



Name: _____

Abiturprüfung 2013

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Stammesgeschichte der Chamäleons

- I.1 Vergleichen Sie tabellarisch die drei Chamäleon-Gruppen hinsichtlich Größe, Körperform, Farbe, Schwanz und Körperanhänge (Material A). Stellen Sie auf dieser Grundlage eine Hypothese zur stammesgeschichtlichen Verwandtschaft der drei Gruppen auf. Erklären Sie, weshalb rein morphologische Vergleiche nicht als eindeutige Belege einer engeren Verwandtschaft angesehen werden können. (18 Punkte)
- I.2 Ermitteln Sie anhand des Stammbaumes (Abbildung 4) die phylogenetische Verwandtschaft der drei Chamäleon-Gruppen aus Material A. Begründen Sie, warum es mit Hilfe molekulargenetischer Analysen möglich ist, Verwandtschaftsbeziehungen für die Stammbaumerstellung zu ermitteln. Vergleichen Sie die Aussagekraft der hier verwendeten DNA-Analyse mit der der Aminosäuresequenzanalyse für die Aufstellung von Verwandtschaftsbeziehungen. (16 Punkte)
- I.3 Werten Sie die Materialien B und C im Hinblick auf unterstützende und widerlegende Argumente für die „Gondwana-Hypothese“ und die „Verdriftungs-Hypothese“ vergleichend aus. (16 Punkte)
- I.4 Erklären Sie anhand von Material D die Entstehung der Artenvielfalt der Chamäleons auf Madagaskar unter evolutionsbiologischen Aspekten. (16 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Die Familie der Chamäleons (*Chamaeleonidae*)

Die Chamäleons (*Chamaeleonidae*) sind eine Familie der Leguanartigen innerhalb der Klasse der Reptilien. Sie umfasst drei Gruppen: die Echten Chamäleons (Abbildung 1), die Erdchamäleons (Abbildung 2) sowie die Stummelschwanz-Chamäleons (Abbildung 3).

Echte Chamäleons bilden mit etwa 150 Arten die größte Gruppe der *Chamaeleonidae*. Sie erreichen Körperlängen zwischen 15 und 60 cm. Der Rumpf ist seitlich abgeflacht. Die Grundfärbung der meisten Arten ist grünlich, doch viele besitzen ein breites Farbspektrum. Der Wechsel der Farben und Muster dient vorwiegend der intraspezifischen Kommunikation.

Vor allem die Männchen einiger Arten zeichnen sich zudem durch bizarre Körperanhänge wie Schnauzenhörner, Hinterkopflappen, Bartschuppen und Rückenkämme aus. Der lange Schwanz der Echten Chamäleons wird von den fast ausschließlich strauch- und baumbewohnenden Arten neben den Greiffüßen als wichtiges Kletterwerkzeug eingesetzt.

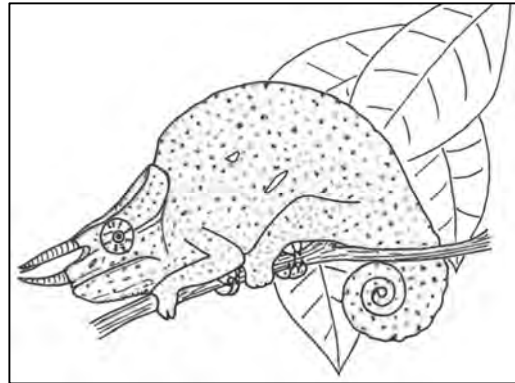


Abbildung 1:
Typisches **Echtes Chamäleon** in Ruheposition
(*Trioceros deremensis*)

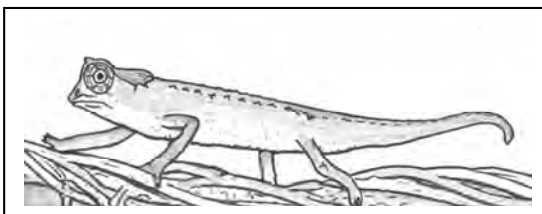


Abbildung 2:
Typisches **Erdchamäleon**, laufend
(*Brookesia antakarana*)

Mit ihren walzenförmigen Körpern erinnern die madagassischen **Erdchamäleons** der Gattung *Brookesia* (über 25 bekannte Arten) stark an die typische Form anderer Echsenfamilien. Die charakteristischen Chamäleon-Merkmale wie z. B. die Greiffüße weist aber auch diese Gruppe auf, wenngleich *Brookesia minima* als kleinste Echsenart überhaupt nur 3 cm Länge erreicht. Die größten Vertreter der Gattung erreichen 11 cm Gesamtlänge, fast alle Arten halten sich vorwiegend am Waldboden im Falllaub und in der Krautschicht auf. Die Färbung besteht meist aus verschiedenen Braun- und Grautönen, die lediglich etwas aufgehellt oder abgedunkelt werden können. Der Schwanz ist bei vielen Arten recht kurz.

Letzteres gilt auch für die ebenfalls unscheinbar gefärbten, im Körperbau seitlich abgeflachten Vertreter der **Stummelschwanz-Chamäleons**, welche Gesamtlängen von 6 bis 13 cm erreichen. Die Gruppe umfasst 17 bekannte Arten, die meist in der Strauchschicht von Wäldern umherklettern, wobei sie den Schwanz aber nur eingeschränkt nutzen können.

Bei einigen Arten tragen insbesondere die Männchen auffällige Schnauzenfortsätze und hornartig vergrößerte Kopfschuppen.

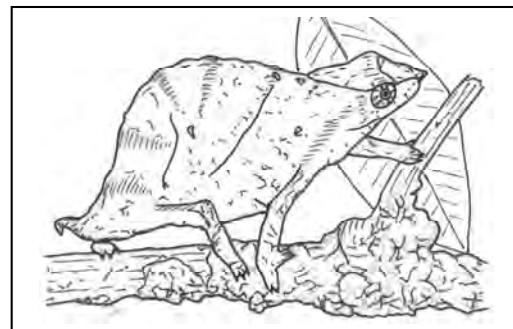


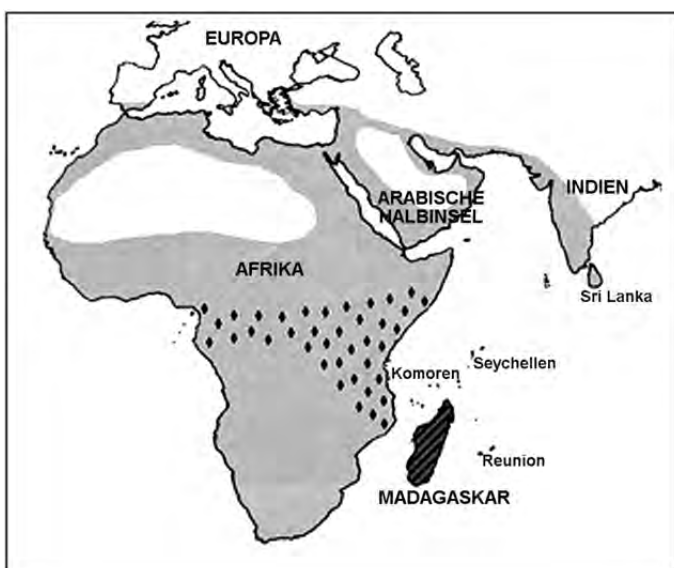
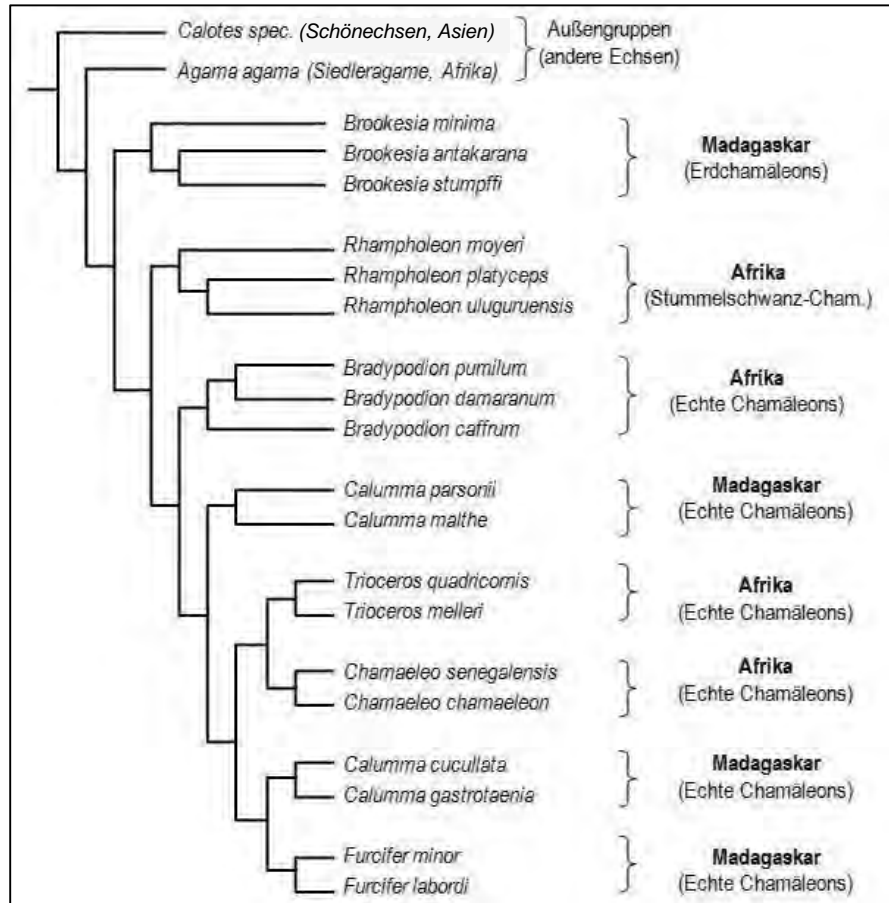
Abbildung 3:
Typisches **Stummelschwanz-Chamäleon**
(*Rhampholeon moyeri*)



Name: _____

Material B: Stammbaum (und heutige Verbreitung) der Chamäleons

Abbildung 4:
Phylogenetischer Stammbaum der Chamäleons mit exemplarischen Arten der Gattungen. Die Verwandtschaftsbeziehungen wurden anhand von Analysen genetischen Materials ermittelt.



- Echte Chamäleons:
Afrika, S-Europa, Asien:
Gattungen
Chamaeleo
Trioceros
Bradypodion
Madagaskar: Gattungen
Calumma
Furcifer
- ▨ Erdchamäleons:
Madagaskar: Gattung
Brookesia
- ◆ Stummelschwanz-Chamäleons:
Afrika: Gattung
Rhampholeon

Abbildung 5: Heutige Verbreitung der wichtigsten Chamäleon-Gattungen



Name: _____

Material C: Der Ursprung der Chamäleons

Lange Zeit war herrschende Meinung, dass die Chamäleons bereits auf dem noch zusammenhängenden Südkontinent „Gondwana“ ihren Ursprung hatten und sich dann nach der Trennung Madagaskars von Afrika in diesen beiden Regionen unabhängig voneinander zu den heutigen Gattungen und Arten weiterentwickelt hätten („Gondwana-Hypothese“).

Einige Forscher vertraten aber auch die Ansicht, dass die Chamäleons zunächst nur in Afrika oder nur auf Madagaskar auftraten. Erst später seien dann einzelne Arten über das Meer zwischen Afrika, Madagaskar und anderen Inseln im Indischen Ozean verdriftet worden, z. B. per Treibholz nach größeren Stürmen („Verdriftungs-Hypothese“).

Interessant sind einzelne Chamäleonarten, die auf Réunion und den Komoren vorkommen (Abbildung 5). Beides sind jüngere Inseln vulkanischen Ursprungs, die nie Kontakt zum Festland hatten. Die Komoren sind zwischen 0,13 und 5,4 Mio. Jahre alt, Réunion ist etwa 3 Mio. Jahre alt.

Das älteste bisher gefundene Chamäleon-Fossil wurde auf ein Alter von 26 Mio. Jahren datiert und ist der Gattung *Chamaeleo* zuzuordnen. Es ist anzunehmen, dass noch ursprünglichere Chamäleons erstmals vor etwa 60 Mio. Jahren auftraten. Fossile Nachweise fehlen jedoch.

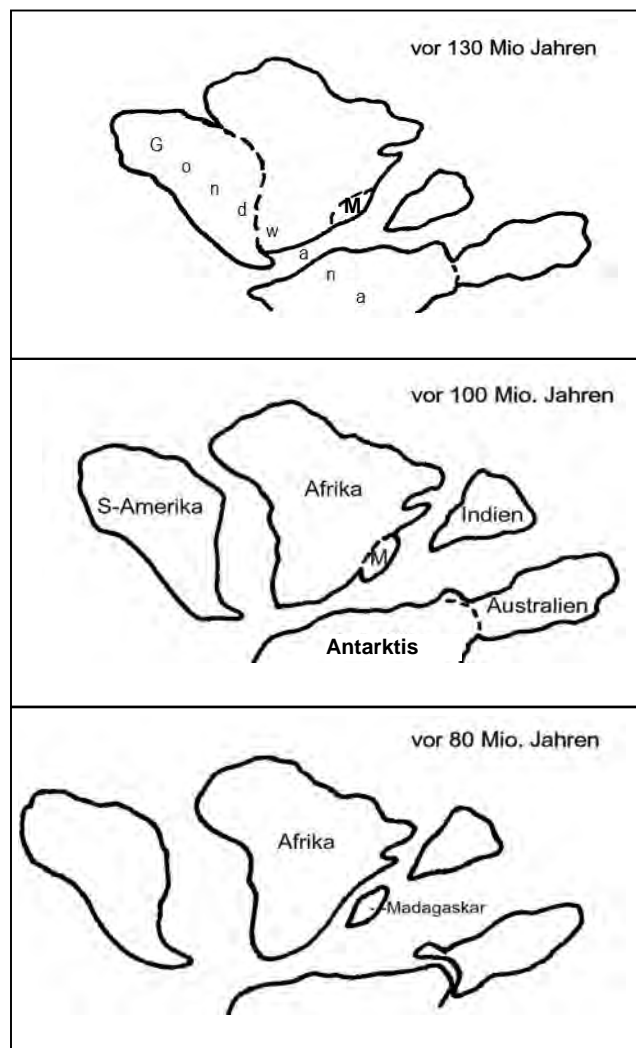


Abbildung 6:
Gondwana-Hypothese zum Auseinanderbrechen des ehemaligen Südkontinents „Gondwana“ mit Angabe der erdgeschichtlichen Trennungszeiten in Millionen Jahren vor heute. M = Madagaskar



Name: _____

Material D: Lebensräume verschiedener Chamäleonarten auf Madagaskar

Chamäleons zeichnen sich im Vergleich zu allen anderen Echsen durch den Besitz von Greiffüßen aus. Auf Madagaskar konnten die Chamäleons eine erstaunlich hohe Artenvielfalt entwickeln. Einige Arten und Lebensräume auf Madagaskar zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1: Biotope und Habitate einiger Chamäleonarten auf Madagaskar

Biotop	Arten, Größen und Habitate
feuchtheiße Küstenregionen	<i>Brookesia minima</i> (2,5 – 3,5 cm, Laubschicht) <i>Furcifer pardalis</i> (25 – 40 cm, Gebüsche, Gärten)
Regenwald im Tiefland	<i>Brookesia peyrierasi</i> (3 – 4 cm, Laubschicht) <i>Calumma gallus</i> (17 cm, Unterholz bis 4 m Höhe) <i>Calumma cucullatum</i> (30 – 40 cm, Pflanzendickicht) <i>Calumma parsonii</i> (70 cm, Sträucher, Bäume)
kühlerer Bergregenwald/Nebelwald	<i>Brookesia thieli</i> (7 cm, Laub- und Strauchschicht bis 3 m Höhe) <i>Calumma furcifer</i> (17 cm, Waldrandbereiche)
hohe Bergregionen	<i>Calumma hilleniusi</i> (15 cm, lichte Hochlandwälder) <i>Furcifer campani</i> (15 cm, Gras-/Buschvegetation)
Gras-, Busch- und Baumsavannen	<i>Brookesia bonsi</i> (7 cm, Trockenwald: Laubschicht) <i>Brookesia perarmata</i> (11 cm, Trockenwald: Büsche, Laubschicht)
Trockensavannen/Halbwüsten	<i>Furcifer belalandaensis</i> (22 cm, Büsche und Dornwälder) <i>Furcifer labordi</i> (20 – 30 cm, trockene Buschwälder)

Anmerkung:

Gezeigt ist lediglich eine kleine Auswahl. Auf Madagaskar kommen über 70 Arten vor (vgl. Material A).

Unterlagen für die Lehrkraft**Abiturprüfung 2013****Biologie, Leistungskurs****1. Aufgabenart**

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹**Thema: Stammesgeschichte der Chamäleons**

- I.1 Vergleichen Sie tabellarisch die drei Chamäleon-Gruppen hinsichtlich Größe, Körperform, Farbe, Schwanz und Körperanhänge (Material A). Stellen Sie auf dieser Grundlage eine Hypothese zur stammesgeschichtlichen Verwandtschaft der drei Gruppen auf. Erklären Sie, weshalb rein morphologische Vergleiche nicht als eindeutige Belege einer engeren Verwandtschaft angesehen werden können. (18 Punkte)
- I.2 Ermitteln Sie anhand des Stammbaumes (Abbildung 4) die phylogenetische Verwandtschaft der drei Chamäleon-Gruppen aus Material A. Begründen Sie, warum es mit Hilfe molekulargenetischer Analysen möglich ist, Verwandtschaftsbeziehungen für die Stammbaumerstellung zu ermitteln. Vergleichen Sie die Aussagekraft der hier verwendeten DNA-Analyse mit der der Aminosäuresequenzanalyse für die Aufstellung von Verwandtschaftsbeziehungen. (16 Punkte)
- I.3 Werten Sie die Materialien B und C im Hinblick auf unterstützende und widerlegende Argumente für die „Gondwana-Hypothese“ und die „Verdriftungs-Hypothese“ vergleichend aus. (16 Punkte)
- I.4 Erklären Sie anhand von Material D die Entstehung der Artenvielfalt der Chamäleons auf Madagaskar unter evolutionsbiologischen Aspekten. (16 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material A:
Abbildungen 1 – 3 sind eigene Skizzen des Verfassers der Aufgabe auf der Grundlage von Fotografien
- Material B:
Abbildung 4 selbst erstellt nach Mathee et al. (2004), Raxworthy et al. (2002) und Tolley et al. (2006)
- Abbildung 5:
verändert nach <http://www.rops-ev.de/chamaeleons.htm> und <http://www.agchamaeleons.de/systematik/>
- Material C:
Abbildung 6 selbst erstellt nach Mathee et al. (2004) sowie Diercke Weltatlas (2008)
- Material D:
Tabelle 1 ist eine eigene Zusammenstellung des Verfassers der Aufgabe
- Mathee, C. A., Tilbury, C. R., Townsend, T. (2004): A phylogenetic review of the African leaf chameleons: genus *Rhampholeon* (Chamaeleonidae): the role of variance and climate change in speciation. Proc. R. Soc. London, 1967 – 1975
- Diercke Weltatlas, Aufl. 2008, A3, Westermann 2008, S. 224
- Raxworthy, C. J., Forstner, M. R. J., Nussbaum, R. A. (2002). Chameleon radiation by oceanic dispersal. Nature 415, 784 – 787
- Rieppel, O. (2002): A case of dispersing chameleons. Nature 415, 744 – 745
- Tolley, K. A., Burger, M., Turner, A. A., Mathee, C. A. (2006). Biogeographic patterns and phylogeography of dwarf chameleons (*Bradypodion*) in an African biodiversity hotspot. Molecular Ecology, Volume 15, Issue 3, pages 781 – 793
- <http://www.rops-ev.de/chamaeleons.htm> (Zugriff 07.03.2012)
- <http://www.agchamaeleons.de/systematik/> (Zugriff 07.03.2012)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten

- Art und Artbildung
- Evolutionshinweise und Evolutionstheorie
 - Rezente und paläontologische Hinweise (Homologie der Wirbeltiergliedmaßen)
 - Systematik und phylogenetischer Stammbaum
 - 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

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe I.1

Anforderungen		maximal erreichbare Punktzahl																								
Der Prüfling																										
1	<p>vergleicht tabellarisch die drei Chamäleon-Gruppen hinsichtlich Größe, Körperform, Farbe, Schwanz und Körperanhänge (Material A), z. B.:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Echte Chamäleons</th> <th>Erdchamäleons</th> <th>Stummelschwanz-Chamäleons</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Größe</td> <td>groß, 15 – 60 cm</td> <td colspan="2">klein, 3 – 13 cm</td> </tr> <tr> <td>Körperform</td> <td>seitlich abgeflacht</td> <td>walzenförmig</td> <td>seitlich abgeflacht</td> </tr> <tr> <td>Farbe</td> <td>grün bzw. breites Farbspektrum</td> <td colspan="2">unscheinbare Farben wie Braun und Grau, kaum Farbwechselvermögen</td> </tr> <tr> <td>Schwanz</td> <td>langer Schwanz ist wichtigstes Kletterwerkzeug</td> <td colspan="2">zum Klettern weniger nutzbare Schwänze</td> </tr> <tr> <td>Körperanhänge</td> <td>Schnauzenhörner, Hinterkopflappen, Bartschuppen und Rückenkämme bei Männchen einiger Arten</td> <td>wenige (vgl. Abbildung 2)</td> <td>Schnauzenfortsätze und hornartig vergrößerte Kopfschuppen bei Männchen einiger Arten</td> </tr> </tbody> </table>		Echte Chamäleons	Erdchamäleons	Stummelschwanz-Chamäleons	Größe	groß, 15 – 60 cm	klein, 3 – 13 cm		Körperform	seitlich abgeflacht	walzenförmig	seitlich abgeflacht	Farbe	grün bzw. breites Farbspektrum	unscheinbare Farben wie Braun und Grau, kaum Farbwechselvermögen		Schwanz	langer Schwanz ist wichtigstes Kletterwerkzeug	zum Klettern weniger nutzbare Schwänze		Körperanhänge	Schnauzenhörner, Hinterkopflappen, Bartschuppen und Rückenkämme bei Männchen einiger Arten	wenige (vgl. Abbildung 2)	Schnauzenfortsätze und hornartig vergrößerte Kopfschuppen bei Männchen einiger Arten	6
	Echte Chamäleons	Erdchamäleons	Stummelschwanz-Chamäleons																							
Größe	groß, 15 – 60 cm	klein, 3 – 13 cm																								
Körperform	seitlich abgeflacht	walzenförmig	seitlich abgeflacht																							
Farbe	grün bzw. breites Farbspektrum	unscheinbare Farben wie Braun und Grau, kaum Farbwechselvermögen																								
Schwanz	langer Schwanz ist wichtigstes Kletterwerkzeug	zum Klettern weniger nutzbare Schwänze																								
Körperanhänge	Schnauzenhörner, Hinterkopflappen, Bartschuppen und Rückenkämme bei Männchen einiger Arten	wenige (vgl. Abbildung 2)	Schnauzenfortsätze und hornartig vergrößerte Kopfschuppen bei Männchen einiger Arten																							
2	<p>stellt auf dieser Grundlage eine Hypothese zur stammesgeschichtlichen Verwandtschaft der drei Gruppen auf, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erd- und Stummelschwanzchamäleons zeigen einige übereinstimmende Merkmale, was auf eine relativ enge stammesgeschichtliche Verwandtschaft hindeutet. • Echte Chamäleons zeigen mehr Spezialisierungen, was auf eine evolutiv jüngere Gruppe deutet. • Da Erdchamäleons typische Merkmale anderer Echsen (walzenförmiger Körper, bodenbewohnend) und weniger Spezialisierungen zeigen, könnten sie die ursprünglichsten, evolutiv ältesten Chamäleons sein. • Stummelschwanzchamäleons scheinen hinsichtlich ihres Lebensraumes sowie einiger Merkmale wie dem seitlich abgeflachten Körper und dem Kopfschmuck der Männchen einiger Arten eine evolutive Zwischenstellung zwischen Erdchamäleon und Echten Chamäleons einzunehmen. <p><i>(Alternative Hypothesen, die in sich schlüssig sind, sind ebenfalls zu werten.)</i></p>	8																								
3	<p>erklärt, warum rein morphologische Vergleiche nicht als eindeutige Belege einer engeren Verwandtschaft angesehen werden können, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ähnliche körperliche Merkmale könnten auch Folge ähnlicher Selektionsbedingungen sein, ohne dass eine engere Verwandtschaft tatsächlich vorliegt. • Solche Merkmale sind als Analogien dann Folge einer konvergenten Entwicklung. 	4																								
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)																									

Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	ermittelt anhand des Stammbaumes (Abbildung 4) die phylogenetische Verwandtschaft der drei Chamäleon-Gruppen aus Material A, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Der Stammbaum belegt, dass die madagassischen Erdchamäleons (Gattung <i>Brookesia</i>) als evolutiv ursprünglichste Gruppe an der Basis der Chamäleon-Familie ihren Ursprung haben. • Alle Echten Chamäleons sind phylogenetisch jüngere Gruppen. • Die Stummelschwanzchamäleons sind stammesgeschichtlich die zweitälteste Chamäleongruppe und stehen somit zwischen Erd- und Echten Chamäleons. • Stummelschwanzchamäleons und Echte Chamäleons sind näher verwandt als Stummelschwanzchamäleons oder Echte Chamäleons und Erdchamäleons. 	6
2	begründet, warum es mit Hilfe molekulargenetischer Analysen möglich ist, Verwandtschaftsbeziehungen für die Stammbaumerstellung zu ermitteln, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • Je ähnlicher die DNA-Basensequenz ist, desto näher verwandt sind die Arten, da dies aus der Abstammung von einem gemeinsamen Vorfahren folgt. • Je mehr Abweichungen in den Sequenzen der Vergleichsarten auftreten, desto mehr Mutationen sind seit der Trennung der beiden Arten aufgetreten, d. h. desto mehr Zeit ist seit der Trennung vergangen. 	4
3	vergleicht die Aussagekraft der hier verwendeten DNA-Analyse mit der Aminosäuresequenzanalyse für die Aufstellung von Verwandtschaftsbeziehungen, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • Proteinvergleiche sind weniger exakt, da sich nicht jede Veränderung der DNA auch in einer Veränderung der codierten Proteine widerspiegelt. • Dies liegt einerseits darin begründet, dass der genetische Code redundant ist (verschiedene Basentriplets codieren dieselbe Aminosäure) und daher nicht jede Mutation eine Veränderung des codierten Proteins verursacht (sogenannte stumme Mutationen). • Zum anderen haben Mutationen in den vielen nicht-codierenden DNA-Abschnitten i.d.R. gar keinen Einfluss auf die vom Organismus hergestellten Proteine. (Anmerkung: Nur eine der beiden letztgenannten Detailerläuterungen wird erwartet; werden beide geliefert, stellt dies ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)	6
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>wertet die Materialien B und C im Hinblick auf unterstützende und widerlegende Argumente für die „Gondwana-Hypothese“ und die „Verdriftungs-Hypothese“ vergleichend aus, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bis vor etwa 100 Mio. Jahren war Madagaskar nach Abbildung 6 noch mit Afrika verbunden, vor 80 Mio. Jahren aber nicht mehr, sodass die Ur-Chamäleons nach der „Gondwana-Hypothese“ vor spätestens etwa 100 Mio. Jahren entstanden sein müssten. • Das älteste bekannte Chamäleon-Fossil ist aber nur 26 Mio. Jahre alt; selbst wenn, wie angenommen, erstmals schon vor 60 Mio. Jahren Chamäleons auftraten, so war zu dieser Zeit nach Abbildung 6 Madagaskar schon lange von Afrika getrennt, sodass die „Gondwana-Hypothese“ zumindest fraglich erscheint. • Die einzelnen Chamäleonarten, die auf Réunion und den Komoreninseln vorkommen, müssen offensichtlich durch Verdriftung dorthin gelangt sein, da diese Inseln nie Kontakt zum Festland hatten; dies belegt die Möglichkeit der Verdriftung von Chamäleons über das Meer. <p>(Aufgrund der Zeitdimension kommt eine Einschleppung durch den Menschen nicht in Frage.)</p>	10
2	<p>wertet die Materialien B und C im Hinblick auf unterstützende und widerlegende Argumente für die „Gondwana-Hypothese“ und die „Verdriftungs-Hypothese“ vergleichend aus, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Z. B. haben <i>Bradypodion</i>- (Afrika) und <i>Calumma</i>-Arten (Madagaskar) oder <i>Chamaeleo</i>- (Afrika) und <i>Furcifer</i>-Arten (Madagaskar) jeweils einen gemeinsamen Vorfahren. • Dies spricht ebenfalls für (mehrfache) Verdriftungen über das Meer, da anderenfalls die afrikanischen und madagassischen Arten geschlossene Verwandtschaftsgruppen bilden müssten. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe I.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erklärt anhand von Material D die Entstehung der Artenvielfalt der Chamäleons auf Madagaskar unter evolutionsbiologischen Aspekten, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tabelle 1 zeigt, dass sich die große Insel Madagaskar durch eine Vielzahl von Klima- und Vegetationszonen auszeichnet. • Madagaskar bietet somit eine Vielzahl an Lebensräumen, an die die verschiedenen Chamäleonarten evolutiv angepasst sind, so konnte sich eine Vielfalt ökologischer Nischen ausbilden. • Dabei fanden Einnischungen infolge von Mutation und Selektion auch innerhalb der einzelnen Biotope statt, sodass verschiedene Chamäleonarten z. B. unterschiedliche Vegetationsstockwerke besiedeln. • Isolationsmechanismen spielen eine bedeutende Rolle bei der Artaufspaltung der Chamäleons. • Das vorliegende Phänomen der vielfachen Artaufspaltung der Chamäleons wird als adaptive Radiation bezeichnet. <p><i>(Zur Vergabe der vollen Punktzahl muss das Phänomen als adaptive Radiation erkannt werden.)</i></p>	10
2	<p>erklärt anhand von Material D die Entstehung der Artenvielfalt der Chamäleons auf Madagaskar unter evolutionsbiologischen Aspekten, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Begünstigend für die Auffächerung der Chamäleonarten könnte die Erschließung eines neuen Lebensraumes (Äste von Sträuchern/Bäumen) gewesen sein, die durch die chamäleontypischen Greiffüße ermöglicht wurde. • Hier herrschte somit wenig Konkurrenz (und im Blattwerk eventuell auch ein geringerer Feinddruck), wodurch die Vermehrung und Ausbreitung der Chamäleons begünstigt wurden. <p><i>(Vergleichbare Erklärungen werden entsprechend gewertet.)</i></p>	6
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 I.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	vergleicht tabellarisch die ...	6			
2	stellt auf dieser ...	8			
3	erklärt, warum rein ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.1 Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe I.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	ermittelt anhand des ...	6			
2	begründet, warum es ...	4			
3	vergleicht die Aussagekraft ...	6			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.2 Teilaufgabe	16			

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

Teilaufgabe I.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	wertet die Materialien ...	10			
2	wertet die Materialien ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.3 Teilaufgabe	16			

Teilaufgabe I.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
	Der Prüfling	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
1	erklärt anhand von ...	10			
2	erklärt anhand von ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe I.4 Teilaufgabe	16			
	Summe der I.1, I.2, I.3 und I.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 2013

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Die Ahornsirup-Krankheit

- II.1 Ermitteln Sie anhand des Stammbaums (Material A) den Erbgang für die Ahornsirup-Krankheit, indem Sie andere Erbgänge begründet ausschließen. Geben Sie für die nummerierten Personen alle möglichen Genotypen an. Stellen Sie das Grundprinzip einer Gelelektrophorese zur Auftrennung von DNA-Fragmenten dar und werten Sie die Ergebnisse der Gelelektrophorese (Material B) bezüglich des Stammbaums aus. *(28 Punkte)*
- II.2 Ermitteln Sie die molekulargenetischen Ursachen der Ahornsirup-Krankheit in den angegebenen Beispielen (Material C, Tabelle 1) und die Folgen für das jeweils gebildete Polypeptid. Leiten Sie daraus mögliche Auswirkungen auf den BCKD-Enzymkomplex ab (Materialien A und E). *(18 Punkte)*
- II.3 Beschreiben Sie den Abbau der Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin und erläutern Sie die Folgen eines Defektes des BCKD-Enzymkomplexes (Material D). *(12 Punkte)*
- II.4 Erläutern Sie auf der Basis der Materialien A und D die Anforderungen an eine Diät-Behandlung von Babys mit Ahornsirup-Krankheit. *(8 Punkte)*

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Informationen zur Ahornsirup-Krankheit (ASK)

Die Ahornsirup-Krankheit (ASK) tritt in allen ethnischen Gruppen mit einer Häufigkeit von etwa 1:185.000 auf. Die Krankheit äußert sich meist schon kurz nach der Geburt. Das Neugeborene wirkt lethargisch, ein charakteristischer ahornsirupartiger Geruch ist wahrzunehmen. Das Kind zeigt Trinkschwäche und entwickelt immer stärker werdende neurologische Auffälligkeiten, die unbehandelt in den ersten Lebenswochen zum Tod führen. Im Nervengewebe ist ein deutlicher Myelinmangel nachweisbar, die weiße Hirnsubstanz zeigt eine ausgeprägte Degeneration. Die Krankheit wird mit einer strengen Diät behandelt.

Der Ahornsirup-Krankheit können unterschiedliche Defekte des Multienzymkomplexes BCKD (verzweigt-kettige α -Ketosäuren-Dehydrogenase, (Material D, Abbildung 3)) zugrunde liegen. Der BCKD-Komplex befindet sich an der inneren Membran der Mitochondrien aller Gewebe.

Der BCKD-Komplex setzt sich aus drei enzymatisch aktiven Untereinheiten zusammen: E1 (codiert durch die Gene $E1\alpha$ und $E1\beta$), E2 (codiert durch das E2-Gen) und E3 (codiert durch das E3-Gen).

Abbildung 1 zeigt den Stammbaum einer Familie mit Ahornsirup-Krankheit. Der betroffene Genabschnitt ist hier das Exon 6 des $E1\beta$ -Gens.

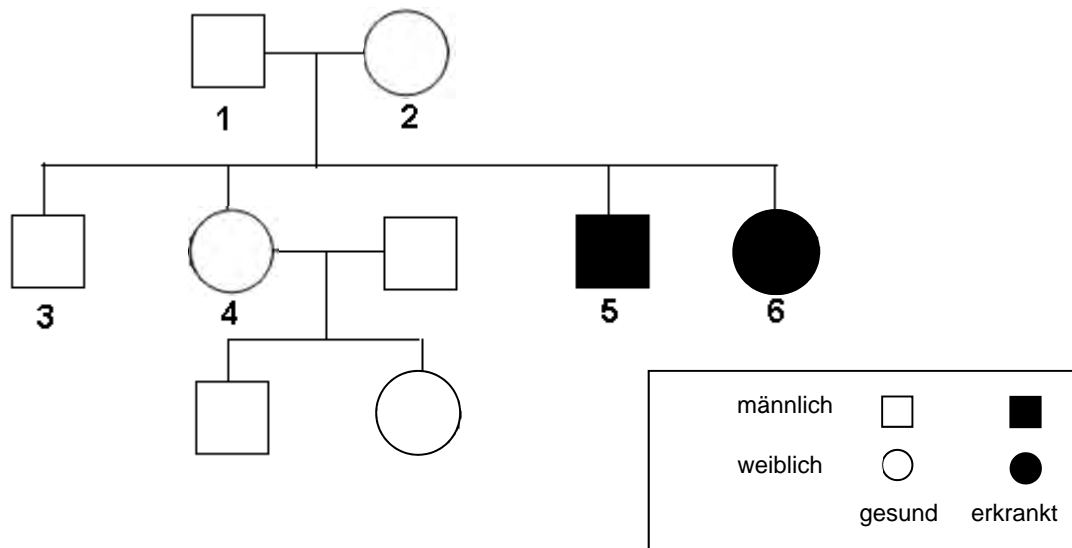


Abbildung 1: Stammbaum einer Familie mit Ahornsirup-Krankheit.



Name: _____

Material B: Gelelektrophoretische Auftrennung des betroffenen DNA-Abschnitts

Eine unterschiedliche Basensequenz beeinflusst die Konformation von DNA-Einzelsträngen und damit ihre Wanderungsgeschwindigkeit. Diese Eigenschaft wird in einer besonderen Form der Gelelektrophorese, der sogenannten SSCP-Analyse ausgenutzt. Mit Hilfe der SSCP-Analyse können DNA-Fragmente ermittelt werden, die aufgrund von Mutationen ein anderes Laufverhalten als Kontrollfragmente zeigen.

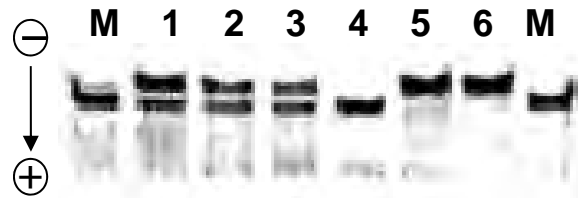


Abbildung 2:
Gelelektrophoretische Auftrennung des betroffenen DNA-Abschnitts ausgewählter Personen der Familie aus dem Stammbaum (siehe Material A)

Aufgetragen wurden die Fragmente des betroffenen DNA-Abschnitts nach Vervielfältigung durch PCR von ausgewählten Personen der Familie aus dem Stammbaum (siehe Material A). Die Nummern entsprechen denen der Personen aus dem Stammbaum. Probe M gehört zu einer gesunden, nicht betroffenen Person.

Material C: Molekulargenetische Ursachen der Ahornsirup-Krankheit

Der Ahornsirup-Krankheit können unterschiedliche Defekte des BCKD-Komplexes zugrunde liegen. Tabelle 1 zeigt nur einige wenige der bis heute identifizierten Mutationen, die zum Krankheitsbild ASK führen:

Tabelle 1: Ausschnitt aus dem jeweils codogenen Strang einer gesunden Person und eines Patienten mit Ahornsirup-Krankheit

mutiertes Gen und dargestellte Nukleotide	Teilsequenz des codogenen Stranges (3' → 5')	
	gesunde Person	Patient mit ASK
E1 α -Gen, Nukleotide 712 – 729	CTC CCC CGT CGG TCA CTC	CTC CCC GGT CGG TCA CTC
E1 β -Gen, Nukleotide 745 – 762	CTT CTT CAG GGA TAT CTT	CTT CTT CGG GGA TAT CTT
E2-Gen, Nukleotide 1144 – 1161	AGA CAC CCA GTC GAG TCG	AGA CAC TCA GTC GAG TCG
E1 β -Gen, Nukleotide 928 – 945	ACC CTA CAC CTG TGT TAA	ACC CTA CAC TGT GTT AAA
E1 β -Gen, Nukleotide 1144 – 1161	ACA ATA CTA CGG GAA GCT	ACA ATT CTA CGG GAA GCT



Name: _____

Material D: Abbau der Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin

Essentielle Aminosäuren sind lebensnotwendig. Sie können nicht aus elementaren Bestandteilen aufgebaut werden, sondern müssen mit der Nahrung aufgenommen werden. Die essentiellen Aminosäuren Leucin, Valin und Isoleucin werden in einem ersten Schritt zu den entsprechenden α -Ketosäuren abgebaut. Dieser Schritt ist umkehrbar. Der BCKD-Komplex katalysiert den weiteren Abbau dieser α -Ketosäuren (vgl. Abbildung 3). Bei an der Ahornsirup-Krankheit erkrankten Kindern wurden die folgenden Werte (vgl. Tabelle 2) innerhalb der ersten drei Lebenswochen ermittelt. In diesem Zeitraum wurde die Krankheit nicht behandelt.

Tabelle 2: Konzentrationen der Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin im Blutplasma gesunder und an Ahornsirup-Krankheit erkrankter Kinder

	Leucin [$\mu\text{mol/L}$]	Isoleucin [$\mu\text{mol/L}$]	Valin [$\mu\text{mol/L}$]
gesunde Kinder	159 – 179	72 – 82	249 – 279
erkrankte Kinder	763 – 4504	191 – 710	221 – 855

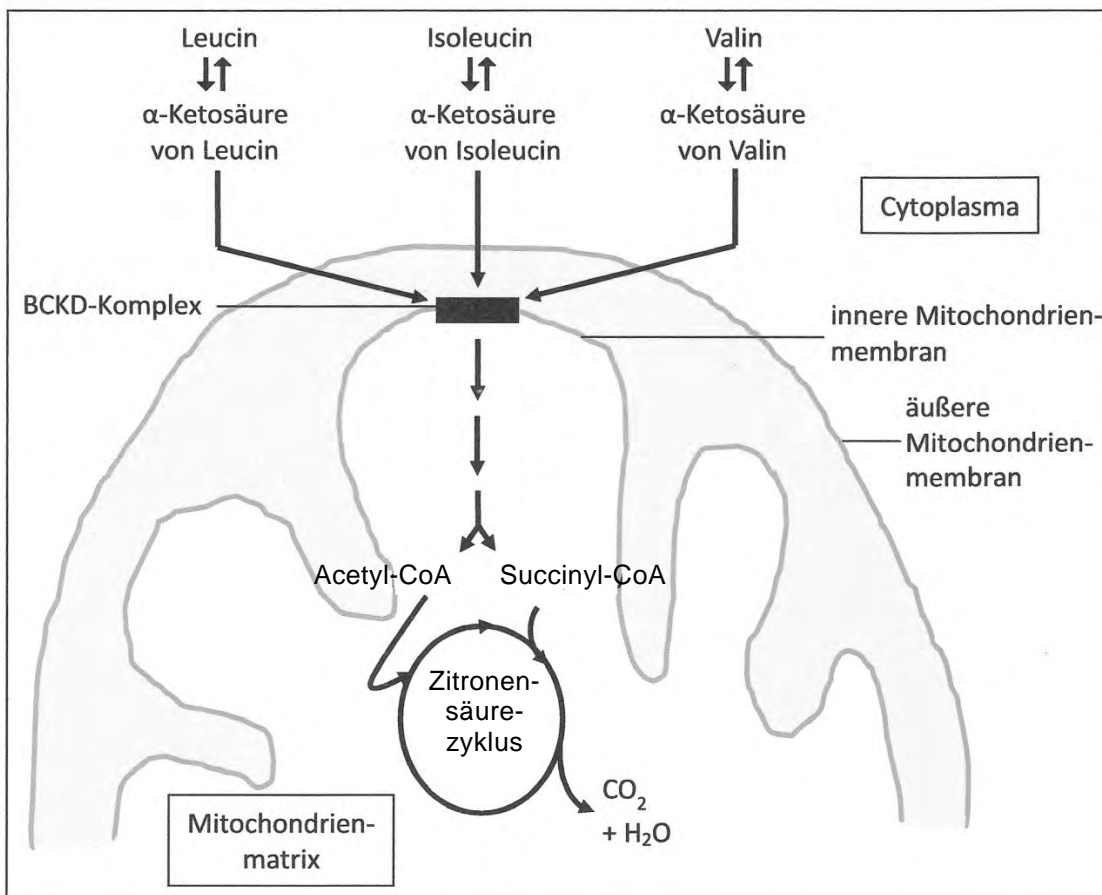
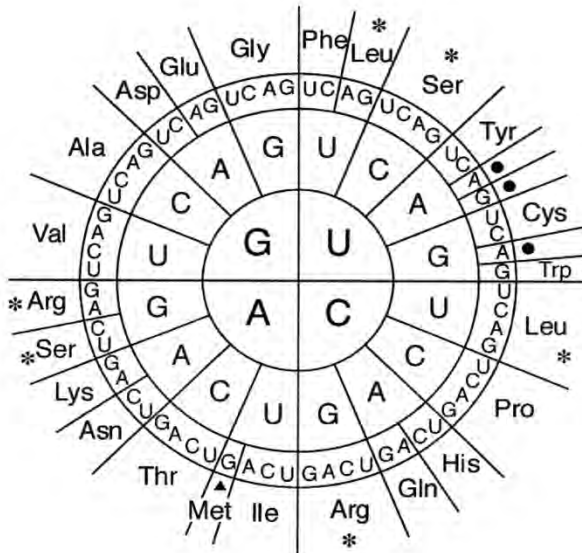


Abbildung 3: Stufenweiser Abbau der Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin



Name: _____

Material E: Codesonne und Tabelle zum genetischen Code



- | | |
|-------------------|--------------------|
| Ala Alanin | Arg Arginin |
| Asn Asparagin | Asp Asparaginsäure |
| Cys Cystein | Gln Glutamin |
| Glu Glutaminsäure | Gly Glycin |
| His Histidin | Ile Isoleucin |
| Leu Leucin | Lys Lysin |
| Met Methionin | Phe Phenylalanin |
| Pro Prolin | Ser Serin |
| Thr Threonin | Trp Tryptophan |
| Tyr Tyrosin | Val Valin |

- * zweimal auftretende Aminosäure
- Stopp-Codon
- ▲ Start-Codon

Erste Base	Zweite Base				Dritte Base
	U	C	A	G	
5'					3'
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	Stopp	Stopp	A
	Leu	Ser	Stopp	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met (Start)	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2013

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Die Ahornsirup-Krankheit

- II.1 Ermitteln Sie anhand des Stammbaums (Material A) den Erbgang für die Ahornsirup-Krankheit, indem Sie andere Erbgänge begründet ausschließen. Geben Sie für die nummerierten Personen alle möglichen Genotypen an. Stellen Sie das Grundprinzip einer Gelelektrophorese zur Auftrennung von DNA-Fragmenten dar und werten Sie die Ergebnisse der Gelelektrophorese (Material B) bezüglich des Stammbaums aus. *(28 Punkte)*
- II.2 Ermitteln Sie die molekulargenetischen Ursachen der Ahornsirup-Krankheit in den angegebenen Beispielen (Material C, Tabelle 1) und die Folgen für das jeweils gebildete Polypeptid. Leiten Sie daraus mögliche Auswirkungen auf den BCKD-Enzymkomplex ab (Materialien A und E). *(18 Punkte)*
- II.3 Beschreiben Sie den Abbau der Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin und erläutern Sie die Folgen eines Defektes des BCKD-Enzymkomplexes (Material D). *(12 Punkte)*
- II.4 Erläutern Sie auf der Basis der Materialien A und D die Anforderungen an eine Diät-Behandlung von Babys mit Ahornsirup-Krankheit. *(8 Punkte)*

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material A:
Abbildung 1 selbst erstellt nach Henneke, M. (2002)
- Material B:
Abbildung 2 vereinfacht nach Henneke, M. (2002)
- Material C:
Tabelle 1 selbst erstellt nach Henneke, M. (2002),
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/223671913?report=genbank>
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/260593636?report=genbank>
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/392513671?report=genbank>
- Material D:
Tabelle 2 selbst erstellt nach Henneke, M. (2002)
Abbildung 1 verändert nach Henneke, M. (2002)
- Henneke, M. (2002): Klinische und molekulare Charakterisierung von Patienten mit Ahornsirup-Krankheit, Dissertation, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf
(<http://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DerivateServlet/Derivate-2501/501.pdf>
(Zugriff 25.02.2012))
- Lehninger, A. L.: Prinzipien der Biochemie, Heidelberg 1994, S. 606, 619 – 621
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/223671913?report=genbank> (Zugriff 15.07.2012)
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/260593636?report=genbank> (Zugriff 15.07.2012)
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/nuccore/392513671?report=genbank> (Zugriff 15.07.2012)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Genetische und entwicklungsbiologische Grundlagen von Lebensprozessen

- Molekulare Grundlagen der Vererbung und Entwicklungssteuerung
 - Mutagene und Mutationen
- Aspekte der Cytogenetik mit humanbiologischem Bezug
 - Stammbaumanalyse und Erbgänge in der humangenetischen Beratung
- Angewandte Genetik
 - Werkzeuge und Verfahrensschritte der Gentechnik am Beispiel der PCR und des genetischen Fingerabdrucks

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	ermittelt anhand des Stammbaums (Material A) den Erbgang für die Ahornsirup-Krankheit, indem er andere Erbgänge begründet ausschließt, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Ausgeschlossen wird <ul style="list-style-type: none"> – ein dominanter Erbgang, da die Personen 1 und 2 nicht betroffen sind, aber erkrankte Kinder haben. – ein gonosomaler Erbgang, da Person 1 erkrankt sein müsste (x-chromosomal). • Es liegt ein autosomal-rezessiver Erbgang vor. 	4
2	gibt für die nummerierten Personen alle möglichen Genotypen an: <ul style="list-style-type: none"> • Für die möglichen Genotypen wird als Legende z. B. A = dominantes Allel und a = rezessives Allel für Ahornsirup-Krankheit eingeführt. 	2
3	gibt für die nummerierten Personen alle möglichen Genotypen an: <ul style="list-style-type: none"> • 1 und 2: Aa; 3 und 4: AA oder Aa; 5 und 6: aa. 	4
4	stellt das Grundprinzip einer Gelelektrophorese zur Auftrennung von DNA-Fragmenten dar, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • Die Gelelektrophorese ist ein Verfahren zur Auftrennung verschieden großer DNA-Moleküle. • Ausgenutzt wird die Ladung der DNA: Aufgrund negativer Ladungen wandert DNA in einem elektrischen Feld in Richtung Pluspol. • Die Wanderungsgeschwindigkeit der Moleküle wird in erster Linie von der Molekülgröße (hier auch von der Molekülkonformation) bestimmt. • Das verwendete Trägermaterial wirkt wie ein engmaschiges Netz und behindert die Moleküle bei ihrer Wanderung im elektrischen Feld. • Dementsprechend bewegen sich kleine Moleküle im Gel schneller fort. 	8
5	wertet die Ergebnisse der Gelelektrophorese (Material B) bezüglich des Stammbaums aus, z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Die nicht betroffene Person M (Kontrolle) sowie die Person 4 zeigen nur eine Bande, Person 4 ist daher homozygot für das dominante Allel, sie hat den Genotyp AA und ist gesund. • Die Personen 1, 2 und 3 weisen zwei Banden auf: Eine Bande läuft auf Höhe der Kontrolle, die zweite darüber. • Damit sind die Personen 1, 2 und 3 heterozygot, sie besitzen das dominante Allel sowie das rezessive Allel und haben den Genotyp Aa. • Die Personen 5 und 6 weisen nur die Bande auf, die der oberen Bande der Personen 1, 2 und 3 entspricht: Sie sind homozygot für das rezessive Allel und damit erkrankt. 	10
6	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	ermittelt die molekulargenetischen Ursachen der Ahornsirup-Krankheit in den angegebenen Beispielen (Material C, Tabelle 1) und die Folgen für das jeweils gebildete Polypeptid, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • An Position 718 des E1α-Gens liegt eine Punktmutation vor: Anstatt Cytosin ist Guanin vorhanden. Dies führt zu einem Aminosäureaustausch: Ala \rightarrow Pro • An Position 752 des E1β-Gens liegt eine Punktmutation vor: Anstatt Adenin ist Guanin vorhanden. Dies führt zu einem Aminosäureaustausch: Val \rightarrow Ala • An Position 1150 des E2-Gens liegt eine Punktmutation vor: Anstatt Cytosin ist Thymin vorhanden. Dies führt zu einem Aminosäureaustausch: Gly \rightarrow Ser 	4
2	ermittelt die Folgen, dass der Aminosäureaustausch eine Veränderung der Sekundär- und damit auch der Tertiärstruktur bzw. Quartärstruktur der jeweiligen Untereinheit zur Folge haben kann.	2
3	ermittelt die molekulargenetischen Ursachen der Ahornsirup-Krankheit in den angegebenen Beispielen (Material C, Tabelle 1) und die Folgen für das jeweils gebildete Polypeptid, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • An Position 937 des E1β-Gens ist das Cytosin deletiert. Ab dieser Position ist der Leserahmen des Gens verschoben: Eine gesunde Person hat die Aminosäureabfolge Trp Asp Val Asp Thr Ile, eine betroffene Person Trp Asp Val Thr Gln Phe. • Die Punktmutation an Position 1149 des E1β-Gens lässt ein Stoppcodon entstehen (UAU \rightarrow UAA). Das E1β-Polypeptid ist damit verkürzt. 	8
4	leitet mögliche Auswirkungen auf den BCKD-Enzymkomplex ab (Materialien A und E), z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Eine Veränderung des E1α-, E1β- oder E2-Polypeptids kann zu einer eingeschränkten oder gar zu einem Verlust der Enzymaktivität führen, wenn <ul style="list-style-type: none"> – das aktive Zentrum der enzymatisch aktiven Untereinheit betroffen ist. – der Multienzymkomplex von den Untereinheiten nicht mehr gebildet werden kann. 	4
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	beschreibt den Abbau der Aminosäuren Leucin, Isoleucin und Valin, sinngemäß: <ul style="list-style-type: none"> • Leucin, Isoleucin und Valin werden im Cytoplasma umgesetzt. • Die α-Ketosäuren des Leucin-, Isoleucin- und Valin-Abbaus sind Substrate des Enzymkomplexes BCKD in der Mitochondrienmembran. • Die Produkte der BCKD-katalysierten Reaktion werden zu Acetyl-CoA und/oder Succinyl-CoA verstoffwechselt. • Acetyl-CoA und Succinyl-CoA werden in den Zitronensäure-Zyklus eingeschleust und zu CO₂ und H₂O abgebaut. 	6

2	<p>erläutert die Folgen eines Defektes des BCKD-Enzymkomplexes (Material D), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die α-Ketosäuren der drei Aminosäuren werden aufgrund des Defekts des BCKD-Enzymkomplexes nicht weiter umgesetzt. • Der erste Reaktionsschritt ist umkehrbar. Also werden die α-Ketosäuren wieder in die entsprechenden Aminosäuren überführt, so dass sich diese im Blut und im Gewebe anreichern. • Letztendlich kommt es zur Akkumulation von sowohl Aminosäuren und α-Ketosäuren, was zu den dargestellten Symptomen führt. 	6
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe II.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert auf der Basis der Materialien A und D die Anforderungen an eine Diät-Behandlung von Babys mit Ahornsirup-Krankheit, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die drei Aminosäuren sind essentiell, zu hohe Konzentrationen wirken sich aber negativ auf den Organismus aus. Die Aufnahme der drei Aminosäuren muss also kontrolliert und begrenzt werden. • Eine Diät muss diesem Aspekt angepasst werden in Bezug auf Menge und Zusammensetzung der Proteine. • Bei der Ernährung eines Säuglings müssen synthetische Produkte die Muttermilch ersetzen. <p><i>(Für die volle Punktzahl wird ein Rückbezug auf die vorliegenden Daten erwartet.)</i></p>	8
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 II.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	ermittelt anhand des ...	4			
2	gibt für die ...	2			
3	gibt für die ...	4			
4	stellt das Grundprinzip ...	8			
5	wertet die Ergebnisse ...	10			
6	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.1 Teilaufgabe	28			

Teilaufgabe II.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	ermittelt die molekulargenetischen ...	4			
2	ermittelt die Folgen ...	2			
3	ermittelt die molekulargenetischen ...	8			
4	leitet mögliche Auswirkungen ...	4			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.2 Teilaufgabe	18			

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

Teilaufgabe II.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	beschreibt den Abbau ...	6			
2	erläutert die Folgen ...	6			
3	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.3 Teilaufgabe	12			

Teilaufgabe II.4

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

Darstellungsleistung

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
	<ul style="list-style-type: none"> • führt seine Gedanken ... • strukturiert seine Darstellung ... • verwendet eine differenzierte ... • gestaltet seine Arbeit ... 	9			
	Summe Darstellungsleistung	9			
	Summe insgesamt (inhaltliche und Darstellungsleistung)	75			

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

	Lösungsqualität			
	maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
Übertrag der Punktzahl aus der ersten bearbeiteten Aufgabe	75			
Übertrag der Punktzahl aus der zweiten bearbeiteten Aufgabe	75			
Punktzahl der gesamten Prüfungsleistung	150			
aus der Punktzahl resultierende Note				
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 2013

Biologie, Leistungskurs

Aufgabenstellung:

Thema: Ökologie der Kannenpflanzen

- III.1 Skizzieren Sie den Stickstoffkreislauf für ein Ökosystem, nennen Sie die bei Kannenpflanzen zur Sicherstellung der Stickstoffversorgung auftretenden Besonderheiten (Material A) und erklären Sie die Funktion der in der Kannenflüssigkeit nachgewiesenen Enzyme für die Pflanze. (18 Punkte)
- III.2 Werten Sie die Untersuchung zum Zusammenleben von *Nepenthes rajah*, Spitzhörnchen (*Tupaia montana*) und Gipfelratte (*Rattus baluensis*) aus (Material B) und interpretieren Sie die Beziehungen aus ökologischer Sicht. (14 Punkte)
- III.3 Erläutern Sie die Besonderheiten der Lebensgemeinschaft der Kannenpflanze *Nepenthes bicalcarata* und der Ameisenart *Camponotus schmitzi* (Material C). Werten Sie in diesem Kontext die Experimente A und B zur Wechselbeziehung zwischen *Camponotus schmitzi* und *Nepenthes bicalcarata* aus (Material D). (24 Punkte)
- III.4 Stellen Sie, ausgehend von der in Material A dargestellten Form der Lebensweise von Kannenpflanzen, eine Hypothese zur evolutiven Entstehung der in den Materialien B bis D vorgestellten Lebensgemeinschaften auf und erläutern Sie Ihre Hypothese an vier Merkmalen. Bewerten Sie zusammenfassend die Entwicklungsschritte vor dem Hintergrund der speziellen Lebensraumbedingungen der Kannenpflanzen (Material A). (10 Punkte)

Zugelassene Hilfsmittel:

- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung



Name: _____

Material A: Die Kannenpflanzen – karnivore Pflanzen

Karnivore Pflanzen ergänzen ihre Mineralstoffaufnahme durch das Fangen von Tieren. Dies stellt eine wichtige Quelle für Stickstoffverbindungen insbesondere auf mineralstoffarmen Böden dar. Kannenpflanzen der Gattung *Nepenthes* verfügen über zu Kannen umgebildete Blätter, in denen sie ihre Beute fangen (Abbildung 1).

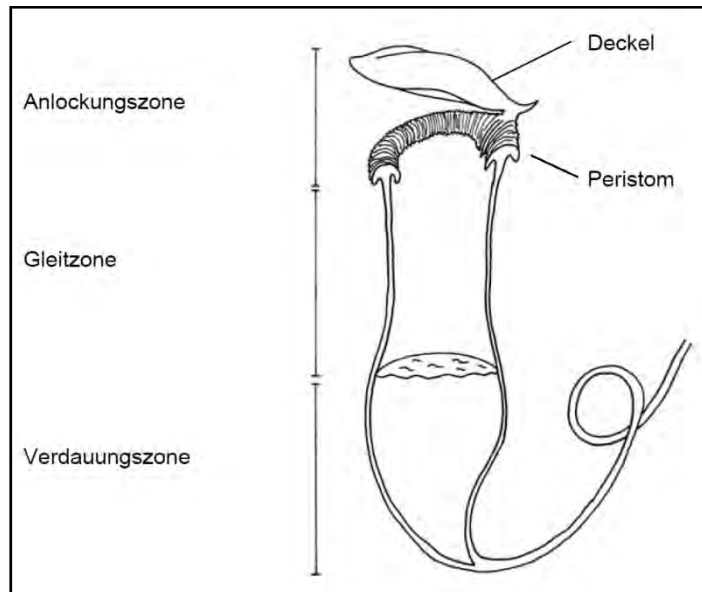


Abbildung 1: Aufbau einer *Nepenthes*-Kanne

Die *Nepenthes*-Arten sind im Normalfall nicht auf bestimmte Beutetiere spezialisiert und nutzen ein breites Spektrum an Arthropoden¹, wobei Ameisen mit bis zu 90 % den hauptsächlichsten Teil ausmachen. Die potenziellen Beutetiere werden dabei durch spezielle Mechanismen angelockt: Der Kannenrand (Peristom) und der Deckel sind auffällig gefärbt, oft sondern am Kannenrand befindliche Drüsen Nektar ab. Die innere Kannenwand ist bei vielen *Nepenthes*-Arten mit sehr glatten Wackskristallen ausgekleidet. In der Flüssigkeit im unteren Teil der Kanne befinden sich neben Stoffen, die die Oberflächenspannung der wässrigen Lösung herabsetzen, auch zahlreiche Enzyme: Peptidasen, die Peptidbindungen aufbrechen, Ribonukleasen, die Nukleinsäuren zerlegen, sowie Chitinasen, die das chitinhaltige Außenskelett von Insekten und anderen Gliederfüßern auflösen.

¹ Gliederfüßer



Name: _____

Material B: *Nepenthes rajah* und ihre Besucher

Die asiatische Kannenpflanze *Nepenthes rajah* kommt ausschließlich im Hochland von Nord-Borneo vor (1800 – 2600 m über dem Meeresspiegel). In diesen Lagen sind Ameisen und andere Insekten selten. *Nepenthes rajah* hat an der Deckelunterseite ihrer sehr großen Kannen Drüsen, die ein weißes Sekret absondern. Diese kohlenhydratreiche Substanz wird täglich von Spitzhörnchen (*Tupaia montana*) und Gipfelratte (*Rattus baluensis*) gefressen. Während die Tiere das süße Sekret aufnehmen, geben sie häufig Kotbällchen gezielt in die Kanne ab. Man hat gefunden, dass Spitzhörnchen etwa 72 % ihrer Kotbällchen direkt in die Kannen abgeben und nur 28 % außerhalb. Bei der Gipfelratte ist dieses Verhältnis mit 84 % zu 16 % noch deutlicher ausgeprägt.

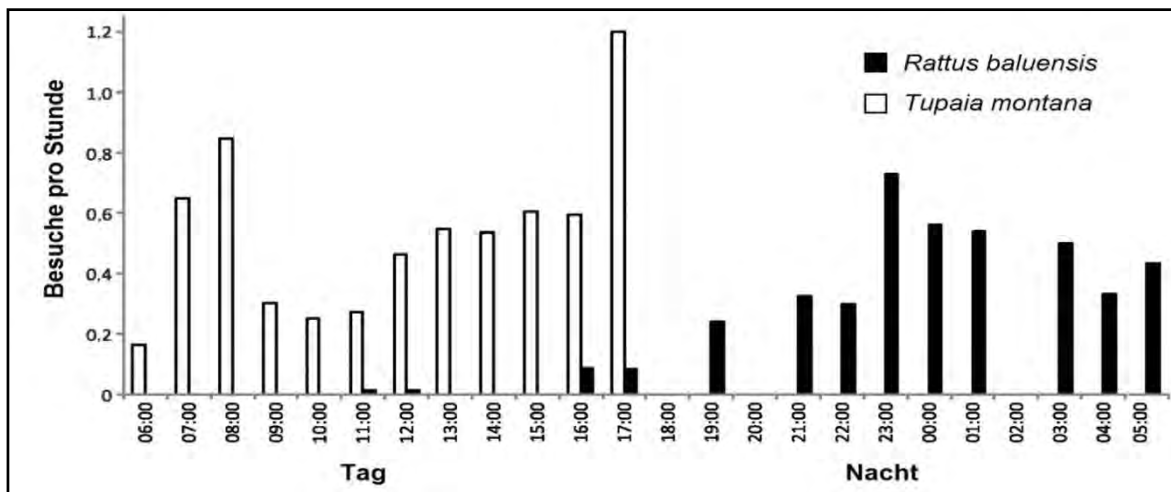


Abbildung 2: Besuche von Kleinsäugetern an einer *Nepenthes rajah*-Pflanze über 24 Stunden

Material C: Die karnivore Ameisenpflanze *Nepenthes bicalcarata*

Nepenthes bicalcarata ist im Tiefland von Nordwest-Borneo die vorherrschende *Nepenthes*-Art. Auffällig ist, dass sich an der Innenseite ihrer Kannen keine Wachskristalle befinden. Die Verdauungsflüssigkeit ist weniger sauer als bei anderen Arten und enthält eine geringere Konzentration an Verdauungsenzymen.

Die Ameisenart *Camponotus schmitzi* lebt ausschließlich auf *Nepenthes bicalcarata*. Sie nistet in Hohlräumen der Pflanze, und im Gegensatz zu anderen Ameisenarten ist sie in der Lage, auf allen Teilen der Kannen mühelos umherzulaufen, ohne abzurutschen. Diese Ameisen decken ihren Kohlenhydratbedarf zum Teil an den zahlreichen Nektardrüsen von *Nepenthes bicalcarata*. Ferner besitzt *Camponotus schmitzi* die außergewöhnliche Fähigkeit, in der Kannenflüssigkeit Futter zu sammeln: Die Ameisen tauchen zu allen Teilen der Kanne. Sobald sie auf ein Beutestück treffen, packen sie es und ziehen es aus der Flüssigkeit. Die Ameisen holen ausschließlich große Beutestücke aus der Flüssigkeit. Dies geschieht je nach Umfang (Größe) des Beutestücks unter Beteiligung mehrerer Ameisen. Unter dem Rand des Peristoms wird es zerlegt und verspeist. Die Überreste sowie Fäkalien lassen sie in die Kanne fallen. Es ist beobachtet worden, wie *Camponotus schmitzi* verhindert, dass andere Besucher wieder aus der Kanne flüchten. So greift sie aus dem Schutz des Peristoms die potenzielle Beute an und stößt die Insekten in die Verdauungsflüssigkeit.



Name: _____

**Material D: Experimentelle Untersuchungen zur Wechselbeziehung
zwischen *Camponotus schmitzi* und *Nepenthes bicalcarata***

Tabelle 1: Experiment A: Lauffähigkeit verschiedener Ameisenarten auf einer vertikalen, flüssigkeitsbenetzten Glasoberfläche während einer Beobachtungszeit von 120 Sekunden (s)

Ameisenart	Anzahl der Ameisen	durchschnittliches Gewicht einer Ameise	erfolgreiche Ameisen	Zeit bis zum Erreichen des Randes	nicht erfolgreiche Ameisen
<i>Crematogaster inflata</i>	12	2,01 mg	10	15,0 s	2
<i>Camponotus schmitzi</i>	10	4,17 mg	10	0,7 s	0
<i>Camponotus spec.</i>	16	8,36 mg	1	16,3 s	15
<i>Oecophylla smaragdina</i>	10	9,25 mg	1	11,0 s	9
<i>Polyrhachis hector</i>	10	32,6 mg	0	–	10

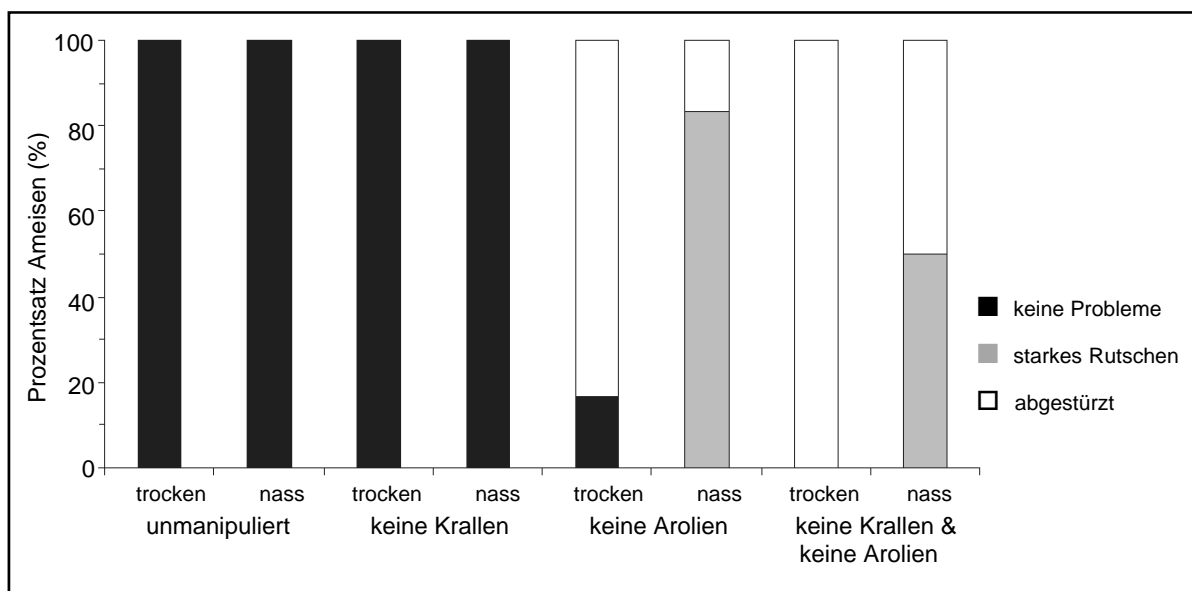


Abbildung 3: Experiment B: Lauffähigkeit von Ameisen der Art *Camponotus schmitzi* auf dem Peristom einer lebenden *Nepenthes bicalcarata*-Kanne. Die Tarsen („Zehenglieder“ der Beine) wurden auf unterschiedliche Weise manipuliert, z. B. durch Entfernung der Krallen oder der als Arolien bezeichneten Haftpolster. Die Lauffähigkeit wurde auf trockenem und nassem Peristom untersucht.

Unterlagen für die Lehrkraft

Abiturprüfung 2013

Biologie, Leistungskurs

1. Aufgabenart

Bearbeitung fachspezifischen Materials mit neuem Informationsgehalt

2. Aufgabenstellung¹

Thema: Ökologie der Kannenpflanzen

- III.1 Skizzieren Sie den Stickstoffkreislauf für ein Ökosystem, nennen Sie die bei Kannenpflanzen zur Sicherstellung der Stickstoffversorgung auftretenden Besonderheiten (Material A) und erklären Sie die Funktion der in der Kannenflüssigkeit nachgewiesenen Enzyme für die Pflanze. (18 Punkte)
- III.2 Werten Sie die Untersuchung zum Zusammenleben von *Nepenthes rajah*, Spitzhörnchen (*Tupaia montana*) und Gipfelratte (*Rattus baluensis*) aus (Material B) und interpretieren Sie die Beziehungen aus ökologischer Sicht. (14 Punkte)
- III.3 Erläutern Sie die Besonderheiten der Lebensgemeinschaft der Kannenpflanze *Nepenthes bicalcarata* und der Ameisenart *Camponotus schmitzi* (Material C). Werten Sie in diesem Kontext die Experimente A und B zur Wechselbeziehung zwischen *Camponotus schmitzi* und *Nepenthes bicalcarata* aus (Material D). (24 Punkte)
- III.4 Stellen Sie, ausgehend von der in Material A dargestellten Form der Lebensweise von Kannenpflanzen, eine Hypothese zur evolutiven Entstehung der in den Materialien B bis D vorgestellten Lebensgemeinschaften auf und erläutern Sie Ihre Hypothese an vier Merkmalen. Bewerten Sie zusammenfassend die Entwicklungsschritte vor dem Hintergrund der speziellen Lebensraumbedingungen der Kannenpflanzen (Material A). (10 Punkte)

¹ Die Aufgabenstellung deckt inhaltlich alle drei Anforderungsbereiche ab.

3. Materialgrundlage

- Material A:
Abbildung 1 verändert nach Rembold 2006
- Material B:
Abbildung 2 verändert nach Greenwood *et al.* 2011
- Material D:
Tabelle 1 verändert nach Bohn 2007
Abbildung 3 aus Bohn 2007
- Rembold, K. (2006). *Zur Ökologie der karnivoren Nepenthes madagascariensis*, Diplomarbeit, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.
- Bohn, H. F. (2007). *Biomechanik von Insekten-Pflanzen-Interaktionen bei Nepenthes-Kannenpflanzen*. Dissertation, Bayerische Julius-Maximilians-Universität, Würzburg.
- Greenwood, M.; Clarke, C.; Lee, C. C.; Gunsalam, A.; Clarke, R. H. (2011). *A Unique Resource Mutualism between the Giant Bornean Pitcher Plant, Nepenthes rajah, and Members of a Small Mammal Community*. Public Library of Science ONE 6(6): e21114.
- Bonhomme, V.; Gounand, I.; Alaux, C.; Jusselin, E.; Barthélémy, D.; Gaume, L. (2011). *The plant-ant Camponotus schmitzi helps its carnivorous host-plant Nepenthes bicalcarata to catch its prey*. Journal of Tropical Ecology 27, 15 – 16 (24)

4. Bezüge zu den Vorgaben 2013

1. Inhaltliche Schwerpunkte

Ökologische Verflechtungen und nachhaltige Nutzung

- 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
- Biogeochemischer Kreislauf am Beispiel des Stickstoffkreislaufs

Evolution der Vielfalt des Lebens in Struktur und Verhalten

- Grundlagen evolutiver Veränderung
 - Genotypische Variabilität von Populationen (keine Modellberechnungen)
- Verhalten, Fitness und Anpassung
 - Fortpflanzungsstrategien (einschließlich Partnerwahl und Paarungssysteme)
- Art und Artbildung

2. Medien/Materialien

- entfällt

5. Zugelassene Hilfsmittel

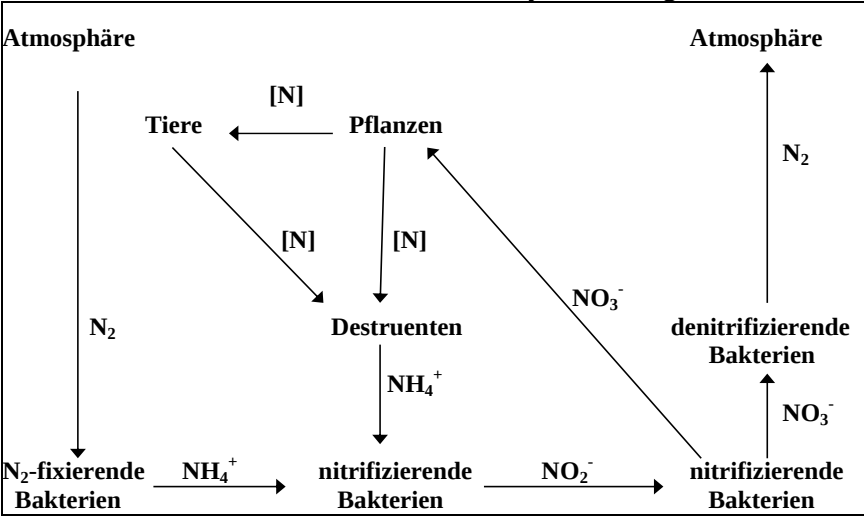
- Wörterbuch zur deutschen Rechtschreibung

6. Vorgaben für die Bewertung der Schülerleistungen

Teilleistungen – Kriterien

a) inhaltliche Leistung

Teilaufgabe III.1

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
Der Prüfling		
1	<p>skizziert den Stickstoffkreislauf für ein Ökosystem, sinngemäß:</p>  <p>Legende: [N] bezeichnet organisch gebundenen Stickstoff.</p>	10
2	<p>nennt die bei Kannenpflanzen zur Sicherstellung der Stickstoffversorgung auftretenden Besonderheiten (Material A), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aufnehmen und Verdauen von Gliederfüßern, • zu Kannen umgebildete Blätter, • auffällig gefärbter Deckel und Kannenrand (Peristom), • Nektardrüsen am Kannenrand, • sehr glatte Wachskristalle an der inneren Kannenwand, • die Oberflächenspannung herabsetzende Stoffe in der Kannenflüssigkeit, • Enzyme in der Kannenflüssigkeit. 	4
3	<p>erklärt die Funktion der in der Kannenflüssigkeit nachgewiesenen Enzyme für die Pflanze, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Enzyme katalysieren den Abbau verschiedener Bestandteile der Beutetiere zu für die Kannenpflanze verwertbaren Bausteinen. • Bei Peptiden und Nukleinsäuren handelt es sich um stickstoffhaltige Metaboliten, aus denen die Kannenpflanze Stickstoffverbindungen gewinnen kann. <p><i>(Die Einordnung von Chitin in die stickstoffhaltigen Metaboliten wird nicht vorausgesetzt und stellt ggf. ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium dar.)</i></p>	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.2

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>wertet die Untersuchung zum Zusammenleben von <i>Nepenthes rajah</i>, Spitzhörnchen (<i>Tupaia montana</i>) und Gipfelratte (<i>Rattus baluensis</i>) aus (Material B), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Kannenpflanze produziert ein kohlenhydratreiches Sekret, das von Drüsen an der Unterseite des Kannendeckels sezerniert wird. Kleinsäuger (Spitzhörnchen, Gipfelratte) fressen vom Sekret und sondern dabei oft Kotbällchen in die Kanne der Kannenpflanze ab. • Das Spitzhörnchen kommt tagsüber zur Kannenpflanze. Von 06.00 Uhr bis 17.00 Uhr werden kontinuierlich Besuche registriert, wobei gehäufte Besuche zwischen 07.00 und 08.00 Uhr sowie am Nachmittag um 17.00 Uhr auftreten. • Die Gipfelratte besucht die Kannenpflanze hauptsächlich in der Nacht zwischen 19.00 und 05.00 Uhr. Dabei sind nicht zu allen Messzeiten Besucher registriert worden, ferner finden sich vereinzelt Besuche um 11.00 und um 12.00 Uhr sowie um 16.00 Uhr und um 17.00 Uhr. 	6
2	<p>interpretiert die Beziehungen aus ökologischer Sicht, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gipfelratte und Spitzhörnchen stehen in interspezifischer Konkurrenz um die gleiche Nahrungsressource, das kohlenhydratreiche Sekret von <i>Nepenthes rajah</i>. • Die direkte Konkurrenz wird durch zeitlich unterschiedliche Nahrungsaufnahme (tagaktiv/nachaktiv) vermieden, eine leichte zeitliche Überlappung tritt zwischen 16.00 und 17.00 Uhr auf. Die ökologischen Nischen beider Arten sind somit nicht identisch. • Diese Konkurrenzvermeidung trägt dazu bei, dass Gipfelratte und Spitzhörnchen im selben Biotop existieren können. 	4
3	<p>interpretiert die Beziehungen aus ökologischer Sicht, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Nepenthes rajah</i> und beide Kleinsäugerarten profitieren von der Gemeinschaft. • Die Kannenpflanze erhält auf diese Weise nicht nur tagsüber, sondern auch nachts aus den fäkalen Ausscheidungen der Kleinsäuger wichtige Mineralstoffe, die Kleinsäuger erhalten von der Kannenpflanze kohlenhydratreiche Nahrung. • Es handelt sich bei den interspezifischen Beziehungen Kannenpflanze/Spitzhörnchen und Kannenpflanze/Gipfelratte um Lebensgemeinschaften zum gegenseitigen Vorteil (Symbiose, Mutualismus). 	4
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.3

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>erläutert die Besonderheiten der Lebensgemeinschaft der Kannenpflanze <i>Nepenthes bicalcarata</i> und der Ameisenart <i>Camponotus schmitzi</i> (Material C), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Ameise profitiert von den Anlockungsmechanismen der Kannenpflanze und nutzt die von der Pflanze gefangenen Insekten als Nahrung. • <i>Camponotus schmitzi</i> nutzt die Pflanze als Schutz- und Nistraum sowie den Nektar als kohlenhydratreiche Nahrung. • Bei Anwesenheit von <i>Camponotus schmitzi</i> erbeutet die Kannenpflanze mehr Insekten, da die Ameise eine Flucht der Beutetiere aus der Kanne verhindert. • <i>Nepenthes bicalcarata</i> nutzt Nahrungsüberreste und Fäkalien der Ameise als Mineralstoffquelle. • Der Pflanze entstehen energetische Kosten für die Nektarproduktion, dem stehen Einsparungen bei der Produktion von Wachskristallen und Verdauungsenzymen gegenüber. • Die Wechselbeziehung von <i>Nepenthes bicalcarata</i> und <i>Camponotus schmitzi</i> stellt eine Lebensgemeinschaft zum beiderseitigen Vorteil (Symbiose, Mutualismus) dar. (Zur Vergabe der vollen Punktzahl muss die Wechselbeziehung als Symbiose oder Mutualismus erkannt werden.) 	8
2	<p>wertet das Experiment A zur Wechselbeziehung zwischen <i>Camponotus schmitzi</i> und <i>Nepenthes bicalcarata</i> aus (Material D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Ameisenarten unterscheiden sich stark in ihrem Gewicht (2,01 mg bis 32,6 mg); <i>Camponotus schmitzi</i> gehört zu den leichten Ameisen (4,17 mg). • Während bei den leichten Ameisen (<i>Crematogaster inflata</i> und <i>Camponotus schmitzi</i>) die meisten Tiere erfolgreich sind (10 von 12 bzw. alle), gelingt es den schweren Ameisen (<i>Camponotus spec.</i> und <i>Oecophylla smaragdina</i>) kaum, auf der vertikalen, flüssigkeitsbenetzten Glasoberfläche zu laufen (1 von 16 bzw. 1 von 10). Die sehr schweren <i>Polyrhachis Hector</i>-Ameisen können nicht auf der Glasfläche laufen. • Während die meisten Ameisen, die den Rand der Glasfläche erreichen, hierzu 11,0 s bis 16,3 s benötigen, erreichen die <i>Camponotus schmitzi</i>-Ameisen den Rand bereits in 0,7 s, also deutlich schneller. • <i>Camponotus schmitzi</i> ist u. a. durch ihr geringes Gewicht an das Leben auf <i>Nepenthes bicalcarata</i> angepasst. 	7
3	<p>wertet das Experiment A zur Wechselbeziehung zwischen <i>Camponotus schmitzi</i> und <i>Nepenthes bicalcarata</i> aus (Material D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trotz eines noch geringeren Gewichts als <i>Camponotus schmitzi</i> benötigt <i>Crematogaster inflata</i> etwa 20-mal so lange, um zum Rand der Glasfläche zu gelangen. • Das Gewicht allein erklärt die Anpasstheit an das Leben auf <i>Nepenthes bicalcarata</i> nicht, <i>Camponotus schmitzi</i> muss über weitere Anpasstheiten verfügen. 	2
4	<p>wertet das Experiment B zur Wechselbeziehung zwischen <i>Camponotus schmitzi</i> und <i>Nepenthes bicalcarata</i> aus (Material D), z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrollgruppe (unmanipuliert) und ohne Krallen: keine Probleme. • Ohne Arolien: Auf trockenem Peristom stürzen etwa 83 % der Ameisen ab, auf nassem Peristom etwa 17 %, die übrigen rutschen auf nassem Peristom stark. • Ohne Arolien und Krallen: Auf trockenem Peristom stürzen alle Ameisen ab, auf nassem Peristom etwa 50 %, die übrigen rutschen auf nassem Peristom stark. • Die Krallen sind allein keine notwendige Voraussetzung für die Lauffähigkeit; dagegen führt die Entfernung der Arolien zu einem starken Einbruch der Lauffähigkeit auf nassem wie auf trockenem Peristom. Bei Entfernung von Arolien und Krallen wird der beim Fehlen der Arolien beobachtete Effekt weiter verstärkt. • Hauptsächlich sind die Arolien für die Anpasstheit der Ameisenart <i>Camponotus schmitzi</i> an das Leben auf <i>Nepenthes bicalcarata</i> verantwortlich, die Krallen vermögen bei fehlenden Arolien einen Teil der Haftwirkung zu kompensieren. 	7
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

Teilaufgabe III.4

	Anforderungen	maximal erreichbare Punktzahl
	Der Prüfling	
1	<p>stellt, ausgehend von der in Material A dargestellten Form der Lebensweise von Kannenpflanzen, eine Hypothese zur evolutiven Entstehung in den Materialien B bis D vorgestellten Lebensgemeinschaften auf, sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spontane Mutationen, die sich in vorteilhafteren Anpassungen äußern, führen zu erhöhter Fitness ihrer Träger (Selektionsvorteil) und in der Folge zur Anreicherung dieser Allele im Genpool der Population. • Ein paralleler Prozess läuft beim anderen Partner in der Lebensgemeinschaft ab. • Hier liegen jeweils wechselseitig verzahnte Anpassungen vor, die vermutlich durch Koevolution entstanden sind. <p><i>(Vergleichbare Herleitungen sind zu akzeptieren.)</i></p>	4
2	<p>erläutert seine Hypothese an 4 Merkmalen, z. B.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stoffwechsel von <i>Nepenthes rajah</i> und <i>Nepenthes bicalcarata</i>, da größere Mengen eines kohlenhydratreichen Sekrets hergestellt und sezerniert werden. • Verhalten von Spitzhörnchen und Gipfelratte, da das gezielte Absetzen von Kotbällchen in die Kanne hinein eine neue, für die Kannenpflanze vorteilhafte Verhaltensweise darstellt. • Stoffwechsel von <i>Nepenthes bicalcarata</i>, da geringere Mengen an Verdauungsenzymen hergestellt und sezerniert werden. • Morphologie von <i>Camponotus schmitzi</i>, da ein Schutz gegenüber den Verdauungsenzymen in der Kannenflüssigkeit vorliegen muss. • Verhalten von <i>Camponotus schmitzi</i>, da das Tauchen nach Beute in der Kannenflüssigkeit eine neue, vorteilhafte Verhaltensweise darstellt. <p><i>(Für die Vergabe der vollen Punktzahl werden vier Aspekte erwartet; dies können auch andere aus dem Material ableitbare Aspekte sein.)</i></p>	4
3	<p>bewertet zusammenfassend die Entwicklungsschritte vor dem Hintergrund der speziellen Lebensraumbedingungen der Kannenpflanzen (Material A), sinngemäß:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alle Entwicklungsschritte führen durch die dauerhafte Lebensgemeinschaft zu einer besseren Anpassung der Kannenpflanzen <i>Nepenthes rajah</i> und <i>Nepenthes bicalcarata</i> an den mineralstoffarmen Boden ihres Lebensraums und machen sie so konkurrenzstärker im Vergleich zu anderen Pflanzen. 	2
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium. (2)	

b) Darstellungsleistung

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

7. Bewertungsbogen zur Prüfungsarbeit

Name des Prüflings: _____ Kursbezeichnung: _____

Schule: _____

Teilaufgabe III.1

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK ²	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	skizziert den Stickstoffkreislauf ...	10			
2	nennt die bei ...	4			
3	erklärt die Funktion ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.1 Teilaufgabe	18			

Teilaufgabe III.2

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	wertet die Untersuchung ...	6			
2	interpretiert die Beziehungen ...	4			
3	interpretiert die Beziehungen ...	4			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.2 Teilaufgabe	14			

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

Teilaufgabe III.3

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	erläutert die Besonderheiten ...	8			
2	wertet das Experiment ...	7			
3	wertet das Experiment ...	2			
4	wertet das Experiment ...	7			
5	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe II.3 Teilaufgabe	24			

Teilaufgabe III.4

	Anforderungen	Lösungsqualität			
		maximal erreichbare Punktzahl	EK	ZK	DK
	Der Prüfling				
1	stellt, ausgehend von ...	4			
2	erläutert seine Hypothese ...	4			
3	bewertet zusammenfassend die ...	2			
4	erfüllt ein weiteres aufgabenbezogenes Kriterium: (2)				
	Summe III.4 Teilaufgabe	10			
	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