologischen und biochemischen Befunde endgültig aufgeklärt werden kann.
(10 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

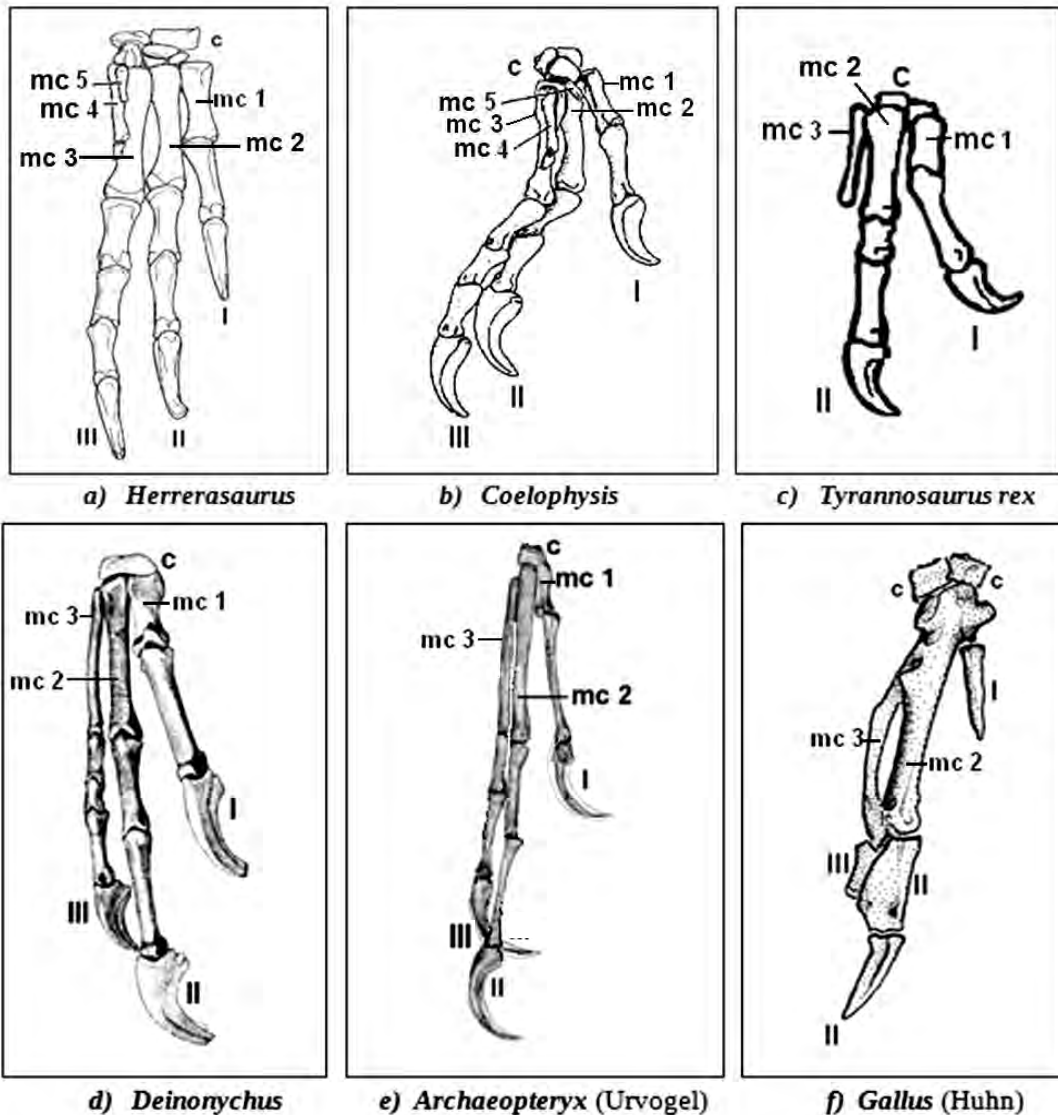
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Sind Dinosaurier die Vorfahren der Vögel?

Vögel sollen von Dinosauriern abstammen. Diese Hypothese wird durch den Vergleich fossil erhaltener Handskelette verschiedener Theropoden mit dem Handskelett rezenter Vögel (z. B. *Gallus*) gestützt. Theropoden (Abbildung 1 a – d) waren Dinosaurier mit extrem kurzen Vorderbeinen, sie waren biped, d. h. sie liefen nur auf den Hinterbeinen.



Anmerkung:

Die verschiedenen Handskelette sind zur besseren Vergleichbarkeit ähnlich groß gezeichnet (Maßstäbe jeweils unterschiedlich).

- c:** Handwurzelknochen (Carpus)
- mc 1 – 5:** Mittelhandknochen 1 – 5 (Metacarpus)
- I – V:** 1. bis 5. Finger (I: Daumen, V: kleiner Finger)

Abbildung 1: Handskelette von fossilen Theropoden (a – d), vom Urvogel (e) und vom Huhn (f)



Name: _____

Nach der Auswertung weiterer anatomischer Merkmale und mithilfe der Altersbestimmung der Fossilfunde wurde ein Stammbaum der Theropoden konstruiert, in deren Gruppe auch die rezenten Vögel (z. B. *Gallus*) und der Urvogel *Archaeopteryx* mit einbezogen wurden:

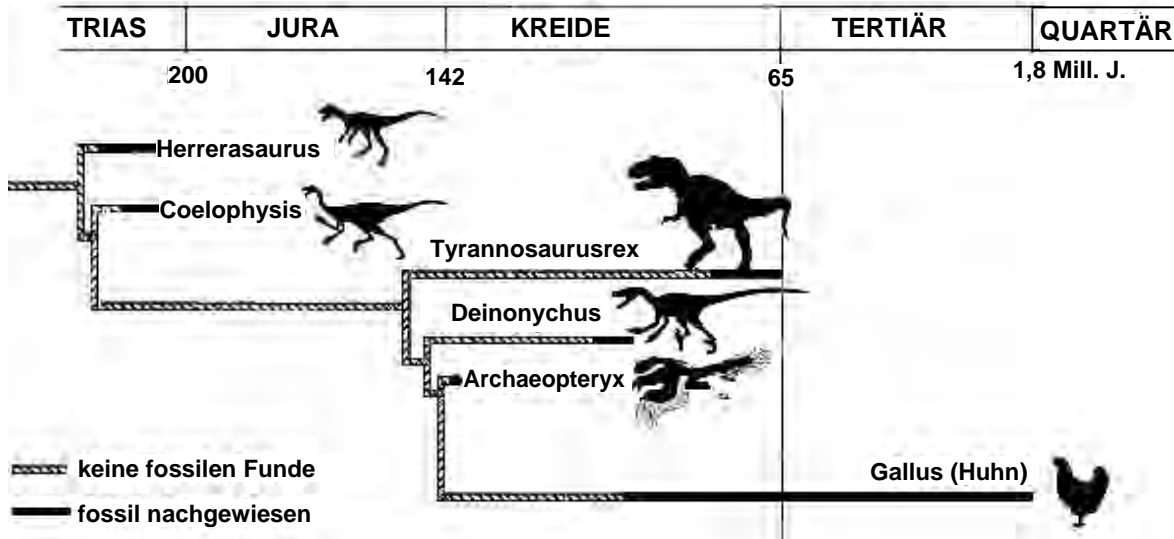


Abbildung 2: Stammbaum ausgewählter Theropoden unter Einbeziehung rezenter Vogelarten (z. B. *Gallus*)

Material B: Neue Erkenntnisse aus der Entwicklung der Vögel: nicht I, II, III, sondern II, III, IV?

Seit über einem Jahrhundert gibt es über die Abstammung der Vögel von den Dinosauriern heftige wissenschaftliche Auseinandersetzungen. Aktuelle Untersuchungen zur Entwicklung des Handskeletts während der Embryonalentwicklung der Vögel haben diesen Streit wieder neu entfacht:

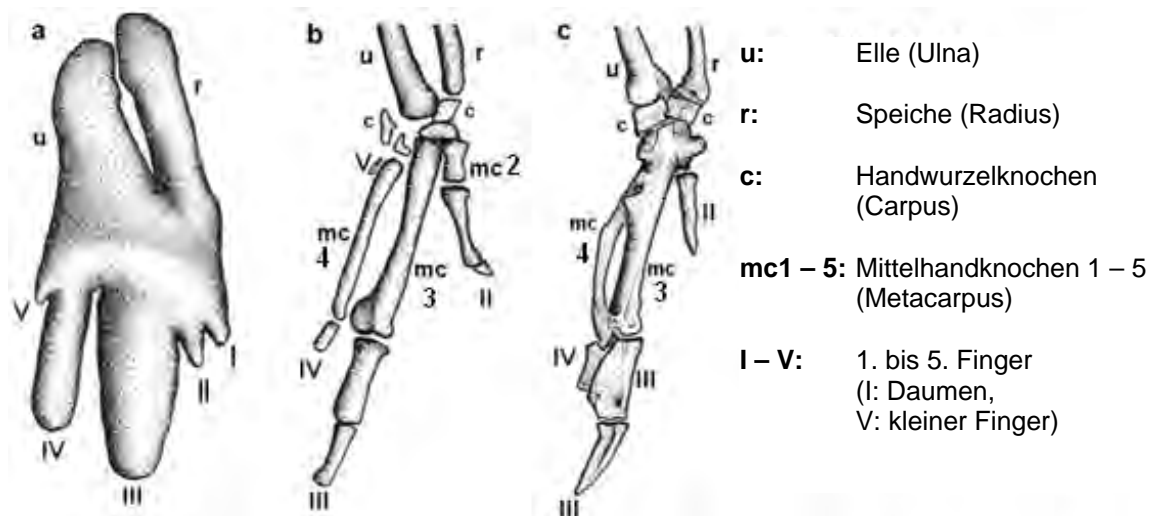


Abbildung 3: Entwicklung des Vogelflügels (Maßstäbe jeweils unterschiedlich)
a) 29 Tage alter Embryo; b) 35 Tage alter Embryo; c) ausgewachsener Vogel



Name: _____

Material C: Fossiles Kollagen von *Tyrannosaurus rex*

2003 wurde in Montana ein 68 Millionen Jahre alter Knochen von *Tyrannosaurus rex* entdeckt. Forscher von der Staatsuniversität North Carolina untersuchten den Fund und stellten fest, dass trotz des hohen Alters innerhalb des Oberschenkelknochens Weichgewebe und Blutgefäße noch erhalten waren. Sie konnten Reste von Kollagen isolieren, welches Haut, Sehnen und Knochen aufbaut.

Erstmalig konnten derart alte Proteine untersucht werden. Der Forscher Chris Organ von der Harvard University in Cambridge und sein Team sequenzierten vier kurze Fragmente dieser Proteine. Die Aminosäuresequenz der beiden Kollagene *ColA1* und *ColA2* von *Tyrannosaurus rex* wurde mit Aminosäuresequenzen entsprechender Kollagene von heute lebenden Wirbeltieren verglichen:

Tabelle 1: Fragmente aus den Proteinen *ColA1* und *ColA2* von *Tyrannosaurus rex* im Vergleich mit Sequenzen von heute lebenden Wirbeltieren

	Position der Aminosäuren im Kollagen von <i>T. rex</i>	Übereinstimmung bei
1	1 – 18 <i>ColA1</i>	<i>Gallus</i> (Huhn), <i>Alligator</i>
2	289 – 300 <i>ColA1</i>	<i>Gallus</i> (Huhn), <i>Alligator</i> , <i>Opossum</i> (Beuteltier)
3	469 – 485 <i>ColA1</i>	<i>Gallus</i> (Huhn), verschiedene Säugetiere
4	1 – 18 <i>ColA2</i>	<i>Gallus</i> (Huhn)

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2012****Biologie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹**Thema: Die Evolution der Vögel**

- I.1 Vergleichen Sie die Fingerknochen und Mittelhandknochen von Theropoden, *Archaeopteryx* und *Gallus* und prüfen Sie anhand der Homologiekriterien, ob diese Strukturen homolog sind (Material A, Abbildung 1). Begründen Sie, inwieweit das Ergebnis die vorgelegte Stammbaumkonstruktion (Material A, Abbildung 2) bestätigt. (19 Punkte)
- I.2 Beschreiben Sie die Veränderungen im Aufbau der Hand während der Individualentwicklung des Vogels (Material B, Abbildung 3). Vergleichen Sie Abbildung 3c (Material B) mit Abbildung 1f (Material A) und erklären Sie, weshalb die Abstammung der Vögel von den Sauriern durch die neuen Befunde der Embryologie infrage gestellt wird. (15 Punkte)
- I.3 Werten Sie die Ergebnisse der Sequenzanalyse der Kollagene aus (Material C, Tabelle 1). Zeichnen Sie einen möglichen Stammbaum ausschließlich auf der Grundlage der Untersuchungen der Kollagene, der die Verwandtschaft von *Tyrannosaurus rex* mit den überprüften Wirbeltieren veranschaulicht, und begründen Sie Ihren Stammbaumvorschlag. (22 Punkte)
- I.4 Diskutieren Sie, ob die Stammesgeschichte der Vögel mithilfe der hier vorliegenden morphologischen, embryologischen und biochemischen Befunde endgültig aufgeklärt werden kann. (10 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Abbildung 1:
 - a) *Herrerasaurus*: verändert nach: Feduccia (2005). Fig. 16, S. 148
 - b) *Coelophysis*: verändert nach: Burke (1997). Fig. 1
 - c) *Tyrannosaurus rex*: selbst erstellt
 - d) – e): *Deinonychus*, *Archaeopteryx*: verändert nach: Wagner (1999). Fig. 2
 - f) *Gallus*: verändert nach: Galis (2003). Fig. 1
- Abbildung 2: verändert und vereinfacht nach: Sereno, P. (1999). Fig. 4
- Abbildung 3: verändert nach: Galis (2003). Fig. 1
- Tabelle 1: verändert nach: Asara (2007). Table 2 und Sequenzen der Kollagene aus <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/protein/POC2W4.1> (28.04.2011) und <http://www.sciencemag.org/content/suppl/2008/04/24/320.5875.499.DC1/Organ.SOM.pdf> (12.04.2012)
- Asara, J. M., Schweitzer, M. H., Freimark, L. M., Phillips, M., Cantley, L. C. (2007). Protein Sequences from Mastodon and *Tyrannosaurus Rex* Revealed by Mass Spectrometry. *Science* 13 (316) 280 – 285
- Benton, M. (2005). *Vertebrate Paleontology*. Blackwell Publishers, 256 – 263
- Burke, A. C., Feduccia, A. (1997). Developmental Patterns and the Identification of Homologies in the Avian Hand. *Science* Vol. 278, 666 – 668
- Feduccia, A., Lingham-Soliar, T., Hinchliffe, J. R. (2005). Do Feathered Dinosaurs Exist? Testing the Hypothesis on Neontological and Paleontological Evidence. *Journal of Morphology* 266 (2), 125 – 166
- Galis, F., Kundrat, M., Sinervo, B. (2003). An Old Controversy Solved: Bird Embryos have Five Fingers. *Trends in Ecology and Evolution* 18 (1), 7 – 9
- Middleton, K. M., Gatesy, S. G. (2000). Theropod Forelimb Design and Evolution. *Zool. J. of the Linnean Society*, 149 – 187
- Norman, D. B., Weishampel, D. B. (1990). *The Dinosauria: Iguanodontidae and Related Ornithopods*. University of California Press, Berkeley, 510 – 533
- Sereno, P. (1999) The Evolution of Dinosaurs. *Science* 284, 2137 – 2147
- Vargas, A. O. (2005). Beyond Selection. 78 *Revista Chilena de Historia Natural*, 739 – 752
- Vargas, A. O., Fallon, J. F. (2005). Birds have Dinosaur Wings: The Molecular Evidence. *Journ. of Exp. Zool. (Mol. Dev. Evol.)* 304, 86 – 90
- Wagner, G. P., Gauthier, J. A. (1999). 1, 2, 3 = 2, 3, 4: A Solution to the Problem of the Homology of the Digits in the Avian Hand. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 5111 – 5116
- Welten, C. M., Veerbek, F. J., Meijer, A. H., Richardson, M. K. (2005). Gene Expression and Digit Homology in Chicken Embryo Wing. *Evolution and Development* 7 (1), 18 – 28

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

<p>1. <i>Inhaltliche Schwerpunkte</i> Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen evolutiver Veränderung <ul style="list-style-type: none"> – Genotypische Variabilität von Populationen (keine Modellberechnungen) • Evolutionshinweise und Evolutionstheorie <ul style="list-style-type: none"> – 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 <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 I.1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>vergleicht die Fingerknochen und Mittelhandknochen von Theropoden, <i>Archaeopteryx</i> und <i>Gallus</i>, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Handskelette von <i>Herrerasaurus</i> und <i>Coelophysis</i> besitzen die Elemente der fünfstrahligen Wirbeltier-Extremität, die Strahlen IV und V sind stark reduziert. • Die Hand von <i>Tyrannosaurus rex</i> besitzt nur noch zwei Finger: den Daumen (I) und den Zeigefinger (II); vom mittleren Strahl III ist nur noch der Mittelhandknochen als Rudiment erhalten. Alle Elemente der Strahlen IV und V sind vollkommen reduziert. • <i>Deinonychus</i> und <i>Archaeopteryx</i> besitzen eine dreifingrige Hand; die Bauelemente der Strahlen IV und V fehlen wie bei <i>T. rex</i> vollständig. • <i>Gallus</i>: Beim Huhn sind ebenfalls nur noch drei Finger erhalten, darüber hinaus ist auch die Zahl der Elemente der Strahlen I – III stark reduziert. <p><i>Der Fachbegriff „Strahl“ wird nicht zwingend erwartet; die Nennung der entsprechenden Mittelhandknochen und Finger wird akzeptiert.</i></p>	6

2	<p>prüft anhand der Homologiekriterien, ob diese Strukturen homolog sind, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle sechs Handskelette lassen sich auf den <i>Grundbauplan</i> der 5-strahligen Wirbeltier-Extremität zurückführen: • Das <i>Kriterium der Lage</i> ist erfüllt: Das Handskelett hat bei allen Vertretern die gleiche Position, die Bauelemente besitzen die gleiche Abfolge. • Das <i>Kriterium der spezifischen Qualität</i> in Bezug auf den Aufbau des Skeletts aus Knochengewebe ist erfüllt. • Das Kriterium der <i>Stetigkeit (Kontinuität; embryonale oder fossile Zwischenformen)</i> scheint erfüllt: die Formen zeigen eine zunehmende Regression von fünf Strahlen (a und b) auf drei (d, e und f) oder zwei (c), allerdings reicht das vorliegende Material zur Bestätigung des Kriteriums nicht aus. • Die Mittelhandknochen und Fingerknochen der vier <i>Saurier</i>, von <i>Archaeopteryx</i> und vom Vogel (<i>Gallus</i>) sind <i>homolog</i>. <p><i>Andere fachlich sinnvolle Lösungen sind entsprechend zu werten.</i></p>	8
3	<p>begründet, inwieweit das Ergebnis die vorgelegte Stammbaumkonstruktion bestätigt, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Da sich das Handskelett aller sechs Vertreter auf einen gemeinsamen Grundbauplan zurückführen lässt, wird die Annahme eines gemeinsamen Vorfahren bestätigt. • Die beiden phylogenetisch ältesten Theropoden (<i>Herrerasaurus</i>, <i>Coelophysis</i>) besitzen noch ein Handskelett mit fünf z. T. unvollständigen Strahlen, während bei <i>T. rex</i>, <i>Deinonychus</i>, <i>Archaeopteryx</i> und <i>Gallus</i> keine Rudimente der Strahlen IV und V erhalten sind. Dieser Befund stützt die Stammbaumkonstruktion. <p><i>Andere fachlich sinnvolle Lösungen sind entsprechend zu werten.</i></p>	5
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die Veränderungen im Aufbau der Hand während der Individualentwicklung des Vogels, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Hand des 29 Tage alten Hühner-Embryos zeigt die Anlagen für alle fünf Finger I – V. • Sechs Tage später ist der Finger I (Daumen) vollständig, der kleine Finger (V) fast vollständig zurückgebildet. • Die Finger II, III und IV besitzen zu diesem Zeitpunkt jeweils 1 bzw. 2 Glieder, die Mittelhandknochen des II., III. und IV. Fingers sind noch frei. • Im Flügel des ausgewachsenen Vogels sind die Knochen des II. Fingers verschmolzen, außerdem die Mittelhandknochen des III. und IV. Strahls. 	8
2	<p>vergleicht Abbildung 3c (Material B) mit Abbildung 1f (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beide Darstellungen zeigen das Handskelett von <i>Gallus</i>. • In Abbildung 1f werden die Strahlen I, II, III genannt, nach Abbildung 3 jedoch II, III, IV! • Die Zuordnung der fünf Strahlen in der Embryonalentwicklung des Vogels widerspricht den Angaben in Material A. 	5

3	<p>erklärt, weshalb die Abstammung der Vögel von den Sauriern durch die neuen Befunde der Embryologie infrage gestellt wird, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei den Dinosauriern <i>Deinonychus</i> und bei <i>T. rex</i> sowie beim Urvogel <i>Archaeopteryx</i> werden nach den Untersuchungsergebnissen demnach der IV. und V. Finger reduziert, nach den Befunden der Embryologie beim Vogel aber der I. und V. Finger. <p><i>Andere fachlich sinnvolle Lösungen sind entsprechend zu werten.</i></p>	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>wertet die Ergebnisse der Sequenzanalyse der Kollagene aus, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestimmte Fragmente aus <i>T. rex</i>-Kollagenen stimmen mit Sequenzen der Kollagene von verschiedenen Wirbeltieren überein. • Alle vier Kollagen-Fragmente von <i>T. rex</i> stimmen mit den entsprechenden Kollagensequenzen des Huhns überein. • Die Fragmente der Kollagene aus <i>T. rex</i> stimmen in zwei Fällen mit denen des Alligators überein. • Die Fragmente der Kollagene aus <i>T. rex</i> stimmen in jeweils nur einem Fall mit denen des Opossums bzw. denen verschiedener Säugetiere überein. 	6
2	<p>zeichnet einen möglichen Stammbaum ausschließlich auf der Grundlage der Untersuchungen des Kollagens, der die Verwandtschaft von <i>Tyrannosaurus rex</i> mit den überprüften Wirbeltieren veranschaulicht, z. B.:</p> <p><i>Andere fachlich sinnvolle Lösungen sind entsprechend zu werten.</i></p>	8
3	<p>begründet seinen Stammbaumvorschlag, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>T. rex</i> und die übrigen hier untersuchten Formen haben vermutlich einen gemeinsamen Ursprung. • Je ähnlicher die Sequenzen der Kollagene/Proteine verschiedener Lebewesen, umso ähnlicher ist auch die Basensequenz ihrer DNA. • Da die DNA von den Vorfahren vererbt wird, ist eine gemeinsame Basensequenz ein Hinweis auf die Existenz eines gemeinsamen Vorfahren. • <i>T. rex</i> ist am nächsten verwandt mit dem Huhn, näher als mit dem rezenten Reptil, dem <i>Alligator</i>, und nur entfernt verwandt mit Säugetieren. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>diskutiert, ob die Stammesgeschichte der Vögel mithilfe der hier vorliegenden morphologischen, embryologischen und biochemischen Befunde endgültig aufgeklärt werden kann, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der auf der Basis von Fossilfunden erstellte Stammbaum in Abbildung 2 zeigt eine enge Verwandtschaft zwischen Vögeln und Dinosauriern. • Der Stammbaum, der auf der Grundlage der Befunde zu den Kollagenen erstellt wurde, belegt ebenfalls eine nahe Verwandtschaft zwischen Dinosauriern und Vögeln. • Da von den Kollagenen des Dinosauriers <i>T. rex</i> nur wenige kleine Proteinfragmente vorliegen, ist das Ergebnis nicht ausreichend abgesichert. • Die Zuordnung der Proteinsequenz zu einer DNA-Sequenz ist nicht eindeutig, die gemeinsame Sequenz der kleinen Kollagenfragmente könnte auch andere Ursachen haben. • Die Ergebnisse der Embryologen zur Reduktion bestimmter Fingerknochen beim Vogel widersprechen den Befunden der vergleichenden Anatomie und Biochemie, sie stellen die Hypothese zur Abstammung der Vögel von Dinosauriern infrage. • Die vorliegenden Indizien sind widersprüchlich, sie reichen nicht aus, um die Hypothese zur Abstammung der Vögel von Dinosauriern eindeutig zu bestätigen oder zu widerlegen, deshalb sind weitere Untersuchungen notwendig. <p><i>Andere sinnvolle Lösungen sind entsprechend zu werten.</i></p>	10
2	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 Fingerknochen ...	6			
2	prüft anhand der ...	8			
3	begründet, inwieweit das ...	5			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.1 Teilaufgabe	19			

Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt die Veränderungen ...	8			
2	vergleicht Abbildung 3c ...	5			
3	erklärt, weshalb die ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.2 Teilaufgabe	15			

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

Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	wertet die Ergebnisse ...	6			
2	zeichnet einen möglichen ...	8			
3	begründet seinen Stammbaumvorschlag ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.3 Teilaufgabe	22			

Teilaufgabe I.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	diskutiert, ob die ...	10			
2	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.4 Teilaufgabe	10			
	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				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis 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:

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 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Erregungsleitung und -übertragung an Tintenfisch-Neuronen

- II.1 Vergleichen Sie die Leitungsgeschwindigkeiten bei myelinisierten und nicht myelinisierten Axonen und erläutern Sie die Ursache für die Unterschiede (Material A).
(16 Punkte)
- II.2 Beschreiben Sie die Versuchsergebnisse von Katz und Miledi (Material B, Abbildung 2) und interpretieren Sie sie im Hinblick auf die Transmitterfreisetzung und den Beitrag der Na^+ - und K^+ -Ionen zur Transmitterfreisetzung an den Synapsen von Riesenaxonen des Tintenfisches.
(12 Punkte)
- II.3 Beschreiben Sie die Versuchsergebnisse der Untersuchung zur Rolle der Ca^{2+} -Ionen an der Synapse (Material B, Abbildungen 3 und 4). Werten Sie die Ergebnisse im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen präsynaptischem Potenzial, postsynaptischem Potenzial und Einfluss der Ca^{2+} -Ionen aus.
(26 Punkte)
- II.4 Erläutern Sie, wie eine gleichzeitige Kontraktion der gesamten Mantelmuskulatur gesteuert werden kann (Materialien B und C). Entwickeln Sie eine Hypothese, welche Rolle die Ca^{2+} -Ionen dabei zusätzlich spielen können.
(12 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Erregungsleitung innerhalb von Nervenzellen

Bei Nervenfasern unterscheidet man zwischen Axonen mit Markscheide (markhaltige oder myelinisierte Nervenfasern) und Axonen ohne Markscheide (marklose oder nicht myelinisierte Nervenfasern). Die Leitungsgeschwindigkeit entlang verschiedener Axone wurde bestimmt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Leitungsgeschwindigkeiten bei verschiedenen Axonen

	Herkunft	Durchmesser (μm)	Leitungsgeschwindigkeit (m/s)
Myelinisierte Fasern	Wirbeltier, motorisches Axon	13	70 – 120
	Wirbeltier, afferentes (sensorisches) Axon	8	30 – 70
	Wirbeltier, motorisches Axon (Muskelspindel)	5	15 – 30
	Wirbeltier, Axon aus dem Sympathicus	3	3 – 15
Nicht myelinisierte Fasern	Wirbeltier, langsames afferentes (sensorisches) Axon	< 1	0,5 – 2
	Krebs, motorisches Axon	50	3
	Tintenfisch, Riesenaxon	800 – 1000	22



Name: _____

Material B: Erregungsübertragung an Synapsen des Tintenfisches

Tintenfische sind interessante Forschungsobjekte für die Neurobiologie. Sie besitzen bis zu einem Millimeter dicke, marklose Nervenfasern, sogenannte Riesenaxone. In diese Riesenaxone können Elektroden eingeführt werden, sodass die elektrischen Vorgänge direkt in der Nervenzelle und in den Riesensynapsen gemessen werden können. Bernhard Katz und Ricardo Miledi führten in den sechziger Jahren des 20. Jh. Untersuchungen an Synapsen von Riesenaxonen des Tintenfisches durch, da diese groß genug sind, um mehrere Elektroden einzuführen (Abbildung 1). Sie gingen u. a. der Frage nach, ob bzw. inwieweit Na^+ -, K^+ - und Ca^{2+} -Ionen die Transmitterfreisetzung beeinflussen.

Sie blockierten die Na^+ - und K^+ -Ionenkanäle in der präsynaptischen Membran durch Neurotoxine. Nach schrittweiser Erhöhung der Spannung wurden die prä- und postsynaptischen Potenziale gemessen (Abbildung 2).

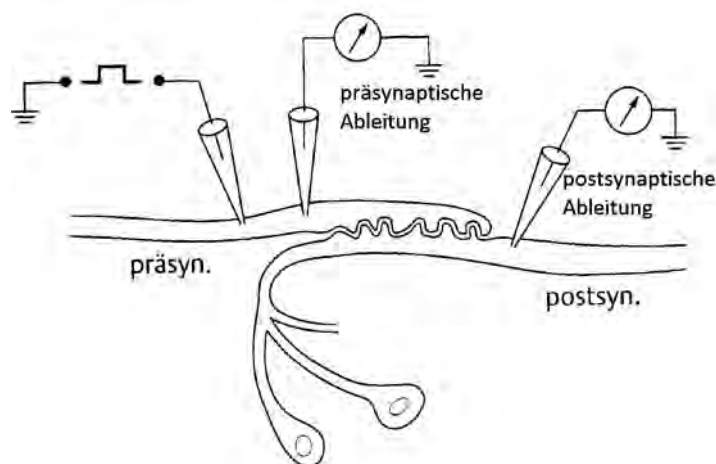


Abbildung 1: Versuchsanordnung zur Messung der prä- und postsynaptischen Depolarisationen an der Synapse des Riesenaxons

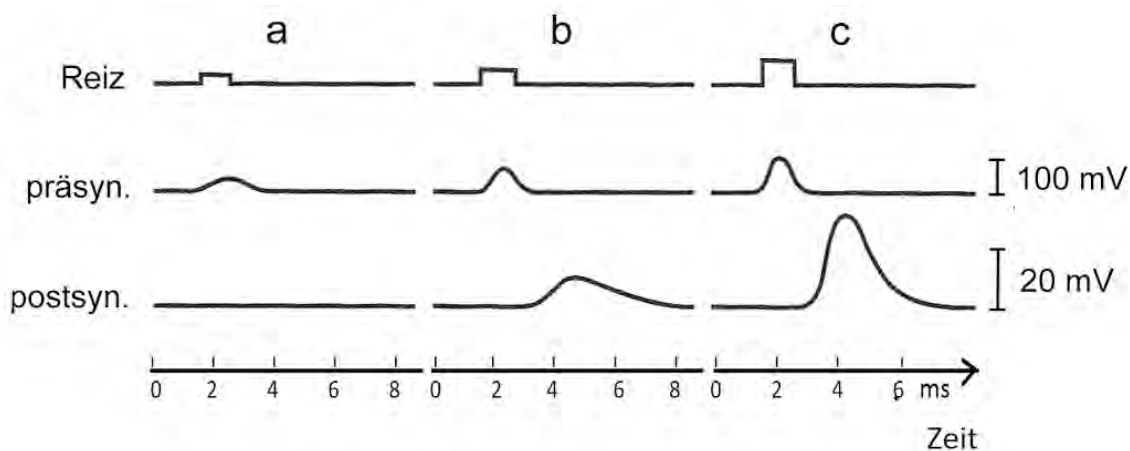


Abbildung 2: Messung der prä- und postsynaptischen Depolarisationen bei zunehmend erhöhtem elektrischem Reiz; Messergebnisse bei drei verschiedenen Reizstromstärken (a – c)



Name: _____

In einem weiteren Experiment wurden ebenfalls die K^+ - und Na^+ -Kanäle blockiert. Nach der Injektion des Ca^{2+} -Indikators Äquorin in die präsynaptische Endigung wurde diese elektrisch gereizt. Das Protein Äquorin sendet in Anwesenheit von Ca^{2+} Licht aus. Prä- und postsynaptische Potenziale wurden über Mikroelektroden intrazellulär abgeleitet (Abbildungen 3 und 4).

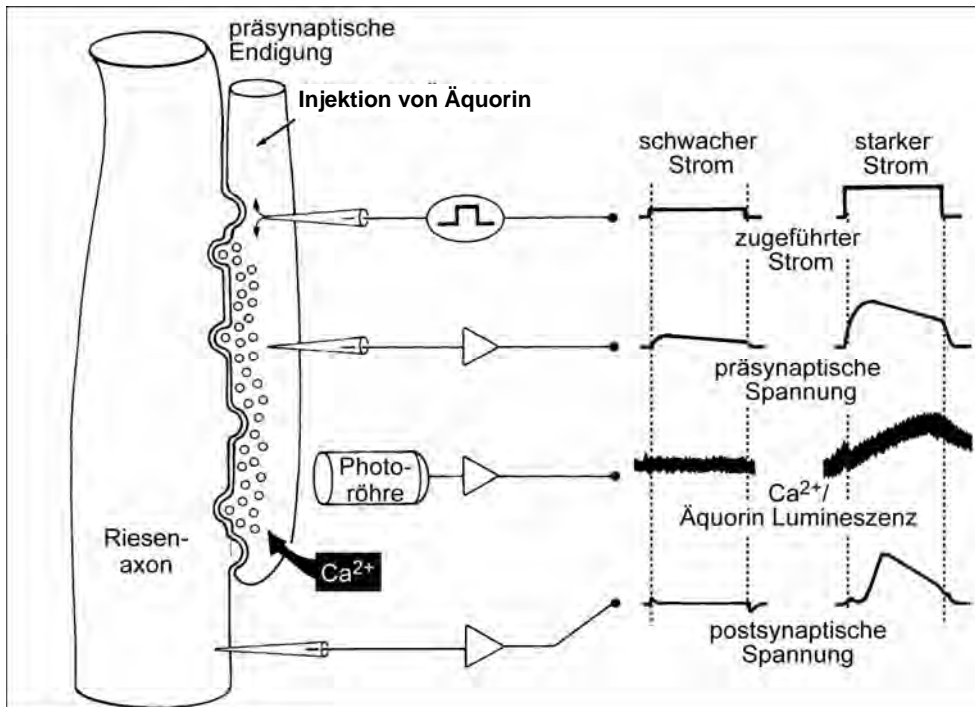


Abbildung 3: Untersuchungen zur Rolle der Calciumionen an der Synapse (vereinfachte Darstellung)

In einem dritten Experiment wurde der Einfluss des präsynaptischen Potentials auf das postsynaptische Potential bei verschiedenen Ca^{2+} -Konzentrationen untersucht.

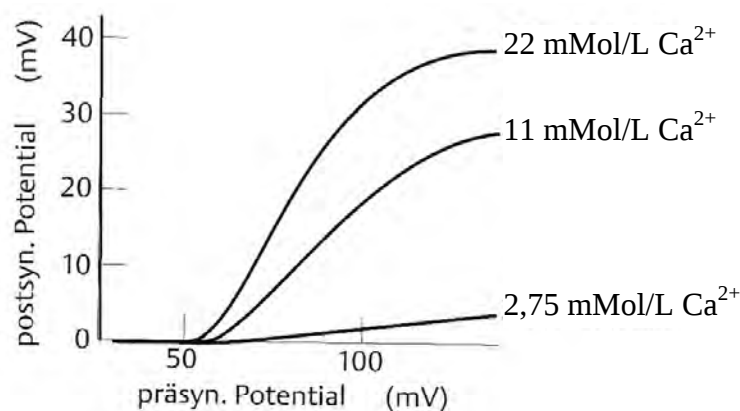


Abbildung 4: Abhängigkeit des postsynaptischen Potentials von der präsynaptischen Depolarisation bei unterschiedlichen Konzentrationen von Ca^{2+} -Ionen in der umgebenden Lösung (mMol/L $\hat{=}$ Millimol/Liter)



Name: _____

Material C: Riesenaxone steuern den Rückstoß

Ein Tintenfisch kann sich nach dem Rückstoßprinzip fortbewegen, indem er seinen Mantel schlagartig über seine ganze Länge zusammenzieht und einen Wasserstrahl durch einen Trichter am Kopfansatz herausdrückt (Abbildung 5). Diese Art der Fortbewegung wird vor allem bei Beutefang und Fluchtverhalten eingesetzt. Nur die Neurone, die die Kontraktion der Muskulatur rund um die Mantelhöhle steuern, besitzen Riesenaxone.

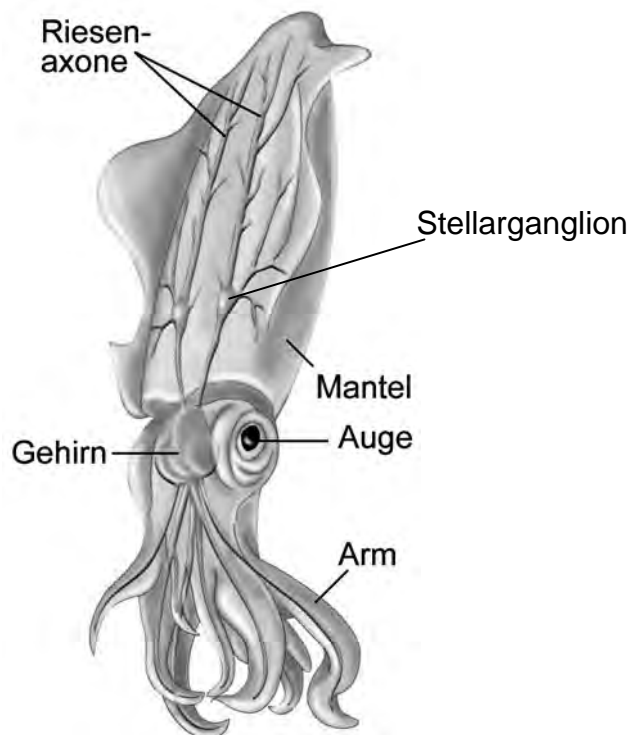


Abbildung 5: Innervierung der Mantelmuskulatur beim Tintenfisch

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2012

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Erregungsleitung und -übertragung an Tintenfisch-Neuronen

- II.1 Vergleichen Sie die Leitungsgeschwindigkeiten bei myelinisierten und nicht myelinisierten Axonen und erläutern Sie die Ursache für die Unterschiede (Material A).
(16 Punkte)
- II.2 Beschreiben Sie die Versuchsergebnisse von Katz und Miledi (Material B, Abbildung 2) und interpretieren Sie sie im Hinblick auf die Transmitterfreisetzung und den Beitrag der Na⁺- und K⁺-Ionen zur Transmitterfreisetzung an den Synapsen von Riesenaxonen des Tintenfisches.
(12 Punkte)
- II.3 Beschreiben Sie die Versuchsergebnisse der Untersuchung zur Rolle der Ca²⁺-Ionen an der Synapse (Material B, Abbildungen 3 und 4). Werten Sie die Ergebnisse im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen präsynaptischem Potenzial, postsynaptischem Potenzial und Einfluss der Ca²⁺-Ionen aus.
(26 Punkte)
- II.4 Erläutern Sie, wie eine gleichzeitige Kontraktion der gesamten Mantelmuskulatur gesteuert werden kann (Materialien B und C). Entwickeln Sie eine Hypothese, welche Rolle die Ca²⁺-Ionen dabei zusätzlich spielen können.
(12 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material A, Tabelle 1
verändert nach: Dudel, J., Menzel, R., Schmidt, R. F. (Hgg.) (2001). Neurowissenschaft. Vom Molekül zur Kognition, Springer Verlag, S. 110, Abb. 1
- Material B, Abbildung 1, 2, 3 und 4
verändert nach: Eckert, R. (2002). Tierphysiologie, 4. Auflage, Thieme Verlag, S. 192 und 194
- Material C, Abbildung 5
verändert nach: http://www.mun.ca/biology/desmid/brian/BIOL2060/BIOL2060-13/13_02.jpg
- Katz, B., Miledi, R.: Further Study of the Role of Calcium in Synaptic Transmission. J. Physiol. (1970), 207, pp. 789 – 801
- Eckert, R. (2002). Tierphysiologie, 4. Aufl., Thieme Verlag, S. 192 – 194
- Kandel, Eric R. (Hrsg) (1996). Neurowissenschaften – eine Einführung, Heidelberg: Spektrum Verlag, S. 174/278
- Moyes, C. D., Schulte, P. M. (2007). Tierphysiologie, Pearson Deutschland 1996, S. 200
- Dudel, J., Menzel, R., Schmidt, R. F. (Hgg.) (2001). Neurowissenschaft. Vom Molekül zur Kognition. 2. Aufl., Springer Verlag

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

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

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>vergleicht die Leitungsgeschwindigkeiten bei myelinisierten und nicht myelinisierten Axonen (Material A), sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sowohl bei myelinisierten als auch bei nicht myelinisierten Fasern steigt die Leitungsgeschwindigkeit mit zunehmendem Durchmesser. • Die Leitungsgeschwindigkeit bei den myelinisierten Fasern liegt bei ähnlichem Durchmesser deutlich höher, so liegt eine Leitungsgeschwindigkeit von ca. 15 – 30 m/s bei der myelinisierten Faser bei einem Durchmesser von 5 µm vor, während eine vergleichbare Geschwindigkeit (22 m/s) bei der nicht myelinisierten Faser erst bei einem Durchmesser von 800 – 1000 µm erreicht wird. 	6
2	<p>erläutert die Ursache für die Unterschiede (Material A), sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei nicht myelinisierten Axonen findet eine kontinuierliche Erregungsleitung statt. • Wird die Spannungsschwelle am Axon überschritten, öffnen sich die spannungsgesteuerten Natriumkanäle. • Die daraus resultierende Depolarisation löst ein Aktionspotenzial aus, das seinerseits die benachbarten Membranbereiche überschwellig reizt. • Durch die fortwährende Wiederholung dieser Vorgänge wird das Aktionspotenzial ohne Abschwächung immer weitergeleitet. • Bei myelinisierten Axonen findet eine saltatorische Erregungsleitung statt. • Die Aktionspotenziale bilden sich nur an den Schnürringen aus, da sich nur hier spannungsgesteuerte Ionenkanäle befinden. • Zwischen den Schnürringen findet die Potenzialausbreitung passiv durch ein elektrisches Feld statt. • Da die zeit- und energieaufwändige Ausbildung der Aktionspotenziale nur an den Schnürringen erfolgt, kann die Erregungsleitung in den myelinisierten Axonen erheblich schneller und energiesparender erfolgen. 	10
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die Versuchsergebnisse von Katz und Miledi (Material B, Abbildung 2), sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der schwächere Reiz erzeugt eine niedrigere Depolarisation an der präsynaptischen Membran als ein stärkerer Reiz. • Eine postsynaptische Antwort wird erst ab einer gewissen Höhe der präsynaptischen Depolarisation registriert. • Die Höhe des postsynaptischen Potenzials hängt von der Höhe der präsynaptischen Depolarisation ab. • Die postsynaptische Antwort erscheint mit einer gewissen Zeitverzögerung. 	4

2	<p>interpretiert die Versuchsergebnisse im Hinblick auf die Transmitterfreisetzung und den Beitrag der Na^+- und K^+-Ionen zur Transmitterfreisetzung an den Synapsen von Riesenaxonen des Tintenfischs, sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Höhe der postsynaptischen Potenziale hängt von der Stärke des elektrischen Reizes und des nachfolgenden präsynaptischen Potentials ab. • Die zeitverzögerte Antwort weist auf einen chemischen Vorgang hin (z. B. Transmitterausschüttung und Diffusion). • Die unterschiedliche Höhe der präsynaptischen Depolarisation muss also zu einer unterschiedlichen Menge an freigesetztem Transmitter führen. • Die Na^+- und K^+-Ionen beeinflussen nicht direkt die Transmitterfreisetzung, da die Höhe des postsynaptischen Potentials eine direkte Abhängigkeit zur Höhe des elektrischen Reizes in der präsynaptischen Endigung zeigt, während beide Kanäle der Präsynapse experimentell blockiert sind. 	8
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>beschreibt die Versuchsergebnisse der Untersuchung zur Rolle der Ca^{2+}-Ionen an der Synapse (Material B, Abbildung 3), sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nur infolge der höheren Reizstärke, bedingt durch den stärkeren Strom, die eine höhere präsynaptische Depolarisation bewirkt, wird eine postsynaptische Antwort registriert. • Die Photoröhre registriert nur bei der höheren präsynaptischen Depolarisation eine Lumineszenz des Ca^{2+}/Äquorins. 	6
2	<p>wertet die Ergebnisse (Material B, Abbildung 3) im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen präsynaptischem Potential, postsynaptischem Potential und Einfluss der Ca^{2+}-Ionen aus, sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Lumineszenz des Ca^{2+}/Äquorin-Komplexes an der präsynaptischen Endigung tritt nur auf, wenn an der postsynaptischen Zelle auch eine Antwort registriert wird. • Dies zeigt einen Zusammenhang zwischen dem Einstrom von Ca^{2+} in die präsynaptische Zelle und der Reaktion der postsynaptischen Zelle. • Die Freisetzung des Transmitters muss also mit dem Einstrom von Ca^{2+} zusammenhängen. 	4
3	<p>beschreibt die Versuchsergebnisse der Untersuchung zur Rolle der Ca^{2+}-Ionen an der Synapse (Material B, Abbildung 4), sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Kurven spiegeln den Anstieg der postsynaptischen Potenziale bei zunehmenden präsynaptischen Potentialen wider. • Bei einer geringen Konzentration von 2,75 mMol/L Ca^{2+} steigt das postsynaptische Potential mit zunehmender Höhe des präsynaptischen Potentials nur geringfügig linear an. • Bei $c = 11$ mMol/L und $c = 22$ mMol/L Ca^{2+} nehmen die postsynaptischen Potenziale mit zunehmendem präsynaptischen Potential erst stark und dann nur noch geringfügig zu. • Die Höhe der postsynaptischen Potenziale bei 22 mMol/L Ca^{2+} entspricht aber nicht dem Doppelten der Potentialhöhe bei 11 mMol/L Ca^{2+}. 	8

4	<p>wertet die Ergebnisse im Hinblick auf den Zusammenhang zwischen präsynaptischem Potenzial, postsynaptischem Potenzial und Einfluss der Ca^{2+}-Ionen aus (Material B, Abbildung 4), sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Messergebnisse zeigen, dass die postsynaptische Antwort erst ab einer bestimmten Höhe des präsynaptischen Potenzials (ca. 55 – 70 mV) einsetzt. • Oberhalb dieses Wertes ist die Höhe des postsynaptischen Potenzials bei gleicher Ca^{2+}-Konzentration von der Höhe der präsynaptischen Depolarisation abhängig. • Ferner bestimmt die Menge an Ca^{2+}-Ionen die Höhe des postsynaptischen Potenzials, da Ca^{2+}-Ionen dazu führen, dass die mit Transmitter gefüllten Vesikel sich zur präsynaptischen Membran bewegen und dort den Transmitter in den synaptischen Spalt entlassen. • Die Transmitterfreisetzung wird also durch die Höhe des präsynaptischen Potenzials und die damit verbundene Freisetzung von Ca^{2+}-Ionen bestimmt. 	8
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert, wie eine gleichzeitige Kontraktion der gesamten Mantelmuskulatur gesteuert werden kann (Materialien B und C), sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Signal für die Kontraktion der Mantelmuskulatur muss vom Stellarganglion über die Mantelaxone zur Mantelmuskulatur geleitet werden. • Die Geschwindigkeit der Signalleitung in marklosen Fasern hängt vom Axondurchmesser ab. • Je größer der Durchmesser, desto schneller ist die Signalleitung. • Axone der Neuronen, die entfernte Mantelpartien innervieren, müssen demnach einen viel größeren Durchmesser haben als die Axone, die Mantelregionen in der Nähe der Stellarganglien innervieren. 	8
2	<p>entwickelt eine Hypothese, welche Rolle die Ca^{2+}-Ionen dabei zusätzlich spielen können, sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei höheren Ca^{2+}-Konzentrationen erreicht das postsynaptische Potenzial eher den Schwellenwert für die Auslösung eines Aktionspotenzials, das zu einer Muskelkontraktion führt. • Durch Variation der Ca^{2+}-Konzentration bei den unterschiedlich weit von den Stellarganglien entfernten motorischen Endplatten kann so eine gleichzeitige Auslösung der Muskelkontraktion erreicht werden. 	4
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	vergleicht die Leitungsgeschwindigkeiten ...	6			
2	erläutert die Ursache ...	10			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.1 Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt die Versuchsergebnisse ...	4			
2	interpretiert die Versuchsergebnisse ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.2 Teilaufgabe	12			

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

Teilaufgabe II.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	beschreibt die Versuchsergebnisse ...	6			
2	wertet die Ergebnisse ...	4			
3	beschreibt die Versuchsergebnisse ...	8			
4	wertet die Ergebnisse ...	8			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.3 Teilaufgabe	26			

Teilaufgabe II.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erläutert, wie eine ...	8			
2	entwickelt eine Hypothese ...	4			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.4 Teilaufgabe	12			
	Summe der II.1, II.2, II.3 und II.4 Teilaufgabe	66			

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	<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				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis 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:

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 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0



Name: _____

Abiturprüfung 2012

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Die Bedrohung des Polarfuchses (Ökologie)

- III.1 Analysieren Sie die Anpasstheit von Rotfuchs und Polarfuchs an den Lebensraum und diskutieren Sie, ob hier Klimaregeln anwendbar sind (Material A). Werten Sie Material A bezogen auf das Verhalten, die Nahrung und den Lebensraum von Rotfuchs und Polarfuchs umfassend in Hinblick auf die Wechselbeziehungen zwischen beiden Arten aus. *(20 Punkte)*
- III.2 Geben Sie die Regeln von LOTKA-VOLTERRA an und überprüfen Sie, ob die Populationsentwicklungen in Abbildung 3 diesen Regeln entsprechen (Material B). Nennen Sie mögliche Ursachen, falls die Regeln nicht oder nur eingeschränkt gelten. *(16 Punkte)*
- III.3 Stellen Sie mit Hilfe der Materialien A und C die Wechselbeziehungen zwischen Polarfuchs, Rotfuchs, Wühlmaus und der Höhe der Temperatur durch ein geeignetes Schema dar und beschreiben Sie dieses kurz. Leiten Sie anhand des Schemas eine Prognose für die Populationsentwicklung von Polarfuchs und Rotfuchs in der Arktis ab, wenn durch den globalen Klimawandel die Temperaturen in der Arktis weiter steigen (Materialien A und C). *(16 Punkte)*
- III.4 Stellen Sie die Situation der skandinavischen Polarfüchse auf der Grundlage von Material D dar. Diskutieren Sie, welche Auswirkungen der drastische Rückgang der Polarfüchse in Skandinavien auf den Genpool und den Bestand der Populationen hat (Material D). *(14 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Rotfuchs und Polarfuchs im Vergleich



Abbildung 1a): Rotfuchs



Abbildung 1b): Polarfuchs

Rotfuchs und Polarfuchs kommen beide auf der Nordhalbkugel vor. Der Polarfuchs (*Alopex lagopus*) beschränkt sich jedoch auf die Polargebiete. Diese werden unter anderem charakterisiert durch die im Winter extrem langen und im Sommer sehr kurzen Polarnächte. Hier lebt der Polarfuchs in der Tundra, einer baumlosen Landschaft mit Böden, die neun Monate im Jahr an der Oberfläche gefroren sind, sowie auf Eisfeldern, in tiefen Höhlen oder Schneelöchern. Die Temperaturen liegen hier ganzjährig unter 0 °C oder knapp darüber. Der Polarfuchs toleriert Temperaturen von –40 °C bis –50 °C, unterhalb dieser Grenze kann die Körpertemperatur nur durch erhöhte Stoffwechselaktivität konstant gehalten werden (kritische Temperatur).

Der Rotfuchs (*Vulpes vulpes*) findet sich auf der gesamten Nordhalbkugel bis zum südlichen Rand der Polargebiete und sogar im Süden Australiens. Er lebt in unterirdischen Bauen im Wald und auf offenen Feldern. Seine kritische Temperatur liegt bei –13 °C.

In dem gemeinsamen Lebensraum am südlichen Rand des Polarkreises greift der Rotfuchs bei zufälligen Begegnungen den Polarfuchs an und tötet diesen.

Das Fell des Rotfuchses ist im ganzen Jahr oberseits rostbraun. Der Anteil der Wollhaare, die der Isolierung gegen Kälte dienen, beträgt ca. 20 %. Der Polarfuchs besitzt ein Fell mit einem Anteil von 70 % an Wollhaaren. Im Sommer ist es braun, im Winter weiß gefärbt. Beim Allesfresser Polarfuchs erstreckt sich das Nahrungsspektrum auf Kleinsäuger (z. B. Wühlmäuse), Beeren, Eier und Aas, wobei er tag- und nachtaktiv ist. Der Rotfuchs geht ausschließlich nachts auf die Jagd nach nachtaktiven Kleinsäufern und Vögeln. Eine Jagd unter der Schneedecke ist beiden Fuchsarten nicht möglich.



Abbildung 2: Silhouetten von Rotfuchs (links) und Polarfuchs (rechts) im gleichen Maßstab



Name: _____

Material B: Populationsentwicklung von Polarfuchs und Wühlmause

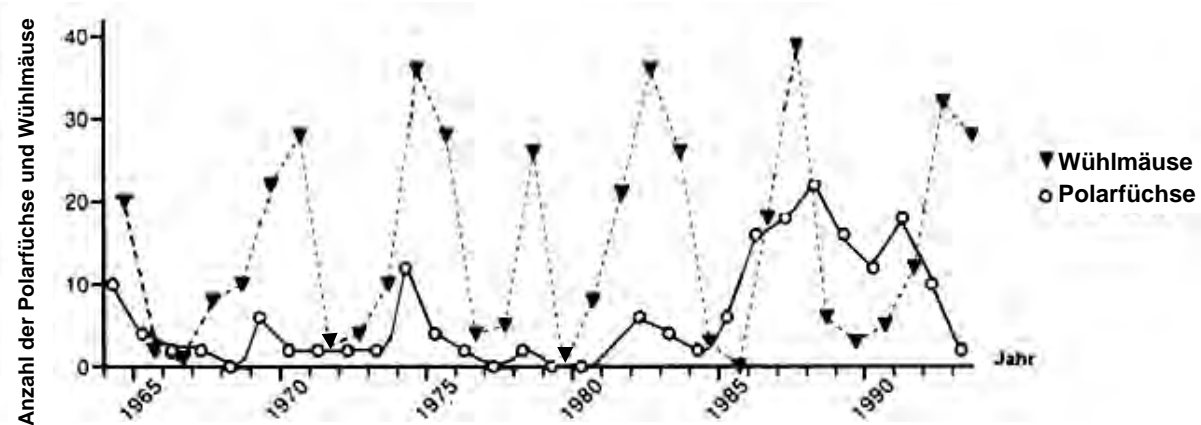


Abbildung 3: Populationsgröße von adulten Polarfüchsen (○) und Wühlmäusen (▼) in Nordfinland. Dargestellt ist die Gesamtzahl der Polarfüchse im Untersuchungsgebiet und die Anzahl der dort in Fallen gefangenen Wühlmäuse.

Material C: Polarfuchse und Klimawandel

a) Im Jahr 1918 wurde die kanadische Insel Baffin Island in der arktischen Tundra zum ersten Mal dauerhaft von Rotfüchsen besiedelt. Von einem festen Beobachtungspunkt im Süden registrierte man ihre Ausbreitung nach Norden und den Anstieg der Sommertemperaturen in dieser Region (Abbildung 4).

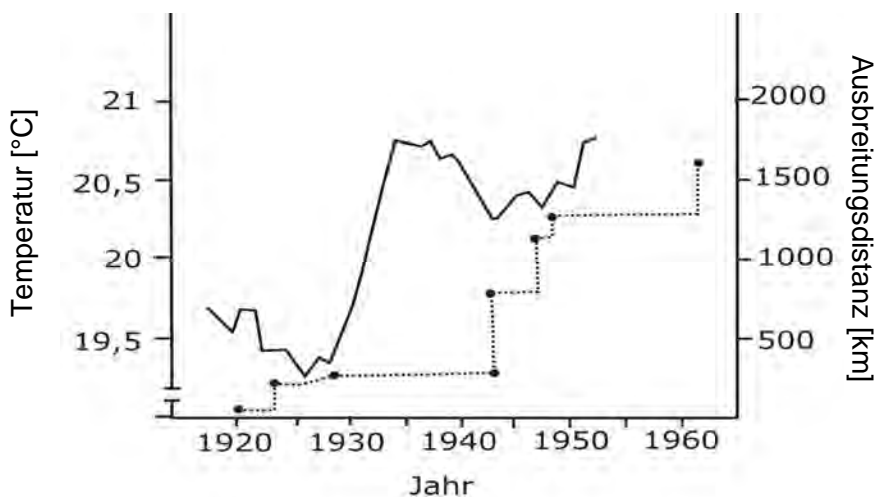


Abbildung 4: nördliche Ausbreitung der Rotfüchse auf Baffin Island (Kanada) [- - -] und die mittlere Sommertemperatur [—]

Hinweis: Ab 1930 erhöhten sich mit der zunehmenden Temperatur erst allmählich die Populationsdichten der Beutetiere des Rotfuchses!



Name: _____

- b) In den Jahren 1994 – 1997 untersuchte man eine Population von kontrolliert eingesetzten Wühlmäusen in der arktischen Tundra in Norwegen in einem eingezäunten Gebiet. Die Überlebensrate der Wühlmäuse sank, je größer die Anzahl der Tage mit Temperaturen über 0 °C war.
- c) In einem 450 km² großen Areal in Nordschweden wurde der Einfluss von Rotfüchsen auf die Populationsentwicklung der Polarfüchse in einem Modellversuch über einen Zeitraum von 15 Jahren beispielhaft erforscht. In einem Bereich des Areals kamen beide Fuchsarten vor, in einem anderen nur die Polarfüchse. Die Populationsgröße ermittelte man durch die Anzahl der bewohnten Fuchsbaue (Abbildung 5).

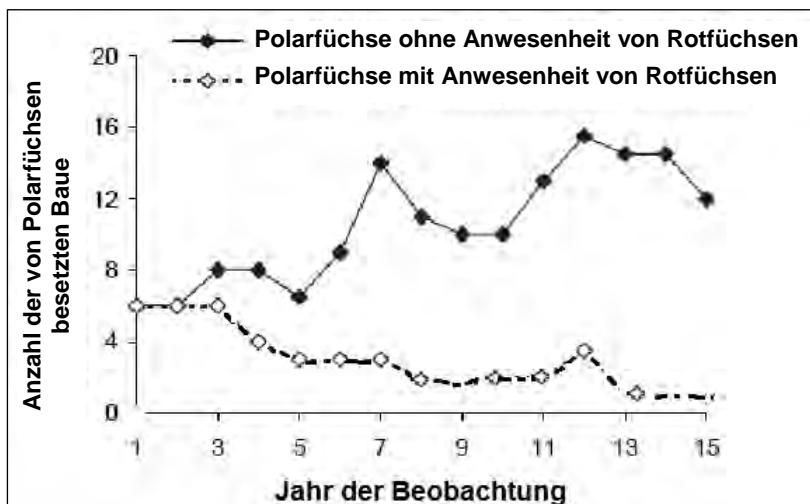


Abbildung 5: Populationsentwicklung von Polarfüchsen mit bzw. ohne die Anwesenheit von Rotfüchsen



Name: _____

Material D: Die Population des Polarfuchses in Skandinavien

Im 19. Jahrhundert umfasste die Anzahl der Polarfüchse in Skandinavien bis zu 10 000 Tiere. Trotz gesetzlicher Schutzmaßnahmen nahm die Größe dieser Population auf 120 Polarfüchse ab. Genetische Analysen aus dem Jahr 2004 ergaben, dass sie in vier unterschiedliche skandinavische Populationen zerfällt, die in Abbildung 6 durch die gestrichelte Linien gekennzeichnet sind: Nordskandinavien (50 Tiere), Zentralskandinavien (40 Tiere), Südschandinavien (20 Tiere) und Südwestskandinavien (10 Tiere). Diese Tiere leben in Gebieten der gebirgigen Tundra mit geringem Nahrungsangebot. Die Gebiete sind durch Wälder voneinander isoliert, die von den Polarfüchsen nicht durchquert werden.

Eine weitere genetisch unterschiedliche Population bewohnt die Grenzgebiete des benachbarten Russlands und Teile von Finnland (Abbildung 7). Von dieser „russischen“ Population wandern immer wieder Polarfüchse nach Skandinavien ein.



Abbildung 6:
Verteilung von Populationen der Polarfüchse in Skandinavien und der russischen Grenzregion im Jahr 2004. Die dunklen Bereiche geben die Verbreitungsgebiete der Teilpopulationen an.

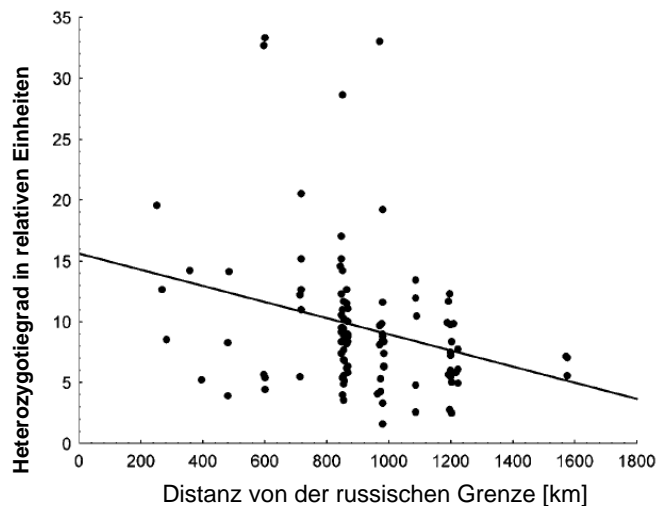


Abbildung 7:
Genetische Variabilität der skandinavischen Polarfüchse. Als Punkte angegeben sind untersuchte Einzeltiere, die Gerade stellt den durchschnittlichen Grad der Heterozygotie in Abhängigkeit von der Entfernung zu Russland dar.

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2012

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Die Bedrohung des Polarfuchses (Ökologie)

- III.1 Analysieren Sie die Anpasstheit von Rotfuchs und Polarfuchs an den Lebensraum und diskutieren Sie, ob hier Klimaregeln anwendbar sind (Material A). Werten Sie Material A bezogen auf das Verhalten, die Nahrung und den Lebensraum von Rotfuchs und Polarfuchs umfassend in Hinblick auf die Wechselbeziehungen zwischen beiden Arten aus. *(20 Punkte)*
- III.2 Geben Sie die Regeln von LOTKA-VOLTERRA an und überprüfen Sie, ob die Populationsentwicklungen in Abbildung 3 diesen Regeln entsprechen (Material B). Nennen Sie mögliche Ursachen, falls die Regeln nicht oder nur eingeschränkt gelten. *(16 Punkte)*
- III.3 Stellen Sie mit Hilfe der Materialien A und C die Wechselbeziehungen zwischen Polarfuchs, Rotfuchs, Wühlmaus und der Höhe der Temperatur durch ein geeignetes Schema dar und beschreiben Sie dieses kurz. Leiten Sie anhand des Schemas eine Prognose für die Populationsentwicklung von Polarfuchs und Rotfuchs in der Arktis ab, wenn durch den globalen Klimawandel die Temperaturen in der Arktis weiter steigen (Materialien A und C). *(16 Punkte)*
- III.4 Stellen Sie die Situation der skandinavischen Polarfüchse auf der Grundlage von Material D dar. Diskutieren Sie, welche Auswirkungen der drastische Rückgang der Polarfüchse in Skandinavien auf den Genpool und den Bestand der Populationen hat (Material D). *(14 Punkte)*

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material A:
Abbildung 1 verändert nach:
<http://www.biologie-abitur.de/Bilder-oko/klimaregel%20fuchs.gif> (25.02.2011)
Abbildung 2 verändert nach: <http://images.vector-images.com/clp/187502/clp113281.jpg>
(15.01.2012)
- Material B: Abbildung 3 verändert nach: Kaikusalo (1995)
- Material C:
Abbildung 4 verändert nach: Hersteinsson (1992),
Abbildung 5 verändert nach: Elmhagen (2003)
- Material D:
Abbildung 6 und 7 verändert nach: Dalén (2006)
- Dalén L., et al. (2006): Population structure in a critically endangered arctic foxpopulation: does genetics matter?, *Molecular Ecology* 15, 2809 – 2819
- Elmhagen, Bodil: Interferences Competition between Arctic and Red foxes. Doctoral dissertation 2003, Stockholm, Sweden
- Grzimek, B. (Hrsg.): Enzyklopädie des Tierreichs, Kindler Verlag Stuttgart 1972
- Hersteinsson, P., Macdonald, D. W.: Interspecific competition and geographical distribution of red and arctic fox, in: *OIKOS* 64, S. 505 –515, Copenhagen 1992
- Ims, Rolf A., Fulei, Eva: Trophic Interaction Cycles in Tundra Ecosystems and the Impact of Climate Change, in: *BioScience* Vol. 55 No. 4, 2005
- Kaikusalo, A., Angerbjörn, A.: The arctic fox population in Finnish Lapland during 30 years, 1964 – 1993, in: *Ann. Zool. Fennici* 32, S. 69 – 77, Helsinki 1995
- Kleesattel Walter: Überleben in Eis, Wüste und Tiefsee, WBG Darmstadt 1999, S. 54 ff.
- Pflumm, Walter: *Biologie der Säugetiere*, 2. Aufl. 1996, Parey Verlag, Berlin, S. 117
- <http://images.vector-images.com/clp/187502/clp113281.jpg>
- <http://www.biologie-abitur.de/Bilder-oko/klimaregel%20fuchs.gif> (25.02.2011)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2012

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung

- Umweltfaktoren, ökologische Nische – Untersuchungen in einem Lebensraum
- Einfache Beziehungen zwischen Organismengruppen und abiotischen Habitatfaktoren
 - Anpassungen an Temperatur und Feuchtigkeit bei Tieren und Pflanzen
- Wechselbeziehungen, Populationsdynamik
 - Beziehungen zwischen Populationen: LOTKA-VOLTERRA-Regeln, Konkurrenz, Koexistenz
 - Verflechtungen in Lebensgemeinschaften
- Biomasseproduktion, Trophieebenen, Energiefluss
- Nachhaltige Nutzung und Erhaltung von Ökosystemen

Evolution der Vielfalt des Lebens in Strukturen und Verhalten

- Grundlagen evolutiver Veränderung
 - Genotypische Variabilität von Populationen (keine Modellberechnung)

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

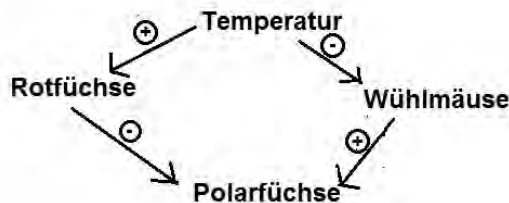
Teilaufgabe III.1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>analysiert die Anpasstheit von Rotfuchs und Polarfuchs an den Lebensraum, sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die weiße Fellfarbe tarnt den Polarfuchs im arktischen Winter. • Der Rotfuchs kommt überwiegend in nicht arktischen Gebieten vor, im Winter liegt nicht immer Schnee. Daher tarnt ihn die rostbraune Färbung in seinem Lebensraum. • Das dichte Fell des Polarfuchses mit 70 % Wollhaaren isoliert gegen die Kälte. Beim Rotfuchs ist der Anteil der Wollhaare mit 20 % geringer als Anpasstheit an die eher milden Winter. • Der Polarfuchs toleriert wesentlich tiefere Temperaturen als der Rotfuchs. 	6
2	<p>diskutiert, ob hier Klimaregeln anwendbar sind (Material A), z. B.:</p> <p>Die <i>Allensche Regel</i> ist hier anwendbar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beide Fuchsarten sind nah verwandte Arten. • Der Polarfuchs hat in seinem kalten Lebensraum kleinere Ohren, einen kürzeren Schwanz und kürzere Beine als der Rotfuchs, der in wärmeren Regionen lebt. <p>Die <i>Bergmannsche Regel</i> kann nicht angewendet werden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Polarfuchs ist kleiner als der Rotfuchs. • Allerdings wird durch die gedrungene Körperform die Abgabe von Wärme über die Körperoberfläche beim Polarfuchs verringert. (<i>Dieser Aspekt kann auch bei III.1.1 genannt werden.</i>) 	6
3	<p>wertet Material A bezogen auf das Verhalten, die Nahrung und den Lebensraum von Rotfuchs und Polarfuchs umfassend in Hinblick auf die Wechselbeziehungen zwischen beiden Arten aus, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es besteht eine interspezifische Konkurrenz zwischen beiden Fuchsarten. • Sie beanspruchen ähnliche Nahrung, wobei der Polarfuchs ein breiteres Nahrungsspektrum hat. • Ihre Lebensräume überlappen sich nur im südlichen Polargebiet. • Durch seine Größe ist der Rotfuchs im gemeinsamen Verbreitungsgebiet konkurrenzstärker als der Polarfuchs. • Die Nachtaktivität ist vermutlich eine Anpasstheit des Rotfuchses an die Nachtaktivität seiner Beutetiere. • Durch die Tag- und Nachtaktivität kann der Polarfuchs an den langen Polartagen bzw. -nächten in der artenarmen Arktis vom jeweiligen Nahrungsangebot profitieren. 	8
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	gibt die Regeln von LOTKA-VOLTERRA an, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • LOTKA-VOLTERRA 1: Die Individuenzahlen von Räuber- und Beutepopulation schwanken periodisch. Dabei folgen die Maxima und Minima der Populationsdichten der Räuber phasenverzögert denen der Beute. • LOTKA-VOLTERRA 2: Langfristig bleiben die Mittelwerte beider Populationen trotz der Schwankungen konstant. • LOTKA-VOLTERRA 3: Werden Räuber- und Beutepopulation gleichzeitig dezimiert, so erholt sich die Beutepopulation zuerst. 	8
2	überprüft, ob die Populationsentwicklungen den Regeln von LOTKA-VOLTERRA entsprechen, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die 2. Regel von LOTKA-VOLTERRA gilt hier für die Wühlmaus und bis 1985 auch für den Polarfuchs: <ul style="list-style-type: none"> – Die Werte schwanken, aber bleiben im Mittel konstant. • Die 1. Regel ist hier teilweise und die 3. Regel gar nicht anwendbar: <ul style="list-style-type: none"> – Die Individuenzahlen der Wühlmäuse schwanken periodisch. – Aber Maxima und Minima der Polarfüchse folgen nicht eindeutig phasenverzögert denen der Beute. – Die für eine Bestätigung der dritten Regel notwendige Dezimierung beider Populationen findet im Beobachtungszeitraum nicht statt. <i>Andere sinnvolle Lösungen werden entsprechend gewertet.</i>	6
3	nennt mögliche Ursachen, falls die Regeln nicht oder nur eingeschränkt gelten, z. B. <ul style="list-style-type: none"> • Polarfüchse sind nicht auf Wühlmäuse als einzige Beute spezialisiert. • Abiotische Faktoren beeinflussen die Populationsdichte der Beute. <i>Andere sinnvolle Lösungen werden entsprechend gewertet.</i>	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>stellt mit Hilfe der Materialien A und C die Wechselbeziehungen zwischen Polarfuchs, Rotfuchs, Wühlmaus und der Höhe der Temperatur durch ein geeignetes Schema dar, z. B.:</p> <div style="text-align: center;">  <pre> graph TD Temp[Temperatur] -- "+" --> Rotfuchs[Rotfuchs] Temp -- "-" --> Wuehlmause[Wühlmause] Rotfuchs -- "-" --> Polarfuchs[Polarfuchs] Wuehlmause -- "+" --> Polarfuchs </pre> <p>⊕ je mehr, desto mehr bzw. je weniger, desto weniger ⊖ je weniger, desto mehr bzw. je mehr, desto weniger</p> <p><i>Andere sinnvolle Lösungen werden entsprechend gewertet.</i></p> </div>	6
2	<p>stellt mit Hilfe der Materialien A und C die Beziehungen zwischen Polarfuchs, Rotfuchs, Wühlmaus und Höhe der Temperatur durch ein geeignetes Schema dar und beschreibt dieses kurz, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit steigender Temperatur breitet sich der Rotfuchs in nördlicher Richtung aus. • Mit steigender Temperatur sinkt die Überlebensrate der Wühlmäuse und damit das Nahrungsangebot der Polarfüchse. • In Gebieten mit gemeinsamem Vorkommen beider Fuchsarten nimmt die Zahl der Polarfüchse ab. • Daher nimmt die Anzahl der Polarfüchse mit steigender Temperatur ab. 	6
3	<p>leitet anhand des Schemas eine Prognose für die Populationsentwicklung von Polarfuchs und Rotfuchs in der Arktis ab, wenn durch den globalen Klimawandel die Temperaturen in der Arktis weiter steigen, sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die globale Erwärmung begünstigt das Vordringen des Rotfuchses in die Arktis, da er nach Material A eine schlechte Anpasstheit an extrem niedrige Temperaturen zeigt. • Der Polarfuchs wird aufgrund von interspezifischer Konkurrenz vom Rotfuchs verdrängt bzw. dezimiert. • Die Populationsentwicklung des Polarfuchses wird durch die dezimierten Wühlmauspopulationen geschwächt. • Wenn das Konkurrenzausschlussprinzip auch für die Beziehung zwischen den beiden betrachteten Fuchsarten gilt, ist auch das Aussterben des Polarfuchses als Folge der Erwärmung nicht auszuschließen. <p><i>Andere sinnvolle Lösungen werden entsprechend gewertet.</i></p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt die Situation der skandinavischen Polarfuchse auf der Grundlage von Material D dar, sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Anzahl der Polarfuchse beträgt nur noch 120 Tiere, die auf vier sehr kleine, isolierte Populationen verteilt sind. • Es findet kein Austausch zwischen den Populationen statt bis auf einige Polarfuchse aus Russland. • Nach Abbildung 7 nimmt die genetische Variabilität von Nord nach Süd ab. 	6
2	<p>diskutiert, welche Auswirkungen der drastische Rückgang der Polarfuchse in Skandinavien auf deren Genpool und den Bestand der Population hat, sinngemäß z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei kleinen Populationen ist die Wahrscheinlichkeit für eine Gendrift höher. Dies kann zu einer geringeren genetischen Variabilität führen, wie Abbildung 7 zeigt. • Durch die Isolierung der Populationen voneinander kann es zu keinem Genaustausch und damit auch nicht zur Rekombination kommen. • Abgesehen von Neumutationen können lediglich durch die eingewanderten „russischen“ Polarfuchse neue Allele in den Genpool gelangen. Dies ist bei den nördlichen Populationen möglicherweise häufiger geschehen, da bei diesen der Heterozygotiegrad erkennbar höher ist (siehe Abbildung 7). • Die kleine Anzahl der Tiere in den Teilpopulationen führt möglicherweise zu Inzucht, genetischer Drift und damit einer geringeren Variation. Dies mindert die Fitness der Population und könnte zum lokalen Aussterben führen. <p><i>Andere sinnvolle Lösungen werden entsprechend gewertet.</i></p>	8
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 III.1

	Anforderungen Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
1	analysiert die Angepasstheit ...	6			
2	diskutiert, ob hier ...	6			
3	wertet Material A ...	8			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.1 Teilaufgabe	20			

Teilaufgabe III.2

	Anforderungen Der Prüfling	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	gibt die Regeln ...	8			
2	überprüft, ob die ...	6			
3	nennt mögliche Ursachen ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.2 Teilaufgabe	16			

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

Teilaufgabe III.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt mit Hilfe ...	6			
2	stellt mit Hilfe ...	6			
3	leitet anhand des ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.3 Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe III.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt die Situation ...	6			
2	diskutiert, welche Auswirkungen ...	8			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.4 Teilaufgabe	14			
	Summe der III.1, III.2, III.3 und III.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				
Note ggf. unter Absenkung um ein bis 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:

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 – 58
mangelhaft plus	3	57 – 49
mangelhaft	2	48 – 40
mangelhaft minus	1	39 – 30
ungenügend	0	29 – 0