

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule, Jugend und Berufsbildung
Amt für Schule

Abituraufgaben im Fach

Biologie

Hinweise und Beispiele zur schriftlichen und mündlichen Prüfung

Referat Mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht
Referatsleitung: Werner Renz, S 13/2

Fachreferent Biologie Herbert Hollmann, S 13/22

Autoren Wolf-Dieter Blass, Institut für Lehrerfortbildung
 Thomas Brunner, Walddörfer-Gymnasium
 Thomas Hagemann, Max-Brauer-Schule

Hamburg 2001

Inhaltsverzeichnis

VORWORT.....	3
1 DAS SCHRIFTLICHE ABITUR.....	4
1.1 ALLGEMEINE HINWEISE.....	4
1.2 FORMALE ANFORDERUNGEN.....	5
1.3 INHALTLICHE ANFORDERUNGEN.....	5
1.4 ANFORDERUNGSBEREICHE IM FACH BIOLOGIE.....	6
1.5 BEWERTUNGSKRITERIEN.....	8
1.6 UNTERSCHIEDUNG VON GRUND- UND LEISTUNGSKURSAUFGABEN.....	9
1.7 CHECKLISTE.....	9
2 DAS MÜNDLICHE ABITUR.....	12
2.1 ALLGEMEINE HINWEISE.....	12
2.2 FORMALE UND INHALTLICHE ANFORDERUNGEN.....	12
2.3 BEWERTUNGSKRITERIEN.....	13
3 MUSTERAUFGABEN FÜR DAS ABITUR.....	14
3.1 ALLGEMEINE BEMERKUNGEN ZU DEN MUSTERAUFGABEN.....	14
3.2 AUFGABEN FÜR DIE SCHRIFTLICHE PRÜFUNG IM LEISTUNGSKURS.....	15
<i>Aufgabe 1: <u>Hox-Gene</u></i>	15
<i>Aufgabe 2: <u>Die Amerikanische Schabe</u></i>	18
<i>Aufgabe 3: <u>Beutelfrösche</u></i>	23
<i>Aufgabe 4: <u>Neotenie</u></i>	28
<i>Aufgabe 5: <u>Monokulturen</u></i>	33
<i>Aufgabe 6: <u>Tiefsee</u></i>	38
3.3 AUFGABEN FÜR DIE SCHRIFTLICHE PRÜFUNG IM GRUNDKURS.....	43
<i>Aufgabe 7: <u>Der Pandabär</u></i>	43
<i>Aufgabe 8: <u>Enzymstörungen</u></i>	46
<i>Aufgabe 9: <u>Beutelfrösche</u></i>	49
<i>Aufgabe 10: <u>Monokulturen</u></i>	53
<i>Aufgabe 11: <u>Tiefsee</u></i>	56
3.4 AUFGABEN FÜR DIE MÜNDLICHE PRÜFUNG.....	60
<i>Aufgabe 12: <u>Biotop Kiesgrube</u></i>	60
<i>Aufgabe 13: <u>Giftgrün</u></i>	63
<i>Aufgabe 14: <u>Nahrung und Intelligenz</u></i>	65

Vorwort

Sehr geehrte Kollegin,
sehr geehrter Kollege,

die Erfahrungen aus den letzten Abiturjahrgängen weisen einen überwiegend zufriedenstellenden Anspruch im Hinblick auf die Vergleichbarkeit und Angemessenheit bei den Abituraufgabenvorschlägen aus.

Die Rahmenbedingungen bei der Aufgabenerstellung und Aufgabenprüfung erfordern einen kollegialen Umgang der Beteiligten miteinander im Dienste der Sache. Die damit verbundene behördliche Überprüfung der Aufgabenvorschläge versteht sich so eher als kollegiale Beratung. Das Gespräch zwischen Aufgabenstellerin und Aufgabensteller und Themenprüferin bzw. Themenprüfer dient der sachlichen Klärung und als Hinweis, worauf man künftig besonders achten sollte.

Mit der Neufassung der Ausbildungs- und Prüfungsordnung der gymnasialen Oberstufe (APOgyO) und der entsprechenden Ausführungsvorschriften besteht eine neue Rechtsgrundlage für die Abiturprüfung. Die Aufgaben sollen ein breites Spektrum dessen wiederspiegeln, was die Schülerinnen und Schüler an Fachwissen sowie an fachlichen Qualifikationen im vorhergehenden Unterricht erworben haben. Zukünftig müssen sich die Aufgaben auf drei Sachgebiete beziehen, deren Umfang jeweils dem Unterricht etwa eines Halbjahres der Studienstufe entspricht. Dabei muss jede der Aufgaben sachgebietsübergreifende Aspekte enthalten.

Die anliegenden Aufgabenbeispiele sollen dazu Anregungen geben. Sie wurden aus Aufgaben entwickelt, die Kolleginnen und Kollegen als gute Beispiele eingeschätzt haben. Sie haben Stärken und Schwächen, berücksichtigen aber die oben genannte neue Vorgabe. Die Auseinandersetzung mit ihnen sollte die Diskussion um die Konstruktion künftiger Abituraufgabenvorschläge erleichtern und beleben.

Ich hoffe, dass diese Sammlung Ihnen bei der Gestaltung von Aufgabenstellungen hilfreich ist.

Mit freundlichem Gruß

Herbert Hollmann

1 Das schriftliche Abitur

1.1 Allgemeine Hinweise

Um formalen und inhaltlichen Unzulänglichkeiten vorzubeugen, ist es für alle an der Abiturprüfung Beteiligten hilfreich und sinnvoll, auf bestimmte "Selbstverständlichkeiten" zu achten.

Im offiziellen Sprachgebrauch heißt das,

- was der Aufgabensteller einreicht, **Aufgabenvorschlag**,
- was die Schülerin bzw. der Schüler zu bearbeiten hat, **Aufgabe**,
- was eine Aufgabe gliedert, **Teilaufgabe**.

In Bezug auf die Aufgabenstellung bedeutet dies,

- gründlich durchdachte, klar formulierte und übersichtlich geschriebene Aufgaben sowie entsprechend gut aufbereitetes Arbeitsmaterial,
- angemessene Anforderungen im Hinblick auf die unterrichtlichen Voraussetzungen
- sinnvoll geordnete, formal einwandfreie und inhaltlich nachvollziehbare Aufgaben.

Die APOgyO und ihre jeweils geltenden Ausführungsbestimmungen regeln die Auflagen, die der von den Referentinnen bzw. den Referenten einzureichende Aufgabenvorschlag erfüllen muss.

Die wichtigsten formalen und inhaltlichen Anforderungen sowie die Aussagen zu den Anforderungsbereichen im Fach Biologie sind im Folgenden zusammengestellt.

Allgemein ist zu beachten :

Eine Aufgabe für die schriftliche Abiturprüfung soll sich auf alle drei weiter unten beschriebene Anforderungsbereiche erstrecken. Die Aufgabe für das Grundkursfach wie für das Leistungskursfach erreicht dann ein angemessenes Niveau, wenn das Schwergewicht der zu erbringenden Prüfungsleistungen im Anforderungsbereich II liegt und daneben die Anforderungsbereiche I und III berücksichtigt werden, und zwar Anforderungsbereich I in deutlich höherem Maße als Anforderungsbereich III.

Die Angaben zur erwarteten Schülerleistung (Erwartungshorizont) sollen Zielrichtung und wichtige inhaltliche Lösungen für die Mitglieder des Prüfungsausschusses und die Themenprüferinnen bzw. Themenprüfer nachvollziehbar machen. Dies kann in Form kurzer Texte oder auch stichwortartig geschehen, muss sich aber konkret auf die betreffende Aufgabe bzw. Teilaufgabe beziehen. Die Anforderungsbereiche und die Gewichtung der einzelnen Teilaufgaben sind anzugeben.

Die Arbeitszeit beträgt für Leistungskurse fünf Zeitstunden, für Grundkurse vier Zeitstunden. Bei Aufgaben mit überwiegend praktischem oder experimentellem Teil kann eine Verlängerung der Arbeitszeit bis zu einer Stunde vorgesehen werden.

Die Arbeitszeit beginnt nach der Bekanntgabe der Aufgabenstellung, zu der das Lesen der Aufgaben sowie des dazugehörigen Materials durch den Prüfling bzw. das Vorlesen durch die Lehrerin oder den Lehrer und gegebenenfalls das Vorführen von Experimenten oder von Bild- und Tonmaterial gehört. Die Bekanntgabe der Aufgabenstellung darf eine halbe Stunde nicht überschreiten.

1.2 Formale Anforderungen

Ein Aufgabenvorschlag umfasst vier Aufgaben, die in Teilaufgaben untergliedert sind. Die Aufgaben sind den Fachkolleginnen und Fachkollegen in parallelen Kursen bekannt, mit der Korreferentin bzw. dem Korreferenten abgestimmt und auf inhaltliche sowie Ausdrucks- und formale Fehler (Rechtschreibung, Zeichensetzung und Grammatik) hin überprüft. Die Aufgaben sind in einer gut lesbaren und übersichtlichen Form abgefasst. Dies schließt auch die Materialien (z.B. Abbildungen, Grafiken und Texte) ein.

Für sämtliche Materialien zur Aufgabenstellung ist eine Quellenangabe (auf dem Aufgabenblatt oder im Erwartungshorizont) vermerkt.

Der Aufgabenvorschlag enthält zu den Aufgaben die Angabe der jeweiligen Semester und ihrer Themen sowie davon abweichende Kurzbezeichnungen der Aufgaben. Eventuell vorgesehene Hilfen und Hilfsmittel sind angegeben.

Die Hinweise zu den unterrichtlichen Voraussetzungen erläutern kurz den Unterrichtsgang im Semester mit speziellem Bezug zur vorliegenden Aufgabe und begründen die Zuordnung der erwarteten Schülerleistungen zu den einzelnen Anforderungsbereichen; die im Kurs verwendeten Lernbücher sind angegeben.

Die Angabe der erwarteten Schülerleistung ist analog zur Aufgabenstellung in Teilaufgaben untergliedert, weist die anteilige Zuordnung zu den drei Anforderungsbereichen und die Gewichtung der Teilaufgabe aus.

Es werden die jeweils gültigen Formulare verwendet. Name und fakultativ die Telefonnummer der Referentin bzw. des Referenten sind vermerkt. Die Nummerierung der Aufgaben stimmt mit der Nummerierung auf dem Vorsatzblatt überein.

1.3 Inhaltliche Anforderungen

Grundlage für die Abiturprüfung sind die folgenden Sachgebiete und Prüfungsbereiche, soweit sie Inhalte des Unterrichts waren:

- Genetik
- Ökologie und Umweltschutz
- Evolutionslehre
- Physiologie
- Verhaltenslehre
- Fortpflanzung und Entwicklung
- ein weiteres Sachgebiet

Der Aufgabenvorschlag spiegelt ein breites Spektrum dessen wider, was die Schülerinnen und Schüler an Fachwissen sowie an fachlichen Qualifikationen im vorhergehenden Unterricht erworben haben. Dies sollte auch an den einzelnen Arbeitsaufträgen deutlich werden (einen Sachverhalt wiedergeben, etwas anwenden auf, skizzieren, erläutern, berechnen, übertragen auf, vergleichen mit, herleiten aus usw.).

Jede einzelne Aufgabe ermöglicht Leistungen in den Anforderungsbereichen I, II und III mit einem Schwerpunkt im Anforderungsbereich II (s. u.).

Die eingereichten Aufgaben dürfen in den beiden Vorjahren nicht Gegenstand des schriftlichen Abiturs an der betreffenden Schule gewesen sein. Die Aufgaben wurden weder im Unterricht der betreffenden Kurse bereits soweit behandelt noch stehen sie einer bereits bearbeiteten Aufgabe so nahe, dass ihre Lösung keine selbstständige Leistung mehr darstellt.

Die Hinweise zu den unterrichtlichen Voraussetzungen begründen die Zuordnung der erwarteten Leistungen zu den Anforderungsbereichen. Dazu kann die Darstellung des Unterrichtsganges erforderlich sein. Die Hinweise enthalten auch Angaben über die verwendeten Lehr- und Lernbücher sowie gegebenenfalls Bemerkungen über Besonderheiten der Lerngruppe.

Der einzureichende Aufgabenvorschlag enthält vier voneinander unabhängige gleich gewichtige Aufgaben aus drei im Unterricht behandelten Sachgebieten, deren Umfang dem Unterricht jeweils etwa eines Halbjahres der Studienstufe entspricht.

Jede der Aufgaben muss sachgebietsübergreifende Aspekte enthalten. Dabei werden so viele Teilgebiete der betreffenden Semesterthemen abgedeckt, dass dem Amt für Schule eine echte Auswahl für einen Streichvorschlag ermöglicht wird.

Jede Aufgabe ist in Teilaufgaben gegliedert, die in einem inneren Zusammenhang stehen und möglichst unabhängig voneinander bearbeitet werden können.

Die Aufgaben enthalten vollständige Quellenangaben (ggf. auch Sekundärquellen) zu den Materialien. Etwaige Veränderungen gegenüber den Originalquellen sind vermerkt.

Aus der Aufgabenstellung sind Art und Umfang der geforderten Leistung klar erkennbar. Die Selbständigkeit der Bearbeitung wird durch die Art der Aufgabenstellung unterstützt. Die Angaben zur erwarteten Schülerleistung enthalten - für jede Teilaufgabe gesondert - einen skizzierten Lösungsweg und die erwartete Antwort. Die Zuordnungen der Anforderungsbereiche zu den Teilaufgaben sind nachvollziehbar.

Den Prüflingen werden drei Aufgaben vorgelegt, die sie alle zu bearbeiten haben. Dies bedeutet, dass die Bearbeitungszeit pro Aufgabe im Leistungskurs 100 Minuten, im Grundkurs 80 Minuten beträgt.

1.4 Anforderungsbereiche im Fach Biologie

Die Anforderungsbereiche dienen als Hilfsmittel, um die Aufgabenstellung und die Bewertung durchschaubar und besser vergleichbar zu machen. Die Anforderungen unterscheiden sich vor allem im Grad der Selbstständigkeit bei der Bearbeitung der Aufgaben.

Bei der Aufgabenstellung wird jede im Rahmen eines Arbeitsauftrages erwartete Leistung auf die drei Anforderungsbereiche bezogen. Dieser Bezug ist vom vorangegangenen Unterricht abhängig.

Fachspezifische Beschreibung der Anforderungsbereiche

Anforderungsbereich I

Der Anforderungsbereich I umfasst

- die Wiedergabe von Sachverhalten (z.B. Daten, Fakten, Regeln, Formeln, Aussagen) aus einem abgegrenzten Gebiet im gelernten Zusammenhang,
- die Beschreibung und Verwendung gelernter und geübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen in einem begrenzten Gebiet und in einem wiederholenden Zusammenhang.

Beispiele hierfür sind:

- Wiedergeben einer im Unterricht behandelten Definition (*"Definieren Sie den Begriff Homologie!"*)
- Darstellen einer aus dem Unterricht bekannten Formel (*"Stellen Sie die Gesamtbilanz der Photosynthese formelmäßig dar!"*)
- Beschreiben eines Graphen (*"Beschreiben Sie die Entwicklung des Phosphatgehaltes im Bodensee anhand des Materials 2!"*)
- Beschreiben von Experimenten
- Aufstellen von Stammbäumen nach gegebenem Text
- Auswerten von Karyogrammen
- Fachsprachliches Umsetzen von Daten, Tabellen oder Abbildungen

Anforderungsbereich II

Der Anforderungsbereich II umfasst

- selbstständiges Auswählen, Anordnen, Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang,
- selbstständiges Übertragen des Gelernten auf vergleichbare neue Situationen, wobei es entweder um veränderte Fragestellungen oder um veränderte Sachzusammenhänge oder um abgewandelte Verfahrensweisen gehen kann.

Beispiele hierfür sind:

- Zuordnen und Ergänzen der Aussagen eines Textes zu einem Graphen (*"Setzen Sie die Kurve zum Phosphatgehalt des Bodensees in Zusammenhang mit dem Text über die industrielle Entwicklung dieser Region!"*)
- Bewerten von Versuchsergebnissen nach bekannten Arbeitsmethoden (*"Werten Sie Tabelle 1 mit den Daten der Wasserprobe der Wandse hinsichtlich der Gewässergüte aus!"*)
- Ermitteln quantitativer Aussagen in Populationen oder Erbgängen (*"Ermitteln Sie die Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Rot-Grün-Blindheit für die Söhne der Personen 12 und 13!"*)
- Anfertigen einer Zeichnung eines experimentell behandelten Sachzusammenhanges
- Begründete Angabe von Genotypen in Stammbäumen
- Beschreiben der Planung eines Versuches (z.B. zum Erstellen eines Chromatogramms oder zum Nachweis einer angeborenen Verhaltensweise), der in dieser Form nicht im Unterricht behandelt wurde
- Übertragen von kybernetischen Modellen auf ökologische Systeme
- Erörtern von vorher nicht bekannten Versuchsergebnissen

Anforderungsbereich III

Der Anforderungsbereich III umfasst planmäßiges Verarbeiten komplexer Gegebenheiten mit dem Ziel, zu selbstständigen Gestaltungen bzw. Deutungen, Folgerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen. Dabei werden aus den gelernten Denkmethoden bzw. Lösungsverfahren die zur Bewältigung der Aufgaben geeigneten selbstständig ausgewählt und einer neuen Problemstellung angepasst.

Beispiele hierfür sind:

- Selbstständiges Entwickeln von Arbeitshypothesen aus Ergebnissen mehrerer Experimente (*"Arbeiten Sie begründend diejenigen Kurvenverläufe der Graphiken II und III heraus, die sich ergeben würden, wenn der Ionenausstrom ein reiner Diffusionsvorgang wäre!"*)
- Planmäßiges Auswählen und Entwickeln einer geeigneten Untersuchungsmethode oder eines Heilverfahrens (*"Machen Sie zwei ausführlich begründete Vorschläge zur grundsätzlichen Heilung oder zumindest zur deutlichen Linderung der Symptome der Mukoviszidose!"*)
- Methodenkritisches Erörtern von verwendeten Arbeitsverfahren (*"Stellen Sie dar, inwieweit die in vitro Versuche auf die Vorgänge im lebenden Organismus übertragbar sind und welche Parameter im Reagenzglasversuch keine Beachtung gefunden haben!"*)
- Entwickeln einer Arbeitshypothese aufgrund eines Gedankenexperimentes mit neuer Problemstellung
- Entwickeln eines Pfeildiagramms aus vorgegebenen Befunden
- Erarbeiten der ökologischen Bedeutung von morphologischen und physiologischen Gegebenheiten

1.5 Beurteilungskriterien

Die Beurteilung der vom Prüfling erbrachten Prüfungsleistung erfolgt unter Bezug auf die von der Aufgabenstellerin bzw. vom Aufgabensteller beschriebene erwartete Gesamtleistung. Da jede Prüfungsaufgabe in mehrere voneinander unabhängige Teile gegliedert ist, ist es notwendig, für diese Teile den jeweiligen Anteil an der erwarteten Gesamtleistung anzugeben.

Die vier eingereichten Aufgaben sind dabei aber grundsätzlich als gleichwertig anzusehen.

Neben der rein inhaltlichen Richtigkeit in der Darstellung biologischer Zusammenhänge sind auch die Anwendung der Fachsprache und die Schlüssigkeit in den Argumentationen wichtige Bewertungskriterien.

Eine mangelhafte Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen oder falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text sind als fachliche Fehler zu werten.

Darüber hinaus sind schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit oder gegen die äußere Form zu bewerten. Dies kann zu einem Abzug von bis zu drei Punkten von der Gesamtnote führen.

Die Note "ausreichend" soll nur erteilt werden, wenn der Prüfling annähernd die Hälfte (mindestens vier Zehntel) der erwarteten Gesamtleistung erbracht hat. Oberhalb und unterhalb dieser Schwelle sollen die Anteile der erwarteten Gesamtleistung den einzelnen Notenstufen jeweils ungefähr linear zugeordnet werden, um zu sichern, dass mit der Bewertung die gesamte Breite der Skala ausgeschöpft werden kann.

1.6 Unterscheidung von Grund- und Leistungskursaufgaben

Bei der Aufgabenerstellung müssen die Unterschiede zwischen den Anforderungen in einem Grundkurs und in einem Leistungskurs Berücksichtigung finden. Dies drückt sich schon in der unterschiedlichen Bearbeitungszeit im schriftlichen Abitur aus (Grundkurs 80 Minuten pro Aufgabe, Leistungskurs 100 Minuten pro Aufgabe). Es darf aber nicht so sein, dass Grundkursaufgaben nur um eine oder zwei Teilaufgaben reduzierte Leistungskursaufgaben sind.

Zu berücksichtigen ist die Tatsache, dass im Leistungskurs der Unterricht zwei Wochenstunden mehr beträgt und so inhaltlich tiefergehend sein muss und methodisch anders geartet sein kann als im Grundkurs. Dies muss sich in den Aufgaben widerspiegeln, sodass im Leistungskurs z.B. formale Ableitungen oder Rechnungen umfangreicher sein sollten als im Grundkurs.

Im Einzelnen zeichnen sich Leistungskurs- gegenüber Grundkursaufgaben aus durch:

- umfangreicheres, komplexeres Material, das ausgewertet werden muss
- selbstständig zu erstellende Graphen an Hand des gegebenen Arbeitsmaterials und deren auswertende Begründung (während Grundkursaufgaben in der Regel die Graphen zur Auswertung mit dem Material beinhalten)
- kritische Reflexion gelernter Modellvorstellungen an Hand des gegebenen Arbeitsmaterials
- geringere Kleinschrittigkeit der Teilaufgaben und somit die Notwendigkeit die Lösungsansätze selbstständig zu strukturieren
- die Forderung nach differenzierter Problembewältigung, d.h. dass verschiedene mögliche Lösungsansätze genannt und bewertet werden müssen

Grundsätzlich gelten aber die identischen formalen, inhaltlichen und Bewertungskriterien.

1.7 Checkliste

Allgemeiner Teil

Die Aufgaben

- sind den Prüflingen unbekannt und den Schülerinnen und Schülern der Schule in den schriftlichen Abiturprüfungen der letzten beiden Jahre nicht vorgelegt worden.
- wurden weder im Unterricht behandelt noch stehen sie einer bearbeiteten Aufgabe so nahe, dass ihre Lösung keine selbstständige Leistung mehr darstellt.
- beziehen sich jeweils sachgebietsübergreifend auf zwei Halbjahre der Studienstufe; Aufgaben aus den selben Sachgebieten haben deutlich unterschiedliche thematische Schwerpunkte. Der gesamte Aufgabenvorschlag bezieht sich auf drei Halbjahre der Studienstufe.
- ermöglichen Leistungen in allen drei Anforderungsbereichen.

Die Materialien zu den Aufgaben

- sind in der technischen Wiedergabe einwandfrei und gut lesbar.
- sind durchnummeriert, wenn zu einer Aufgabe mehrere Materialien gehören; längere Texte sind mit Zeilennummern versehen.

- sind mit einer vollständigen Quellenangabe (ggf. auch Sekundärquelle) versehen (es kann bei den Schülerexemplaren darauf verzichtet werden).
- lassen Veränderungen und Kürzungen erkennen (ggf. Original als Anlage).

Die Vorsatzblätter und Anlagen enthalten

- Angaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen, die eine Einschätzung des Zusammenhangs von Unterricht und Aufgabe ermöglichen (wichtig sind nicht Vollständigkeit im Detail oder allgemeine Hinweise auf den Lehrplan; wichtig ist, dass die Anforderungen der Aufgabe und der Grad der Selbstständigkeit vor dem unterrichtlichen Hintergrund – z.B. Vorkenntnisse – beurteilt werden können).
- Angaben zu den erwarteten Leistungen mit Bezug zu den drei Anforderungsbereichen und ggf. zu den Bewertungskriterien.
- eine fortlaufende Nummer der Aufgabe, die mit der Nummer auf den Aufgabenblättern übereinstimmt.
- an der Stelle „Aufgabe (Kurzbezeichnung)“ eine prägnante Benennung des Gegenstandes der Aufgabe, damit diese – um Unklarheiten bei Aufgaben von unterschiedlichen Referenten oder für unterschiedliche Schülergruppen zu vermeiden - nicht mit den jeweiligen Themenbezeichnungen der Semester übereinstimmt.
- Angaben zu den vorgesehenen bzw. beantragten Hilfsmitteln.
- Namen und – fakultativ – Telefonnummern der Referenten (das erleichtert direkte Nachfragen ohne den Weg über das Schulbüro oder die Schulleitung).

Anzahl der Aufgaben und Arbeitszeit

- Von den Referenten werden vier Aufgaben eingereicht. Den Prüflingen werden drei dieser Aufgaben vorgelegt, die sie alle zu bearbeiten haben.
- Die Arbeitszeit beträgt in den Leistungskursen fünf, im Grundkurs vier Zeitstunden. Eine Verlängerung der Arbeitszeit um bis zu eine Zeitstunde kann für Aufgaben mit überwiegend praktischem oder experimentellem Teil vorgesehen werden.

Spezieller Teil Biologie

- Die Aufgaben sind voneinander unabhängig; sie sind gleichgewichtig und erfordern einen vergleichbaren zeitlichen Umfang für die Bearbeitung.
- Die Aufgaben spiegeln ein breites Spektrum dessen wider, was die Schülerinnen und Schüler an Fachwissen sowie an fachlichen Qualifikationen im vorhergehenden Unterricht erworben haben.
- Jede Aufgabe ist sachgebietsübergreifend, d.h. sie bezieht sich auf mindestens zwei Sachgebiete, deren Umfang jeweils dem Unterricht etwa eines Halbjahres der Studienstufe entspricht.
- Die Aufgaben erfordern entweder die Bearbeitung fachspezifischen Materials, die Auswertung und Deutung von Versuchsergebnissen oder die Durchführung, Auswertung und Deutung von Schülerexperimenten.
- Der Aufgabenvorschlag enthält höchstens eine praktische oder experimentelle Aufgabe.
- Die Hinweise zu den unterrichtlichen Voraussetzungen enthalten Angaben über verwendete Lehr- und Lernbücher bzw. Literatur.

- Die Aufgaben unterscheiden sich hinreichend voneinander, so dass das Amt für Schule eine echte Auswahl vornehmen kann.
- Jede Aufgabe ist in Teilaufgaben gegliedert, die in einem inneren Zusammenhang stehen und möglichst unabhängig voneinander bearbeitet werden können.
- Aus der Aufgabenstellung sind Art und Umfang der geforderten Leistung klar erkennbar. Die Selbstständigkeit der Bearbeitung wird durch die Art der Aufgabenstellung unterstützt.
- Jede einzelne Aufgabe ermöglicht Leistungen in den Anforderungsbereichen I, II und III, mit einem Schwerpunkt im Anforderungsbereich II und einem deutlich größeren Anteil im Anforderungsbereich I als im Anforderungsbereich III. Die Zuordnungen zu den Anforderungsbereichen sind nachvollziehbar auszuweisen.

2 Das mündliche Abitur

2.1 Allgemeine Hinweise

In der mündlichen Prüfung werden biologische Kenntnisse und fachliche Qualifikationen geprüft. Dabei sollen besonders

- sichere Verfügbarkeit von Wissen
- Überblick über Zusammenhänge
- Verständnis für fachspezifische Arbeitsweisen
- Reaktion auf Fragen und Einwände
- fachgerechte freie Darstellung

festgestellt werden.

Die Prüfung, unabhängig davon ob es sich um das vierte Prüfungsfach oder eine Nachprüfung handelt, ist auf 30 Minuten angelegt, zuzüglich einer Vorbereitungszeit von ebenfalls 30 Minuten.

Die Prüflinge erhalten zwei Aufgaben, die sich auf verschiedene Sachgebiete beziehen. Jedes der beiden Gebiete bezieht sich in etwa auf den Unterricht eines halben Kurshalbjahres. Das eine Prüfungsgebiet wird dem Unterricht des vierten Halbjahres entnommen, das zweite Prüfungsgebiet darf im Falle einer Nachprüfung nicht Gegenstand der schriftlichen Prüfung gewesen sein. Beide Aufgaben sollen in etwa gleichwertig sein und dürfen nicht schon Gegenstand einer Klausur gewesen sein.

Die Aufgaben und Texte, die zum Gegenstand der Prüfung gemacht werden sollen, sind den Mitgliedern des Prüfungsausschusses spätestens einen Tag vor der Prüfung zur Kenntnis zu geben.

2.2 Formale und inhaltliche Anforderungen

Im Grundsatz gelten für die Aufgaben der mündlichen Prüfung die gleichen Vorgaben wie für die schriftliche Prüfung.

Als Ausgangspunkt für die mündliche Prüfung dienen zwei thematisch begrenzte und gegliederte Aufgaben. Sie werden zu Beginn der Vorbereitungszeit schriftlich vorgelegt, können aber während der Prüfung durch weiteres Material ergänzt werden. Die Aufgabenstellung muss so geartet sein, dass umfangreiche formale Ableitungen oder umfangreiche Berechnungen vermieden werden.

Der Umfang von Material und Aufgabenstellung berücksichtigt, dass dem Prüfling pro Aufgabe eine Vorbereitungszeit von 15 Minuten zur Verfügung steht.

Die Aufgabenstellung gewährleistet, dass eine Leistung innerhalb des gesamten Bewertungsspektrums möglich ist. Dies gilt auch für eine mündliche Nachprüfung.

2.3 Bewertungskriterien

Bei der Bewertung der mündlichen Prüfungsleistung gelten im Grundsatz die gleichen Kriterien wie im schriftlichen Abitur.

In einer mündlichen Prüfung sollte in besonderem Maße berücksichtigt werden:

- die sachliche Richtigkeit und Vollständigkeit des beim Vortrag und beim Prüfungsgespräch geforderten Sachwissens und der darzustellenden Verfahren,
- die Fähigkeit, über einen biologischen Sachverhalt sprachlich verständlich und in logischem Zusammenhang zu referieren,
- die Fähigkeit, beim Prüfungsgespräch sachgerecht zu argumentieren, auf Fragen und Einwände einzugehen und gegebene Hilfen aufzugreifen.

Direkt im Anschluss an die Prüfung setzt der Prüfungsausschuss die Note fest, die dem Prüfling vom Vorsitzenden mitgeteilt und erläutert wird.

3 Musteraufgaben für das Abitur

3.1 Allgemeine Bemerkungen zu den Musteraufgaben

Die vorliegenden Aufgaben entsprechen den neuen Richtlinien für das Abitur ab 2002.

Die Darstellung der Musteraufgaben folgt einem einheitlichen Schema:

- Die Aufgabenstellung umfasst eine kurze Einführung in den Sachzusammenhang sowie die zu bearbeitenden Materialien und Teilaufgaben.
- Die Angaben zur Literatur beziehen sich auf die Materialien zur Aufgabenstellung.
- Die Lösungserwartungen im unterrichtlichen Zusammenhang werden den Anforderungsbereichen I, II und III zugeordnet und enthalten eine Gewichtung der Teilaufgaben, entweder als Prozentangabe oder durch Bepunktung.

Da die folgenden Musteraufgaben sich nicht auf einen real erteilten Unterricht beziehen, fehlen die Angaben zu den unterrichtlichen Voraussetzungen und zu den Lernbüchern.

Die Lösungserwartungen sind je nach Aufgabe formal unterschiedlich gestaltet, um verschiedene Möglichkeiten der Darstellung aufzuzeigen.

Die Angabe des Anforderungsbereichs ist abhängig vom vorangegangenen Unterricht, so dass die vorgeschlagene Zuordnung gegebenenfalls modifiziert werden muss. In den Ausführungen zu den Lösungserwartungen ist der unterrichtliche Zusammenhang, in dem die Teilaufgabe jeweils zu sehen ist und aus dem heraus sich auch die Zuordnung zu den Anforderungsbereichen ergibt, ausführlich dargestellt, um Bewertung und Gewichtung nachvollziehbar zu machen.

Anhand von drei Beispielen wird in den Musteraufgaben verdeutlicht, wie ähnliche Inhalte Grundlage einer Leistungs- und einer Grundkursaufgabe unter Beachtung der in 1.6 beschriebenen Unterscheidungskriterien sein können.

Bei den Musteraufgaben zum mündlichen Abitur handelt es sich um Beispiele, die – speziell für eine Prüfung im Grundkurs – eventuell zu komplex sind. Es bietet sich an, dem Prüfling während der Vorbereitungszeit eine weniger komplexe Form der Aufgabe vorzulegen und eventuell weitere Aspekte je nach Verlauf des Prüfungsgesprächs anzusprechen.

Die Autoren weisen darauf hin, dass es sich bei den Materialien der vorliegenden Musteraufgaben auf Grund der Druckqualität nicht um Kopiervorlagen handelt.

3.2 Aufgaben für die schriftliche Prüfung im Leistungskurs

Abitur Leistungskurs

Schule :

Genetik / Evolution

Aufgabe 1: Hox-Gene

Die Erbanlagen steuern in allen Organismen alle Lebensvorgänge, auch deren Entwicklung. Dabei sorgen regulatorische Vorgänge dafür, dass je nach Bedarf bestimmte Gene aktiviert werden und andere nicht, was von Zelltypus zu Zelltypus verschieden ist. Erst vor gut einem Jahrzehnt fand man heraus, wie solche Regulationsprozesse am Anfang der Individualentwicklung aussehen und die ersten Entwicklungsschritte steuern. Dabei spielen sogenannte „Hox-Gene“ eine entscheidende Rolle für die grundsätzliche Festlegung erster Differenzierungen.

Material 1

Am besten untersucht sind die allerersten Schritte ins Leben bei der Fruchtfliege *Drosophila*. Im Labor von Christiane Nüsslein-Volhard haben Entwicklungsbiologen herausgefunden, wie das Muttertier dazu eine regelrechte genetische Brutpflege betreibt: Es sondert vier Substanzen ab, die in Eizellen strategisch wichtige Punkte besetzen. Zwei dieser Signalstoffe lagern sich jeweils in den gegenüberliegenden Polen des Eies ein, der dritte an beiden Polen und der vierte an der Bauchseite.

So werde ein eindeutiges dreidimensionales Koordinatensystem für die weitere Entwicklung festgelegt, erklärt Nüsslein-Volhard: „Vorn und hinten, oben und unten sind damit ein für allemal definiert. Vorn beispielsweise ist immer dort, wo der Signalstoff *bicoid* deponiert ist.“

Nach der Befruchtung lösen diese Signalstoffe im Ei eine Nachrichtenkaskade aus. Die dabei ausströmenden Proteine spüren ganz bestimmte Gene an Hand einer charakteristischen Erkennungssequenz auf und erwecken sie aus dem zellulären Tiefschlaf. So werden zunächst ein paar wenige Gene angeknipst. Diese aktivieren nach dem gleichen Mechanismus weitere Gene und legen so eine erste Grobeinteilung des späteren Insekts fest. Die Kaskade erreicht ihren Höhepunkt, wenn die „homöotischen“ oder Hox-Gene angeschaltet werden und die Kontrolle über die Entwicklung übernehmen. Gleich – griechisch *homoios* – werden sie deswegen genannt, weil sie in allen Organismen, in denen sie zu Hause sind, die Ausbildung vergleichbarer Körperteile entlang deren Längsachse steuern.

Die Hox-Gene liegen auf dem Erbfaden im Block beieinander und enthalten eine typische kurze DNA-Sequenz, die sogenannte Homöobox. In ein Protein übersetzt wirkt sie wie ein Generalschlüssel zum Öffnen weiterer noch verschlossener Steuergene aus der Hox-Klasse. Diese nachgeschalteten Hox-Gene rufen schließlich, Bereichsleitern einer Fabrik vergleichbar, in den nun bereits vordefinierten Segmenten des werdenden Insekts nach einer genauen zeitlichen Vorgabe jene untergeordneten „Arbeiter“-Gene zum Einsatz, die letztlich Flügel, Antennen, Beine oder Augen erstellen.

Material 2

Das Ergebnis war überraschend: Egal, wo die Forscher fahndeten, ob in Würmern, Krebsen oder Affen – überall fanden sie die gleichen Hox-Gene. Einzig deren Anzahl ist verschieden: Während eine simple Fliege mit einer Kette von 8 Hox-Genen auskommt, weisen die viel komplizierteren Wirbeltiere 4 Stränge mit insgesamt 38 Genen auf.

In allen Tieren, in denen sie vorkommen, so stellte sich heraus, leisten Hox-Gene dasselbe: Sie steuern das allmähliche Embryowachstum vom Kopf zum Schwanz, indem sie das entstehende Wesen nach einem Baukastenprinzip zusammenfügen. Nur die untergeordneten Gene, die über die genaue Gestalt der Einzelteile bestimmen, unterscheiden sich von Tiergruppe zu Tiergruppe.

Experimente des Genfer Mäusezüchters Duboule führten zu genaueren Erkenntnissen: Der Wissenschaftler hat einen Zwischenschritt der Evolution detailliert untersucht, der notwendig war, um Fischen die Eroberung des Landes zu ermöglichen: die Erfindung des Fußes. Wachstum von Fuß und Flosse, erklärt Duboule, werden von den gleichen Genen gesteuert – nur wird das Programm (*des entsprechenden Gens Hoxd-13*) bei der Flosse etwas früher abgeschaltet.

Teilaufgaben:

- a) Entwerfen Sie an Hand des Materials 1 ein Fließschema, das den Einfluss der verschiedenen Stoffe auf die ersten Entwicklungsschritte bei *Drosophila* veranschaulicht und erläutern Sie dieses!
- b) Beschreiben Sie ein Experiment, mit dem die Funktion der mütterlichen Signalstoffe bewiesen werden könnte!
- c) Nach der Entdeckung der Hox-Gene bei *Drosophila* begannen Molekularbiologen weltweit, die „Architekten-Gene“ auch in anderen Tieren zu suchen. Geben sie eine Begründung dafür, dass die Hox-Gene auch bei verwandtschaftlich weit entfernt stehenden Lebewesen chemisch gleich sind und ziehen Sie evolutionsbiologische Schlussfolgerungen aus dieser Tatsache!
- d) In Grönland entdeckten Paläontologen die Reste eines salamanderartigen Wesens, das vor 360 Millionen Jahren im Wasser lebte, Kiemen hatte und wie ein Fisch mit primitiven Füßen aussah. Entwickeln Sie eine Hypothese zur Entstehung des oben beschriebenen Tieres und schildern Sie eine Methode, wie Sie Ihre Hypothese beweisen könnten!

Literatur

- Lehrreicher Alptraum. In: DER SPIEGEL, Heft 38 / 1995
Nüsslein-Volhard, C.: Gradienten als Organisatoren der Embryonalentwicklung.
In: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT, Heft 10 / 1996
Wie die Gene Menschen bauen. In: GEO, Nr.1 / 1996

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- a) Mütterliche Proteine an / in der Eizelle → Konzentrationsgradient in der Zelle → Aktivierung bestimmter Gene je nach Konzentration → Genprodukte aktivieren andere Gene → Aktivierung von Hox-Genen im Mehrzellenstadium (erstes Larvenstadium) → Aktivierung von Strukturgenen im Larvenstadium

Wenn Genaktivierung im Prinzip bekannt ist, kann diese Reaktionskette aus dem Material 1 erschlossen werden.

Anforderungsbereich I
25 %

- b) Man injiziert z.B. das *bicoid*-Protein künstlich in das Hinterende eines normal befruchteten Eies und beobachtet die Entwicklung. Sind es die mütterlichen Signalstoffe, die die ersten Schritte der Differenzierung einleiten, müsste sich eine Larve mit zwei Vorderenden und ohne Hinterleib entwickeln.

Wenn die ersten Entwicklungsschritte der Ontogenese, die Funktion mütterlicher Signalstoffe auf die Eizelle und die Funktion der Hox-Gene im Unterricht nicht besprochen worden sind, so müssen die Prüflinge selbstständig ein Experiment entwickeln, das Material 1 gibt dazu keine exakten Hinweise. An anderen Beispielen sollte die Entwicklung von Experimenten zur Überprüfung von Hypothesen erarbeitet worden sein.

Anforderungsbereich II, III
25 %

- c) Die Hox-Gene bzw. deren Produkte stehen am Anfang einer grundlegenden Reaktionskette in der Entwicklung eines jeden Tieres. Ändert sich die Struktur des Gens erheblich, so ändert sich auch das Genprodukt und die Reaktionskette bricht zusammen. Solcherart Gene sind also zur Konservativität verurteilt, da es sonst nicht zur Entwicklung kommt. Es muss sich also um weitgehend unveränderte Gene handeln. Evolutionsbiologisch lässt sich daraus die Verwandtschaft aller tierischen Organismen ablesen, d.h. auch „Würmer und Menschen“ hatten also gemeinsame Vorfahren.

Konservative und progressive Mutationen, das Wirken der Selektion, die Veränderbarkeit der Arten aber auch Artenkonstanz („lebende Fossilien“) sollten auch auf molekular-genetischer Ebene bekannt sein und müssen nur auf dies Beispiel übertragen werden.

Anforderungsbereich II
25 %

- d) Wie in Material 2 beschrieben, wird bei Fischen das Gen *Hoxd-13* eher abgeschaltet als bei Tieren mit Füßen. Beim Salamander ist durch Mutation das Gen länger aktiv geblieben und hat andere Strukturgene beeinflusst. Zum Beleg müsste man bei Fischen die Abschaltung des *Hoxd-13* verhindern oder bei Salamandern *Hoxd-13* nach kurzer Zeit inaktivieren.

Material 2 gibt direkten Hinweis auf die Entwicklung von Füßen, die Hypothesen ergeben sich aus Versuchsmethoden, die auch in vorhergehenden Materialien genannt werden.

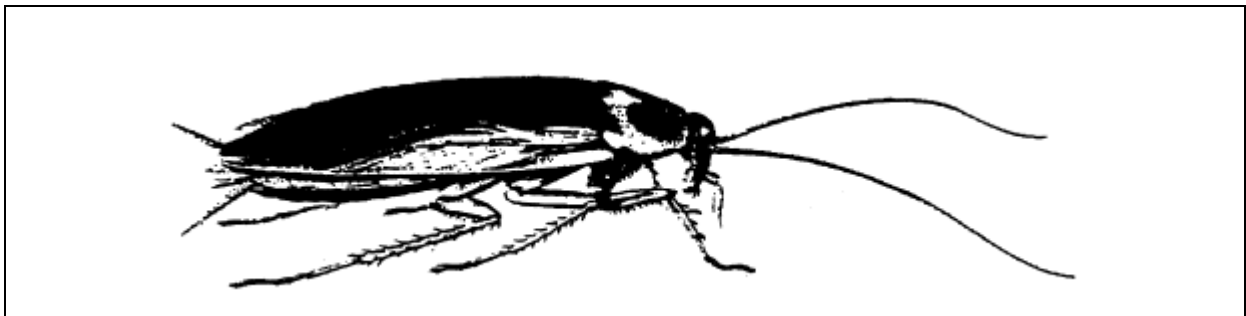
Anforderungsbereich II
25 %

Verhaltenslehre / Ökologie

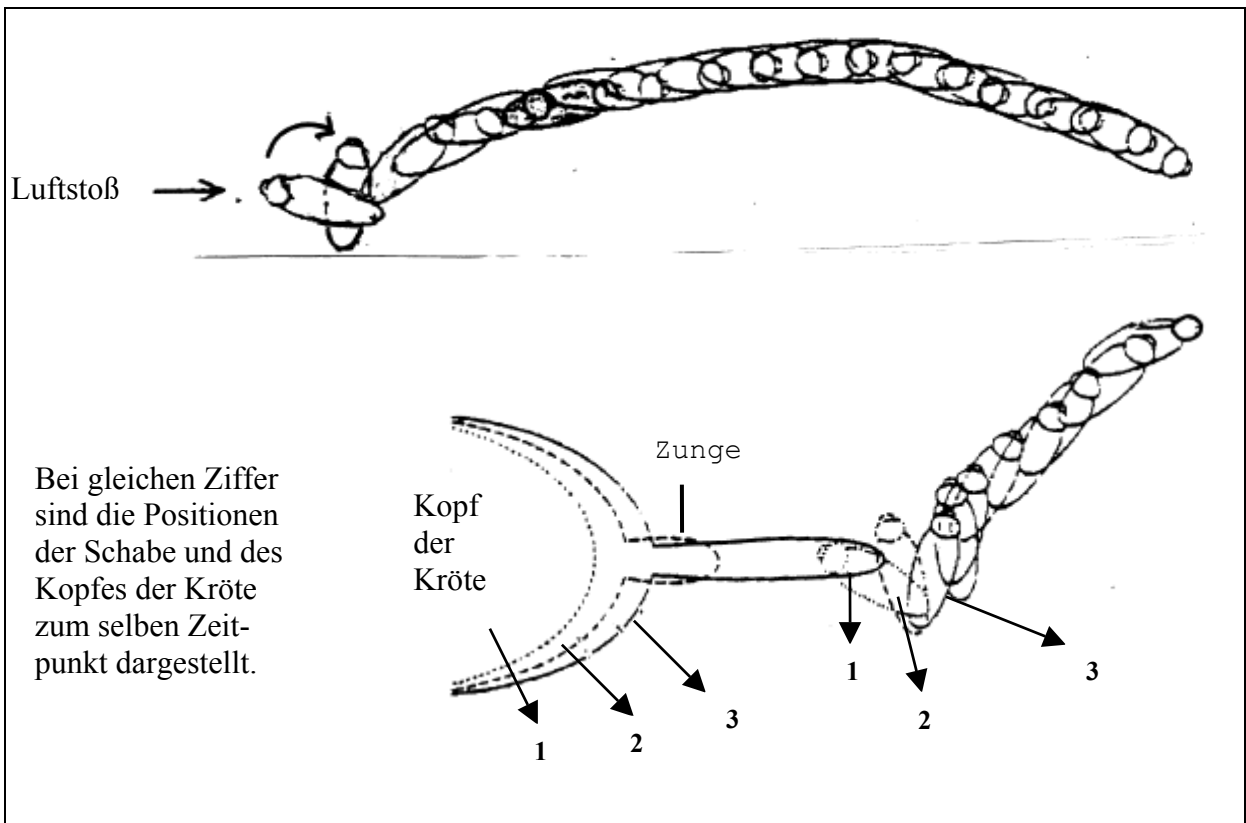
Aufgabe 2: Die Amerikanische Schabe

Die Insektenordnung der Schaben ist mit etwa 3500 Arten weltweit in allen Lebensräumen vertreten. Die meisten Arten kommen vor allem als Pflanzenschädlinge in den Tropen vor aber etliche Arten haben sich als Kulturfolger auch in den Haushalten von Industrieländern als Vorratsschädlinge durchgesetzt. Zu Letzteren gehört die amerikanische Schabe (*Periplaneta americana*).

Material 1: Die Amerikanische Schabe



Material 2: Darstellung der Reaktion der Schabe bei einem standardisierten Luftstoß (oberes Bild) und der Fluchtreaktion einer Schabe, die mit einer Riesenkröte zusammen in eine Kammer gesetzt wurde (unteres Bild).

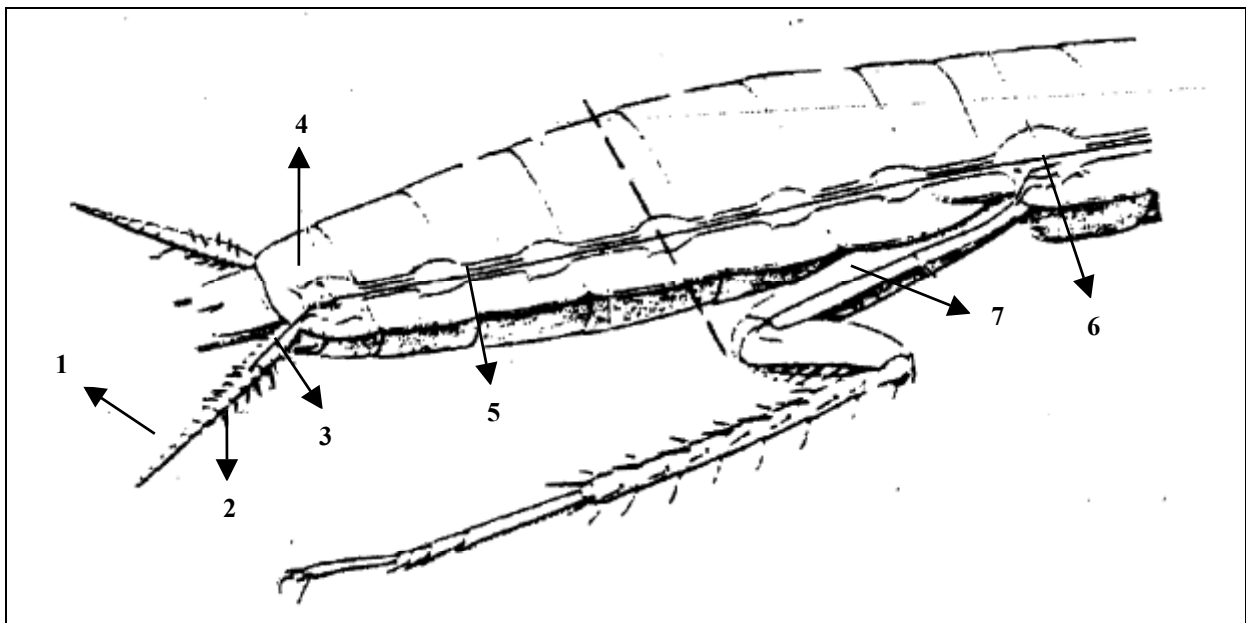


noch Material 2:

Bedeckt man die Unterseite der Hinterleibsanhänge mit Wachs, sind die Schaben völlig unempfindlich gegenüber dem Windreiz, ebenso wenn man die Härchen unter den Hinterleibsanhängen abschneidet. Wurde dagegen die Oberseite mit Wachs bedeckt, so blieb die Reaktion erhalten.

Normale Schaben entgehen im Versuch zu 55% der herausschnellenden Zunge der Kröte. Schaben, deren Unterseite der Hinterleibsanhänge mit Wachs bedeckt ist, entkommen nur zu 8%. Schaben mit Wachs auf dem Hinterleib aber mit freien Hinterleibsanhängen entkommen zu 47%.

Material 3: Hinterleib einer Schabe mit eingezeichnetem Nervensystem und den Nervenzellen, die das Fluchtverhalten der Schabe steuern.



- | | |
|--|------------------------------------|
| (1) Hinterleibsanhänge | (5) Riesenneuron |
| (2) windempfindliche Härchen | (6) Nervenknäuel im Brustabschnitt |
| (3) sensorisches Neuron | (7) Motoneuron |
| (4) Endnervenknoten mit Zellkörper des Riesenneurons | |

Material 4: Lebensansprüche der Schabe

Seit dem Karbon (ca. 300 Millionen Jahre) lassen sich Schaben auf der Erde nachweisen. Die Amerikanische Schabe kommt weltweit in Küchen, Bäckereien, Krankenhäusern, Klimaanlagen, Treibhäusern etc. vor.

5 Schaben sind allesfressend und leben von Abfall, Bakterien, Pilzen, Lebensmitteln und notfalls auch kannibalisch. Sie sind nachtaktiv. Ihre Fühler sind ständig in Bewegung. Sie laufen sehr schnell und verkriechen sich bei Gefahr und bei Tagesanbruch in dunklen, feuchten Ritzen und Hohlräumen.

10 Wie bei anderen Insekten nimmt ihre Aktivität mit fallender Temperatur ab, unter 7°C fallen sie in Kältestarre, bei -5°C tritt der Kältetod ein. Mit zunehmender Temperatur werden die Tiere immer beweglicher, allerdings erfolgt bei ca. 40°C die Wärmestarre und bei über 42°C der Wärmetod. Diese Daten treffen für Tiere zu, die bei 30°C gehalten wurden. Werden die Tiere mindestens einen Tag bei 15°C gehalten, so sind sie noch bei 2°C aktiv.

In einer groß angelegten Laboruntersuchung überlebten Schaben lange Hungerperioden bis zu 30 Monate bei eiweißloser Diät. Erst als ein Techniker über das Wochenende vergaß, die

- 15 hungernden Tiere zu befeuchten, starben sie. In der Untersuchung stellte man auch fest, dass die Tiere – wie bekannt – das Licht meiden und sich vor Windzug sogar regelrecht verstecken.

Teilaufgaben:

a)

Beschreiben Sie Verlauf und Auslösung der Fluchtreaktion einer Schabe!

b)

Erläutern Sie allgemein die Weiterleitung der Erregung innerhalb von Nervenzellen und begründen Sie anhand des Materials 3 das Auftreten der Riesen-Interneurone innerhalb der neuronalen Verschaltung bei der Schabe!

c)

Erklären Sie die in Material 4 erwähnte temperaturabhängige Aktivität der Schabe!
Erläutern Sie den ökologischen Sinn der Tatsache, dass im Gegensatz zu Insekten die Säugtiere solcherart Aktivitätsschwankungen bis hin zur Kältestarre nicht unterliegen!

d)

Der Wissenschaftsjournalist Wolkomir bezeichnete die Schabe als das erfolgreichste Insekt der Erde.

Begründen Sie die Aussage von Wolkomir unter Bezug auf die Daten in Material 4!

Literatur

Boeck, J.: Nervensystem und Sinnesorgane der Tiere. Herder Verlag, 1975

Camhi: Die Fluchtreaktion der Schabe. In: SPEKTRUM DER WISSENSCHAFT,
Heft 2 / 1981 (die Abbildungen wurden leicht verändert)

Wigglesworth, V.B.: Das Leben der Insekten. Lausanne, 1971

Wolkomir, R.: Schreck in der Abendstunde. In: GEO, Heft 2 / 1992

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

a)

**Erwartete Leistung
Anforderungsbereich
Punkte**

Luftstoß: Abwendung von der Richtung des Luftstoßes (Reflex)

Riesenkröte schnellst Zunge heraus → Luftstoß → Reiz → Abwendung

Reflexe sollten bekannt und an Beispielen erläutert worden sein. Die Beschreibung ergibt sich aus der Abbildung.

Anforderungsbereich I

7

Luftstoß → Sinneshärchen → sensorisches Neuron → Riesen- Interneuron → Moto-Neuron → Muskel → Flucht

Die Auslösung der Fluchtreaktion muss aus der Abbildung erschlossen werden, Wahrnehmung und Reizverarbeitung bei Wirbellosen sollten unbekannt sein.

Anforderungsbereich II

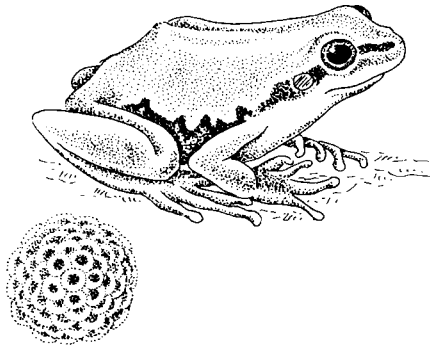
8

b)	<p>Reiz depolarisiert Membran → Natriumioneneinstrom → Aktionspotential (kurzfristige Umpolung der Membran) → Kaliumionenausstrom → Repolarisation</p> <p>überschwellige Depolarisierung benachbarter Bereiche → Aktionspotential → Erregungsleitung</p> <p>Durch Riesen-Interneurone wird der Querschnitt vergrößert und so die Leitungsgeschwindigkeit erhöht.</p>	<p>Das Prinzip der Nervenleitung sollte aus dem Unterricht bekannt sein.</p> <p style="text-align: center;">Anforderungsbereich I</p> <p>Riesenneurone sollten den Prüflingen nicht, die physikalischen Zusammenhänge zwischen Querschnitt und Leitungsgeschwindigkeit hingegen sollten bekannt sein.</p> <p style="text-align: center;">Anforderungsbereich III</p>	<p>8</p> <hr style="width: 100%; border: 1px solid black;"/> <p>7</p>
----	--	--	---

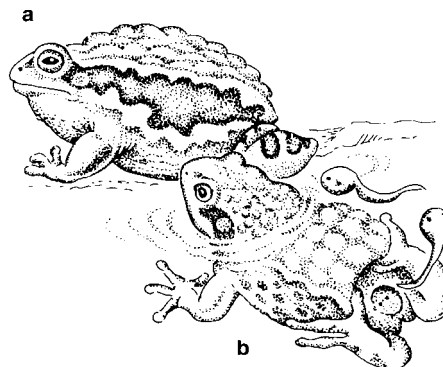
c)	<p>Schabe ist wechselwarm Aktivität richtet sich nach der RGT-Regel. Säuger sind homoiotherm → Umgebungstemperatur beeinflusst Stoffwechselrate und Aktivität nicht → alle Lebensräume konnten besiedelt werden allerdings unter beträchtlichem Energieaufwand.</p>	<p>RGT-Regel, wechsel- und gleichwarme Tiere sollten aus dem Unterricht bekannt sein. Aus dem Material muss dieser Sachverhalt erschlossen werden.</p> <p style="text-align: right;">Anforderungsbereich I, II</p>	8
d)	<p>Erfolgreiches Überlebensprinzip über geologische Zeiträume. Große Reaktionsbreite hinsichtlich Lebensraum und Ernährung. Adaptationsvermögen z.B. in Bezug auf die Temperatur. Geringe Reaktionsbreite hinsichtlich der Feuchtigkeit aber hierfür erfolgreiche Anpassung durch Vermeidungsstrategien.</p>	<p>Interpretation des Aufgabentextes unter Anwendung der Grundlagen und Fachbegriffe der Ökologie, die im Unterricht erarbeitet worden sein müssen.</p> <p style="text-align: right;">Anforderungsbereich II</p>	12

Aufgabe 3: Beutelfrösche

Amphibien dokumentieren mit ihrer besonderen Entwicklung sehr eindrucksvoll die Lösung von Anpassungsproblemen beim Übergang vom Wasser- zum Landleben. Die folgenden Angaben stellen die unterschiedlichen Entwicklungsstrategien heimischer Laubfrösche und südamerikanischer Beutelfrösche gegenüber.



Laubfrosch und Laichballen



**a) Beutelfrosch-Weibchen mit Eibeutel
b) Geburt der Kaulquappen**

Arbeitsmaterial:**Material 1**

Die größte Vielfalt an Laubfröschen ist im tropischen Regenwald Südamerikas zu finden. In der Nähe von Santa Cecilia in Ecuador wurden beispielsweise auf nur drei Quadratkilometern 81 verschiedene Froscharten gefunden, so viele wie in ganz Nordamerika existieren. Unter diesen tropischen Laubfröschen sind vielfältige Formen der Brutfürsorge entstanden.

- 5 Eine einzigartige Strategie entwickelten die südamerikanischen Beutelfrösche (eine Untergruppe der Laubfrösche). Die Weibchen besitzen eine Rückentasche, deren Innenhaut außerhalb der Fortpflanzungszeiten gewöhnlicher Froschhaut ähnelt. Eine der besonders gut untersuchten Beutelfrosch-Arten ist *Gastrotheca riobambae*.

- 10 Alle Frösche kopulieren, während das Weibchen laicht; sobald die Eier aus der Kloake treten, werden sie befruchtet. Bei den meisten Fröschen spielt sich dies im Wasser ab, wo die Eier auch abgelegt werden. Beutelfrösche dagegen paaren sich an Land. Das Männchen von *G. riobambae* klettert während des Geschlechtsaktes auf den Rücken des Weibchens und öffnet mit seinen Hinterfüßen ihre Rückentasche. Pro Minute treten ein bis zwei Eier aus der Kloake aus. Das Männchen fängt sie sofort mit den Füßen auf und schiebt sie dem Weibchen in die Rückentasche; schon
- 15 vorher hat es sein Sperma auf ihrem Rücken verteilt, so dass die Eier während des Einschlebens befruchtet werden. Dies wiederholt sich so lange, bis durchschnittlich 130 Eier verstaut sind. Jedes Ei ist etwa 10 - 15 mm groß und verfügt über sehr viel Dottermaterial.

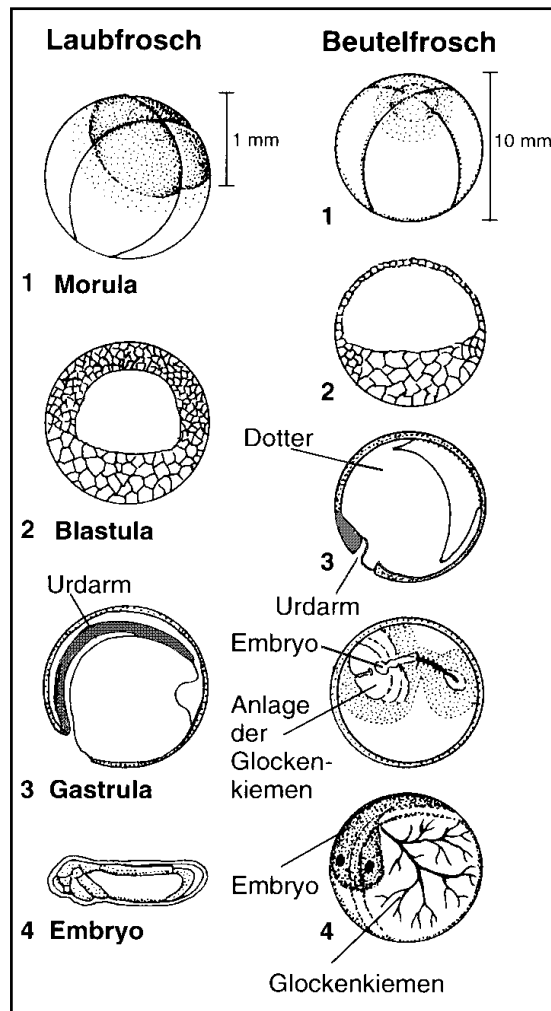
- 20 Während der Brutphase wird die Innenhaut der Rückentasche zu einer stark durchbluteten Haut umgebaut, die nach der Geburt wieder abgestoßen wird. Sie schmiegt sich eng um die Eier, so dass jedes separat eingebettet ist. Zusätzlich umhüllt sich jeder Embryo selbst mit einer gefäßreichen Membran. Diese sogenannten Glockenkiemen, die es bei anderen Froscharten nicht gibt, entstehen einige Wochen nach Brutbeginn zu beiden Seiten des Embryokopfes. Bei einigen Arten verschmelzen sie zu einem flüssigkeitsgefüllten Sack, in dem der Embryo schwimmt. Bei der Ge-

25 burt werden die Glockenkiemen resorbiert. Die Auskleidung der Eikammern ist von den Glockenkiemen nur durch die wenige Mikrometer dünne gallertartige Eihülle getrennt.
G. riobambae setzt nach 100 - 120 Tagen recht weit entwickelte Kaulquappen in Teichen oder Wasserpflützen ab. Es gibt aber auch Beutelfrösche, die vollentwickelte kleine Frösche gebären. Diese verlassen vermutlich nie ihren Lebensraum, die Baumkronen.
 30 Ein deutliches Merkmal der Beutelfrosch-Eier ist ihr Dotterreichtum und damit verbunden ihre Größe. Ein weiterer Unterschied zu anderen Froscheiern liegt in der molekularen Ausstattung der Oocyte, der nicht befruchteten Eizelle. Ihr Gehalt an ribosomaler RNA (rRNA) unterscheidet sich kaum von dem normaler Körperzellen. Die Oocyten heimischer Laubfrösche hingegen enthalten 200.000mal mehr rRNA als ihre Körperzellen, dafür setzt ihre Gastrulation bereits 14 Stunden nach der Befruchtung ein, während dies bei *G. riobambae* nach 14 Tage geschieht. Die rRNA wird durch rDNA codiert, die jedoch nicht Bestandteil der Chromosomen ist, sondern im Zellkern verteilt in separaten Nucleoli (Kernkörperchen) liegt. Mit Hilfe spezieller rDNA-Sonden konnte man feststellen, dass die Gene für die rRNA bei einigen „normalen“ Laubfröschen in einer Oocyte in rund 2 Millionen Kopien vorliegen. Mit einer entsprechenden Sonde fand man bei *G. riobambae* nur wenig rDNA.
 35

Material 2

Ein heimische Laubfrosch legt während einer Fortpflanzungszeit ca. 1000 etwa 2 mm große Eier als Laichballen in stehende Gewässer. Während das Weibchen die Eier aus der Kloake entlässt und mit seinen Hinterbeinen die Eipakete formt, befruchtet das auf ihrem Rücken sitzende Männchen jedes einzelne. Jede Eizelle wird von einer mehrere Millimeter dicken gallertartigen Eihülle umgeben, die u.a. dazu dient, die Zellen miteinander zu verkleben. Nach 2-3 Tagen schlüpfen kleine Kaulquappen und gehen in dem Tümpel selbstständig auf Jagd.

Material 3: Frühe Embryonalentwicklung



Teilaufgaben:

- a) Im Material 3 ist die frühe Keimesentwicklung eines heimischen Laubfrosches und des Beutelfrosches *G. riobambae* dargestellt.
Stellen Sie die Gemeinsamkeiten und die Unterschiede in der Embryonalentwicklung heraus!
- b) Fassen Sie die Informationen der Textmaterialien über Beutelfrösche und der übrigen Laubfrösche in Tabellenform vergleichend zusammen!
- c) Werten Sie das Textmaterial, das Sie bereits in Teilaufgabe b) zusammenfassen sollten, aus, indem Sie die besondere Anpassung des Beutelfrosches *G. riobambae* an seine ökologische Nische entwicklungsbiologisch und evolutionsbiologisch diskutieren!
- d) Ordnen Sie die dargestellten Ähnlichkeiten zwischen den Beutelfröschen und den Placentaliern in der Brutfürsorge evolutionsbiologisch ein!

Literatur

Frank, A.; Kattmann, U.: Entwicklung im Rucksack. In: Unterricht Biologie, Heft 220
Hadorn, E.: Experimentelle Entwicklungsforschung. Springer-Verlag 1970
Pino, E.M. del: Beutelfrösche. In: Spektrum der Wissenschaft, Heft 7/1989

Material 3 wurde dem Beitrag von Frank / Kattmann entnommen. Die Schnittebene durch die Gastrula wurde so verändert, dass sie deckungsgenau mit der Längsachse verläuft. Außerdem musste die fehlerhafte Beschriftung in der Abbildung korrigiert werden (Morula - Blastula).

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang:

- a) Gemeinsamkeiten:
Wie bei allen Amphibien findet bei beiden Arten eine total inäquale *Furchung* statt, die zu einer *Morula* und später zu einer *Blastula* mit primärer Leibeshöhle (*Blastocoel*) führt. Es schließt sich das Stadium der Keimblattbildung (*Gastrula*) an.
Unterschiede:
Beim Beutelfrosch wandert das Mesoderm kaum in die Blastula ein, so dass nur ein sehr kurzer Urdarm entsteht. Als weitere Folge dieser veränderten Keimblattbildung ergibt sich ein Embryo, der abgehoben auf der Dottermasse liegt. Diese Gastrulation erinnert an die diskoidale Embryonalentwicklung bei Vögeln.

Die vergleichende Beschreibung von Entwicklungsschritten anhand von Schemazeichnungen sollte an verschiedenen Beispielen geübt worden sein.

Anforderungsbereich I
30%

b)	Beutelfrösche	andere Laubfrösche
Ort der Kopulation	Land	Wasser
Zahl der Eier	130	1000
Größe eines Eies	10-15 mm	2 mm

Dottermaterial	sehr viel	viel
gallertartige Eihülle	wenige Mikrometer dünn	mehrere Millimeter dick
rDNA	wenige Kopien	bis zu 2 Millionen Kopien
rRNA-Gehalt	kein Unterschied zur Körperzelle	200.000mal mehr als Körperzelle
Beginn d. Gastrulation	nach 14 Tagen	nach 14 Stunden
Embryonalentwicklung bis zur Kaulquappe	in Rückentasche 100-120 Tage	im Wasser 2-3 Tage

Wenn das eigenständige Zusammenfassen von Textmaterial zu Tabellen wenig geübt wurde, handelt es sich bei den geforderten Leistungen um eine anspruchsvolle Neuordnung.

Anforderungsbereich II
20%

- c) Generell beeinflussen der Fraßdruck durch Feinde sowie der intraspezifische und auch der interspezifische Konkurrenzdruck durch andere Laubfrösche die Art der Brutfürsorge. Da in Südamerika sehr viele verschiedene Laubfroscharten existieren, muss man auch viele verschiedene ökologische Nischen annehmen. Die Laubfroscharten ähneln sich in ihren Ansprüchen an die Umwelt (z.B. aquatisch gebundene Entwicklungsstufen) jedoch in vielen Bereichen, deshalb werden sich ihre ökologischen Nischen in manchen Faktoren überlappen, der interspezifische Konkurrenzdruck wird sehr hoch sein. Dieser Selektionsdruck wird die Arten bevorteilen, die wie die Beutelfrösche eine Brutfürsorge entwickelten, mit der sie der Konkurrenz an den Wasserstellen ausweichen können.

Die rRNA ist essentiell für die Proteinbiosynthese, da sie die Ribosomen aufbaut. Je mehr rRNA in einer Zelle nachgewiesen werden kann, umso mehr Ribosomen sind im Cytoplasma vorhanden, damit steigt auch die Proteinbiosynthese-Rate. Eine hohe Syntheserate ist dann von Vorteil, wenn viele Proteine in kurzer Zeit benötigt werden, z.B. bei der Organdifferenzierung zu einer Kaulquappe. Da die heimischen Laubfrösche nur eine Entwicklungszeit zur Kaulquappe von 2-3 Tagen benötigen, ist ihnen das nur möglich, weil sie viel rRNA im Cytoplasma besitzen. Beutelfrösche entwickeln sich geschützt, so dass sie sich eine wesentlich längere Entwicklungszeit (14 Tage) leisten können. Deshalb kann ihr rRNA-Gehalt gering sein. Sie müssen jedoch einen hohen Dottergehalt im Ei mitbringen, da sie keine Nährstoffe vom Muttertier erhalten.

Dieser Zusammenhang wird auch an der Zahl der Eier erkennbar: Wenn die Entwicklung ungeschützt im Tümpel abläuft - wie bei den heimischen Laubfröschen - , ist die Gefahr durch Fressfeinde recht hoch, so dass dies durch eine große Anzahl befruchteter Eier ausgeglichen wird. Beutelfrösche schützen die Eier in der Rückentasche, deshalb müssen sie ihre Ressourcen (Energie, Nährstoffe) nicht in viele Eier stecken, sondern werden das einzelne Ei optimal ausstatten (vgl. Eigröße). Außerdem wird der begrenzte Platz in der Rückentasche die Zahl der Eier verringern.

Die Hypothesenbildung zur Evolution rezenter Arten sollte an verschiedenen Beispielen geübt worden sein. Das Vorgehen ist zwar immer gleich, die Schwierigkeit der Aufgabe ergibt sich stets aus der Komplexität des Arbeitsmaterials. Im vorliegenden Falle ist der schwierigste Teil sicherlich im Zusammenhang mit der rRNA zu sehen.

Anforderungsbereich II-III
30%

- d) Es handelt sich bei der Brutfürsorge von Beutelfröschen und Placentaliern um Funktionsähnlichkeiten (konvergente Entwicklung). Homologiekriterien können aus folgenden Gründen nicht angewendet werden:
- *Kriterium d. Lage*: Die Rückentasche der Beutelfrösche liegt dorsal zur Wirbelsäule, während der Uterus der Placentaliere ventral liegt.
 - *Kriterium d. spez. Qualität*: Die Rückentasche der Beutelfrösche besteht aus veränderter Froschhaut, während der Uterus ein Organ aus Schleimhaut und Muskulatur ist.
 - *Kriterium d. Kontinuität*: Entwicklungsgeschichtlich liegt zwischen den Amphibien und den Säugern die Klasse der Reptilien, von denen eine vergleichbare Brutfürsorge nicht bekannt ist.

An verschiedenen Beispielen aus der Morphologie und der Anatomie von Pflanzen und Tieren sollte der Unterschied von Funktionsähnlichkeit (Analogie und konvergente Entwicklung homologer Strukturen) und Bauplanähnlichkeit (Homologie) erarbeitet worden sein. Durch das Schlüsselwort „Ähnlichkeit“ werden die Prüflinge zum Arbeitsauftrag im Sinne einer Homologie / Analogie-Diskussion geführt, wenn der Unterricht entsprechend aufgebaut wurde.

Sollten im Semester Evolution keine Beispiele aus der Entwicklungsbiologie untersucht worden sein, werden bei dieser Teilaufgabe fundierte Übertragungsleistungen gefordert.

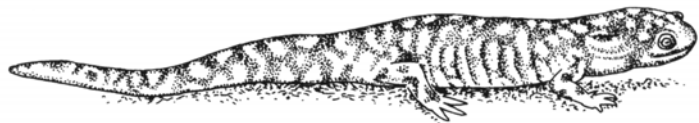
Anforderungsbereich II

20%

Fortpflanzung und Entwicklung / Evolution

Aufgabe 4: Neotenie

Trotz zahlreicher Anpassungen an das Landleben sind die Lurche keine echten Landwirbeltiere geworden, eine Anzahl Schwanzlurche bleibt sogar zeit ihres Lebens im Wasser als Larven mit äußeren Kiemen und pflanzt sich auf dieser Entwicklungsstufe fort. Dieses als Neotenie bezeichnete Verhalten kennt man auch von vorweltlichen Lurchen. Zu diesen ständig im Wasser lebenden Schwanzlurchen gehören unter anderen die Riesensalamander, Grottenolme und Furchenmolche, aber auch der mexikanische *Axolotl* (*Ambystoma mexicanum*).

**Axolotl (*Ambystoma mexicanum*)****Tigerquersalamolch (*Ambystoma tigrinum*)****Arbeitsmaterial:****Material 1: Der Axolotl, eine geschlechtsreife Amphibienlarve**

Die Heimat des *Axolotl* liegt in Mexiko. Dort ist sein Verbreitungsgebiet auf einen geographisch sehr eng begrenzten Raum beschränkt: auf den Xochimilco-See, zwanzig Kilometer südöstlich von Mexico-City. Anders als die meisten anderen Lurche verlässt er zeitlebens nie sein Geburtsgewässer. Mit bis zu 30 cm Körperlänge wird der *Axolotl* für eine Lurchlarve ziemlich groß. Seine Färbung ist sehr variabel, häufig sind über den ganzen Körper Flecken und Marmorierungen verteilt.

Der Kopf ist breit und abgeflacht. Mit seinem großen breiten Maul verschlingt der *Axolotl* nahezu alles, was sich bewegt: von Insektenlarven über größere Würmer bis hin zu kleineren Fischen.

Kennzeichnend für den *Axolotl* sind je drei große Kiemenäste an jeder Kopfseite, wie sie auch die Larven der heimischen Molche tragen.

Material 2: Genetische Veranlagung zur Neotenie

Der *Axolotl* bleibt stets Larve und ist im Freiland offenbar noch niemals als Vollmolch gefunden worden. Im Aquarium beobachtet man gelegentlich seine plötzliche Umwandlung. Die Veranlagung zur Neotenie ist erblich, die Ausprägung vielfach durch Umweltbedingungen beeinflussbar. In Gefangenschaftskreuzungen mit *Tigerquersalamolchen* (*Ambystoma ti-*

grinum) erwies sich die *Axolotl*-Neotenie nach den Beobachtungen von Geyer und Grzimek als rezessiv. Die Mischlinge entwickeln sich völlig normal und sehen einem *Tigerquerzahnmolch* recht ähnlich.

Material 3: Tigerquerzahnmolche – weit verbreitete Schwanzlurche in Nordamerika

Tigerquerzahnmolche kommen im größten Teil des gemäßigten Nordamerikas in neun Unterarten vor. Vom *Tigerquerzahnmolch* kennt man Fundorte, an denen einzelne oder die Mehrzahl der Tiere Larven bleiben und sich als Larven fortpflanzen. Sie wachsen erheblich schneller und laichen bereits, wenn normale Molche gerade bereit sind, sich umzuwandeln. Besetzt man Teiche, die von neotenischen *Tigerquerzahnmolchen* bewohnt sind, mit Fischen, so verschwinden die neotenischen Exemplare, und nur die verwandelten können überleben. So kamen im Emeraldsee in Tennessee *Tigerquerzahnmolche* zahlreich neotenisch vor, bis hier Forellen eingesetzt worden waren.

Material 4: Versuche zur Regulation der Metamorphose

Um die Regulation der Metamorphose bei Amphibienlarven zu entschlüsseln, hat man verschiedene Experimente durchgeführt, deren Ergebnisse in der folgenden Tabelle dargestellt sind:

	Hypophyse	Schilddrüse	Zusatz	Metamorphose
Kontrolle	vorhanden	vorhanden	keiner	ja
Versuch 1	vorhanden	fehlt	keiner	nein
Versuch 2	fehlt	vorhanden	keiner	nein
Versuch 3	fehlt	fehlt	Thyroxin	ja
Versuch 4	fehlt	fehlt	Hypophysenhormon	nein
Versuch 5	fehlt	vorhanden	Hypophysenhormon	ja

Begriffserklärung:

Thyroxin ein von der Schilddrüse produziertes Hormon

Schilddrüse eine hormonproduzierende Drüse, die beim Menschen kurz unter dem Kehlkopf, beim Amphib am oberen Teil des Verdauungskanal (Kiemendarm) sitzt

Teilaufgaben:

- Beschreiben Sie allgemein den Ablauf der Metamorphose bei den Schwanzlurchen!
- Erklären Sie sorgfältig mit Hilfe der im Material 4 geschilderten Experimente, wie die Metamorphose bei Amphibien gesteuert wird!
Stellen Sie die hormonellen Zusammenhänge in einem Regelkreisschema graphisch dar!
- Ausgewachsene *Axolotl* verwandeln sich im Experiment doch noch zur Landform, wenn man an sie Schilddrüsengewebe vom Rind oder Schwein verfüttert. Zu dem selben Ergebnis führt eine Injektion von Hypophysenhormonen.
Erstellen Sie ein begründetes Modell, mit dem Sie das Unterbleiben der Metamorphose beim natürlich lebenden *Axolotl* erklären können!
- Entwickeln Sie anhand der Materialien 1 – 3 eine begründete evolutionsbiologische Hypothese, die das natürliche Vorkommen des *Axolotls* erklären könnte!

Literatur

Bauerle, K.: Ein Tier, das nie erwachsen wird. In: Unterricht Biologie, Heft 222, Velber Verlag

Grzimeks Tierleben, Band 5. dtv 1980

Hadorn, E.: Experimentelle Entwicklungsforschung. Springer-Verlag 1970

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

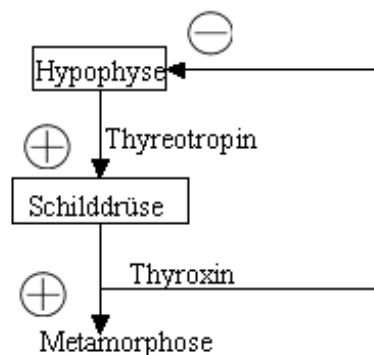
- a) Die Larven der Schwanzlurche sind an das Leben im Wasser angepasst: Sie besitzen Außenkiemen und einen kräftigen Schwanz, Beine fehlen. Im Laufe der Metamorphose entwickeln sich zwei Beinpaare (bei Schwanzlurchen die Vorderbeine zuerst), die Kiemen werden eingeschmolzen, ihre Aufgabe übernehmen Lungen. Bei den Schwanzlurchen bleibt der Schwanz erhalten, ändert aber häufig seine Form (bei Larven ist der Schwanz seitlich abgeflacht, bei den adulten Tieren kreisrund). Damit sind die Tiere für ein Leben an Land entwickelt. Es schließt sich noch die Ausbildung der Gonaden an.

Während des Unterrichts im Semester "Fortpflanzung u. Entwicklung" sollte die Biologie der Amphibien wiederholt worden sein. Die geforderten Leistungen beruhen daher auf reiner Wissensreproduktion.

Anforderungsbereich I
25%

- b) Aus den Experimenten 1 und 2 können die Prüflinge ableiten, dass beide Hormondrüsen für die Metamorphose notwendig sind, während sie an Experiment 3 erkennen sollen, dass das Thyroxin allein für den Ablauf der Umwandlung zuständig ist. Die letzten beiden Versuche zeigen den Prüflingen den funktionellen Zusammenhang zwischen dem thyreotropen Hypophysenhormon und dem Thyroxin. Die Hypophyse schüttet ein thyreotropes Hormon aus, das die Schilddrüse zur Thyroxin-Produktion anregt. Der erhöhte Thyroxinspiegel im Blut bewirkt die zahlreichen Veränderungen, die mit der Metamorphose verbunden sind. Der Thyroxinspiegel wird über einen negativen Rückkopplungsmechanismus mit der Hypophyse geregelt, evtl. könnte diese negative Rückkopplung auch über den Hypothalamus laufen, der einen entsprechenden Releasing-Faktor ausschüttelt. (Diese letzte Schlussfolgerung ist zur Erklärung nicht notwendig.)

Regelkreis:



Der Unterricht sollte die Zusammenhänge zwischen Hormonen und Entwicklungsstadien sowie das Erstellen von Pfeildiagrammen vermittelt haben. Hierzu bieten sich die Sexualhormone der Säuger an.

Die Erkenntnisse der Entwicklungsbiologie werden im Wesentlichen durch die Auswertung geschilderter Versuchsergebnisse gewonnen, so dass die geforderten Leistungen in der Übertragung vertrauter Methoden auf unbekannte Zusammenhänge (Schilddrüsenhormone) bestehen.

Anforderungsbereich II
20%

- c) Alle Gene zur Metamorphose sind noch vorhanden, sie werden beim Axolotl nur nicht mehr angeschaltet. Da die Zugabe von Hypophysenhormonen zu einer Umwandlung führt, muss die Schilddrüse der Axolotl funktionstüchtig sein. Das Dauerlarvenstadium des Axolotl ist folglich auf eine Fehlfunktion der Hypophyse zurückzuführen. Das verfütterte Schilddrüsengewebe erhöht künstlich - ohne Rückkopplungsmöglichkeit - den Thyroxinspiegel im Blut des Axolotls und löst damit die Metamorphose aus. Hieran kann man erkennen, dass das Thyroxin ein artübergreifendes Hormon ist.

Zunächst bestätigt dieser Versuch die Bedeutung des Thyroxins aus dem Experiment 3. Sollten die Prüflinge die Teilaufgabe b) nicht gelöst haben, gibt es hiermit einen weiteren Hinweis. Die Schlussfolgerung bezüglich einer Hypophysenunterfunktion und der genetischen Ausstattung des Axolotls erfordert sicherlich eine etwas anspruchsvollere Transferleistung.

Anforderungsbereich II - III
20%

- d) Tigerquerzahnmolche kommen in weiten Teilen Nordamerikas vor, während der Axolotl im Xochimilco-See - gewissermaßen am südlichen Rand dieses Verbreitungsgebietes - *endemisch* lebt. In Material 2 wird darauf verwiesen, dass man beide Arten in Gefangenschaft kreuzen kann und sich deren Mischlinge normal entwickeln. Daraus kann man schließen, dass die *Fortpflanzungsbarriere* zwischen den Arten noch nicht in Form einer *genetischen Separation* besteht, sondern auf Grund einer *geographische Isolation* unter natürlichen Bedingungen nicht möglich ist. Somit handelt es sich im strengeren Sinne nur um *Unterarten*.

Die Tatsache, dass die Veranlagung zur Neotenie rezessiv vererbt wird (vgl. Material 2) und der Hinweis in Material 3, dass Neotenie auch bei Tigerquerzahnmolchen vorkommt, lässt den Schluss zu, dass die Veranlagung zur Neotenie sich auch im *Genpool* der Tigerzahnquermolche befindet und nur dann beobachtet werden kann, wenn homozygot-rezessive Tiere entstehen.

Man kann sich nun vorstellen, dass Axolotl und Tigerquerzahnmolch einen *gemeinsamen Vorfahren* hatten, in dessen Genpool sich durch *Mutation* die Veranlagung zur Neotenie zufällig entwickelte. Eine *Teilpopulation* hat es in den Xochimilco-See verschlagen, eventuell durch Veränderung der Zuflüsse oder weiterer klimatischer Veränderung wurde diese Teilpopulation *geographisch isoliert*. In dieser kleinen Teilpopulation hat die *Gen-drift* zu einer homozygot-rezessiven (bzgl. der Neotenie) Rasse geführt, die dann auf Grund der veränderten *ökologischen Bedingungen* auch in weiteren Merkmalen (Verhaltensreaktionen, äußere Färbung usw.) sich zu einer eigenen Unterart entwickelte. In der *ursprünglichen Population* konnte durch ständige *Durchmischung* des Genpools bei einer *großen Individuenzahl* eine solche homozygot-rezessive Population nicht oder nur in wenigen Gebieten unter bestimmten ökologischen Bedingungen entstehen.

Es wäre auch denkbar, dass die Prüflinge zusätzlich noch einen geringeren *Fischbesatz* im Xochimilco-See mindestens zur Zeit der Besiedelung vermuten (vgl. Material 3). Damit ergäbe sich ein geringerer *Selektionsdruck* hin zu metamorphosierten Molchen, gleichzeitig hätten die neotenen Molche einen Vorteil, weil sie in kürzerer Zeit größer werden

und damit der zwischenartliche und der innerartliche *Konkurrenzdruck* geringer wird.

Im Unterricht sollte das Erstellen von Hypothesen zur Artbildung an vielen Beispielen geübt worden sein, die genannten Fachbegriffe stellen dann für die Prüflinge ein bekanntes Diskussionsgerüst dar. Da das hier gegebene Material aber völlig unbekannt ist und mehrere Informationen aus verschiedenen Textmaterialien zusammengefügt werden müssen, sind die zu erwartenden Leistungen gerade bei großem Differenzierungsgrad der Argumente, einer sorgfältigen Gliederung und gut nachvollziehbarer Darstellung dem höchsten Anforderungsniveau zuzuordnen.

Anforderungsbereich II, III
35%

Ökologie / Verhaltenslehre**Aufgabe 5: Monokulturen**

Das extreme Bevölkerungswachstum der letzten beiden Jahrhunderte stellte hohe Anforderungen an die Agrarwissenschaft und die Landwirtschaft. Ertragssteigerungsmöglichkeiten mussten erdacht, erprobt und den sich rasch verändernden technischen Möglichkeiten der Agrarwirtschaft angepasst werden. Gravierende und weithin sichtbare Veränderungen in der Landwirtschaft fanden bereits Anfang des 18. Jahrhunderts statt, als man im Zuge der industriellen Revolution begann, Nutzpflanzen in Form von Monokulturen anzubauen, was zunächst große Vorteile mit sich brachte. Schnell zeigten sich aber auch negative Folgen monokulturellen Anbaus.

Material 1: (auszuteilen)

Diercke Weltatlas, Seite 198, Abb. 2 und 3

Material 2: Monokulturelle Landwirtschaft

Der einseitige Anbau von Pflanzen gleicher Art wird als Monokultur bezeichnet. Ein Großteil landwirtschaftlich genutzter Fläche besteht weltweit aus Monokulturen. Der großflächige Anbau gleicher Pflanzen hat für den Landwirt große Vorteile, aber auch Nachteile. Monokulturen führen u.a. sehr schnell zur Bodenermüdung und zur Bodenbelastung durch Pestizide, die sich zudem in Biozönosen anreichern. Viele Nutzpflanzen haben spezielle Ansprüche an den Boden, die der vorhandene Boden in vielen Fällen nicht bietet. Um überhaupt bestimmte Pflanzen ertragreich anbauen zu können, wird vor allem der A-Horizont intensiv bearbeitet und auf die anzubauende Pflanze eingestellt.

Extrembeispiele von monokulturellem Anbau finden sich in den USA und Kanada, wo viele Nutzpflanzen wie Baumwolle, Weizen, Hirse, Mais und Kartoffeln bereits seit Mitte des letzten Jahrhunderts auf viele Hektar großen, zusammenhängenden Flächen angebaut werden (siehe Diercke S. 198, Abb. 2. u. 3.). In Deutschland wird etwa die Hälfte der Fläche im engeren Sinne landwirtschaftlich und zum großen Teil monokulturell genutzt.

Material 3: Vorkommen und Verteilung von Regenwurmarten in Mitteleuropa

	Artenzahl	Individuen pro m ²	Biomasse in g pro m ²
Wald	30	78	40
Wiese	26	97	48
Acker	4	41	20

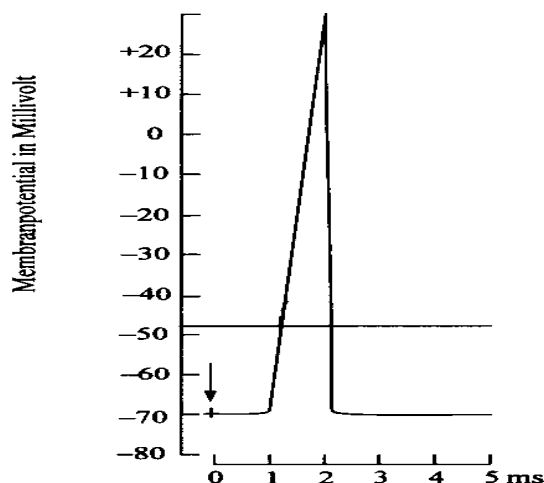
Material 4: Bekämpfung des Kartoffelkäfers

Die zu den Nachtschattengewächsen (Solanaceae) gehörende Kartoffelpflanze wurde 1569 von Südamerika nach Europa gebracht. Seit Mitte des 18. Jahrhunderts wird sie als Nutzpflanze angebaut. Seither hat sie enorm an Bedeutung gewonnen. So betrug 1994 die jährliche Erntemenge weltweit 271 Mio t.

Für die Kartoffelpflanze sind neben bestimmten Pilzarten besonders die Kartoffelkäfer gefürchtete Schädlinge. Bei starkem Befall können sie Kartoffelpflanzen völlig kahlfressen. Die Weibchen legen 400 - 800 Eier pro Jahr, je nach Klima sind ein bis drei Generationen möglich. Kartoffelkäfer können zwei Jahre alt werden.

- 10 Als Schädling auf der Kartoffelpflanze wurde der Käfer erstmals in Colorado (USA) beobachtet. Davor befiel er vor allem den wirtschaftlich nicht genutzten und ebenfalls zu den Nachtschattengewächsen gehörenden Stachel-Nachtschatten als Wirtspflanze.
- 15 Die Bekämpfung des Kartoffelkäfers erfolgte in Deutschland bis nach dem Krieg ausschließlich durch Absammeln per Hand. Natürliche Feinde, die den Kartoffelkäfer selbst bei großem Populationswachstum eindämmen könnten, fehlen in Europa. Heutzutage verwendet man erfolgreich Insektizide wie z.B. das Organophosphat Carbaryl. Carbaryl hemmt das Enzym Cholinesterase irreversibel. Carbaryl ist zwar biologisch abbaubar, wirkt aber auch auf andere Insekten und reichert sich kurzfristig in der natürlichen Nahrungskette an. In Russland wird deshalb versucht den natürlichen Feind des Kartoffelkäfers, die nord-amerikanische Raupenfliege *Doryphorophaga doryphorae*, die ihre Eier spezifisch nur in Kartoffelkäferlarven legt, anzusiedeln.
- 20

Material 5: Normales Aktionspotential an einer neuromuskulären Synapse nach Reizung (Pfeil)



- a) Nennen und erläutern Sie die Nachteile des monokulturellen Anbaus. Gehen Sie bei Ihren Überlegungen auf die allgemeinen ökologischen Folgen ein.
- b) Das Material 4 beschreibt die Lebensweise und die Möglichkeiten der Bekämpfung des Kartoffelkäfers. Erstellen Sie eine beschriftete Skizze, aus der hervorgeht, wie sich die Populationen der Kartoffelkäfer und der Raupenfliege *D.doryphorae* über mehrere Generationen entwickeln könnten.
Nennen und erläutern Sie die fachlichen Grundlagen, nach denen Sie die Skizze anfertigen.
- c) Erklären Sie, ob eine vollständige Ausrottung der Kartoffelkäfer durch die Raupenfliege möglich ist!
- d) Erläutern Sie die Auswirkungen einer Vergiftung eines Insekts mit Carbaryl auf die Funktion einer neuromuskulären Synapse.

- e) Tragen Sie den Verlauf des Aktionspotentials nach einer Carbarylvergiftung direkt in das Diagramm des Materials 5 ein. Beschreiben Sie die sichtbaren Symptome einer Vergiftung mit Carbaryl.

Literatur

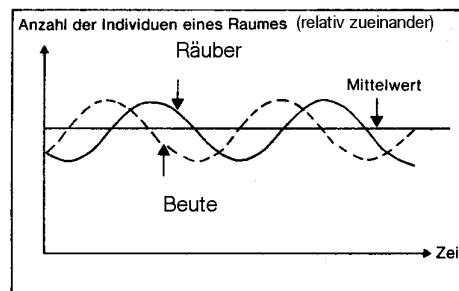
- Bick, H.: Ökologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1989
Brockhaus: Brockhaus Enzyklopädie, 1972
Diercke Weltatlas: Westermann Verlag, Braunschweig 1992
Franz, J.M.; Krieg, A.: Biologische Schädlingsbekämpfung. Parey Verlag, Hamburg 1976
Graf, U.: Ökologie. Westermann Oberstufe, Braunschweig 1990
Kolbe, W.: Landbau und Ernährung. Rheinischer Landwirtschaftsverlag, Bonn 1984
Müller, H.J.: Ökologie. Gustav Fischer Verlag, Jena 1991
Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte Sek. II, Stark-Verlag (Aufgabe C 1.16, verändert)

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- a) Nennung und Erläuterung von Nachteilen der Monokulturen (weitere Nennungen möglich)
- Bodensicherungsmaßnahmen:** Anlage von Terrassen und Erosionsrinnen zur Führung und Sammlung des Oberflächenwassers mit gleichzeitigem Effekt der Reduzierung der Fließgeschwindigkeit und damit geringerer Abtragung und Auswaschung. Bau von Windschutzhecken zur Verringerung der Windgeschwindigkeit und zum Windbruch mit dem Effekt der geringeren Bodenabtragung durch Wind.
- Auslaugung des Bodens:** Durch anfallendes Oberflächenwasser mit geringer Sickermöglichkeit werden aufgrund hoher Fließgeschwindigkeit Nährsalze ausgewaschen. Die Humusschicht geht verloren.
- Schädlingsbefall:** Aufgrund des Anbaus einer Pflanzenart wird Spezialisten unter den Schädlingen die Möglichkeit gegeben, sich wegen des großen Nahrungsangebotes extrem zu vermehren.
- Düngereinsatz:** Das Auswaschen der Nährsalze und die einseitige Entnahme der Nährsalze durch Kulturpflanzen muss durch intensiven Düngemittelsatz kompensiert werden. In Verbindung mit der gleichzeitigen Auswaschung des Bodens kommt es andernorts zu Eutrophierungserscheinungen (mit Erklärung), weil sich Nährsalze ansammeln und starkes Pflanzenwachstum u.a. in limnischen Systemen begünstigen.
- Artendiversität:** Durch den monotonen Anbau gehen ursprüngliche Biocönosen zugrunde oder sie werden stark verändert, weil Nahrungsnetze aufgrund fehlender Trophieebenen gestört werden. Extreme Lebensbedingungen (mit näheren Erläuterungen) machen es vielen Arten unmöglich, sich dauerhaft anzusiedeln (ökologische Potenz). Monokulturen sind anscheinend Extrembiotop mit hoher Individuenzahl, bei niedriger Artenzahl (Material 3).
- Pestizideinsatz:** Pestizide werden gegen Organismen angewandt, die einen Teil der unteren Trophieebenen bilden. Über die Nahrungskette werden Gifte über die Nahrung an höhere Trophieebenen weiter gegeben und entsprechend der Energiepyramide akkumuliert. Pestizide reichern sich im Oberflächenwasser an und gelangen in limnische Bereiche, wo sie ebenfalls innerhalb anderer Nahrungsketten akkumuliert werden. Der dauerhafte Einsatz von Pestiziden führt zur Resistenzbildung, die einher geht mit der Zunahme der Produktion von Pestiziden und resistenter Arten. Erklärung der Resistenz.

Grundlagen der Agrarökologie, der Eutrophierung, der Stoff- und Energieweitergabe und Auswirkungen des Pestizideinsatzes in Ökosystemen müssen im Unterricht behandelt worden sein. Auch wenn den Prüflingen die Grundlagen der Agrarökologie bekannt sind, erfordern die Erklärungen der Nachteile monokulturellen Anbaus aufgrund des unbekanntem Materials und der Materialfülle ein hohes Maß an gut strukturierter Reproduktion mit fachlichem Überblick.

Anforderungsbereich I,II
35%



- b) Entwicklung der Populationen von Kartoffelkäfer und Raupenfliege
Räuber-Beute-Beziehung und Skizze mit phasenverschobenen Maxima und Minima von Räuber und Beute sowie konstanten Mittelwerten. Erklärung nach Volterra 1 und 2.
Volterra 1: Gesetz der periodischen Zyklen. Bei annähernd gleichbleibenden Umweltbedingungen schwankt die Anzahl der Individuen in Räuber-Beute-Systemen regelmäßig wiederkehrend um einen Mittelwert. Die Maxima und Minima von Räuber und Beute verhalten sich phasenverschoben zueinander.

Volterra 2: Die durchschnittliche Anzahl der Individuen im Räuber-Beute-System bleibt annähernd konstant. Der Mittelwert des Nahrungsspezialisten „Raupenfliege“ muss über dem Mittelwert des Kartoffelkäfers liegen. (In der folgenden Abbildung sind nur relative Werte angegeben.)

Wenn die Volterraschen Gesetze im Unterricht behandelt wurden, handelt es sich um eine Wiederholung. Die Prüflinge müssen lediglich anhand des Materials erkennen, dass es sich um eine Räuber-Beute-Beziehung handelt.

Anforderungsbereich II
20%

- c) Vollständige Ausrottung
Da die Raupenfliege den Wirt spezifisch befällt, ist eine rasche Dezimierung der Käfer zu erwarten, allerdings wird sich auch die Beute zeitweise wieder erholen können, da nicht alle Käferlarven vom Räuber erfasst werden. Auf lange Sicht gesehen kann damit gerechnet werden, dass die Mittelwerte von Räuber und Beute stark sinken, der Kurvenverlauf bleibt erhalten.

Da hier die Volterraschen Gesetze angewendet werden müssen, handelt es sich um die Anwendung gelernten Wissens, allerdings in geringem Umfang.

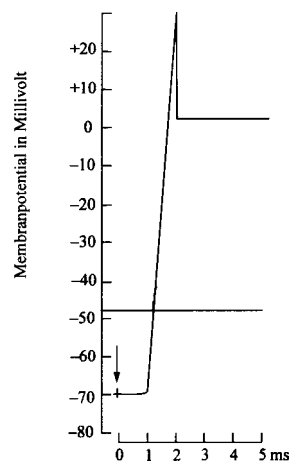
Anforderungsbereich II
20%

d) Wirkung von Carbaryl

Acetylcholin wird beim Nervenreiz freigesetzt und es erfolgt wie im Normalfall eine Depolarisation, die jedoch bei Vergiftung mit Carbaryl als Cholinesterasehemmer erhalten bleibt. Das Acetylcholin kann nicht mehr abgebaut werden. Es kommt zur Dauerreizung.

Wenn die Einwirkung von Giften nicht im Unterricht behandelt wurde, handelt es sich um die Übertragung gelernten Wissens auf einen neuen Sachverhalt, der problemlösend analysiert werden muss.

Anforderungsbereich II/III
15%



e) Verlauf und Symptome

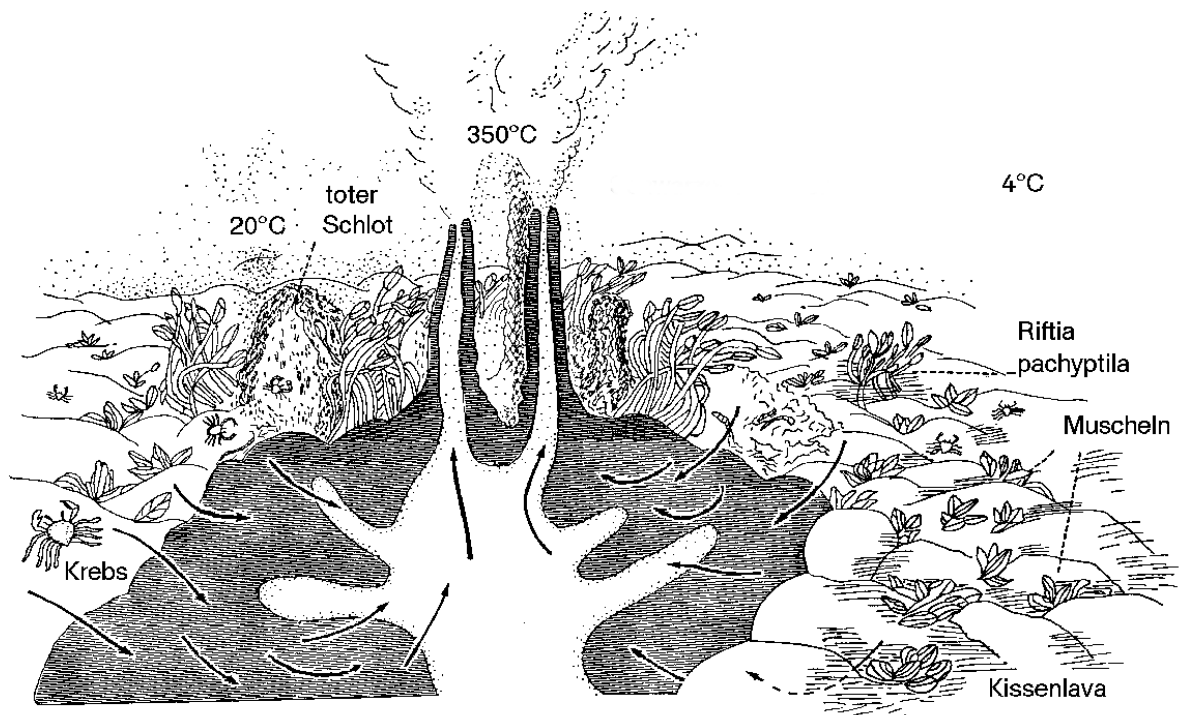
Die Vergiftung mit Carbaryl führt auf Grund der Dauerdepolarisation langfristig zu Lähmungserscheinungen. Die Dauerdepolarisation (auch auf Spitzenniveau denkbar) muss aus der in das Diagramm des Materials 5 eingetragenen Kurve ersichtlich sein.

Wenn die Einwirkung von Giften nicht im Unterricht behandelt wurde, handelt es sich um die Übertragung gelernten Wissens auf einen neuen Sachverhalt, wobei die symptomatischen Lähmungserscheinungen problemlösend erschlossen werden müssen.

Anforderungsbereich III
10%

Ökologie / Stoffwechselfysiologie**Aufgabe 6: Tiefsee**

Im Jahre 1977 entdeckten Geologen mit dem Tauchboot "Alvin" in 2600m Tiefe an einem Dehnungsrücken im Pazifischen Ozean heiße Tiefseequellen, sog. Hydrothermalquellen. Später fand man sie auch in anderen Meeren dort, wo ozeanischen Platten auseinander driften und Magma an die Oberfläche drängt.

Material 1: Abbildung Hydrothermalquellen

(Die schwarzen Pfeile veranschaulichen die Strömung des Wassers im porösen Gestein)

Material 2: Text Hydrothermalquellen

Die Tiefsee bildet mit einer durchschnittlichen Tiefe von etwa 4000 Metern und einem Flächenanteil von 53% an der Gesamtbodenfläche aller Weltmeere den größten Teil des Meeresbodens. Der Boden ist durchgehend schlammig, hervorgerufen durch abgesunkenes, abgestorbenes Plankton und andere größere Organismen.

5

Im Bereich der Dehnungsrücken kommt es unter hohem Druck zu Reaktionen zwischen Meerwasser und heißem Gestein. Dabei entstehen u.a. H_2S und CO_2 . Als Resultat steigt eine 350°C heiße, saure und an Metallionen reiche Lösung aus dem Meeresboden auf. Durch Ausfällung von Sulfaten und Sulfiden bilden sich um die Austrittsstellen des heißen Wassers schlotartige Erhebungen. Die Forscher fanden im unmittelbaren Bereich dieser Hydrothermalquellen Tierarten, die bei völliger Dunkelheit und sehr hohem Druck (über 200 bar) in außerordentlich hohen Populationsdichten lebten, wie man sie bislang in der Tiefsee für ausgeschlossen hielt. Die im Vergleich zur Tiefsee (ca. 2 - 4°C) relativ hohe Temperatur von 10 -

10

15 20°C ist sicherlich ein Grund für die Organismenfülle. Die hohe Populationsdichte an den Schloten von sich heterotroph ernährenden Lebewesen (Röhrenwürmer mit Längen bis zu 1m, 30cm lange weiße Muscheln, Trauben von Muscheln, Garnelen, Krabben sowie zahlreiche Fische und Tintenfische), konnte man aber nicht mit der Versorgung durch aus euphotischen Bereichen des Meeres sedimentierende Nährstoffe allein erklären.

20 Man fand frei lebende, chemoautotrophe Bakterien, die den hohen H₂S-Gehalt im sauerstoffreichen Umfeld zu Wasser und Schwefel, teils sogar zu Sulfat oxidieren. Bei diesen Prozessen wird Energie frei. Diese Schwefelbakterien wurden auch in einigen Organismen der Schlotfauna gefunden, insbesondere in den Muscheln und dem bis zu einem Meter langen, darmlosen Bartwurm *Riftia pachyptila*. Im Körperinneren von *Riftia* werden die Bakterien vom Wurm mit H₂S und O₂ für den energieliefernden Oxidationsprozess und mit CO₂ als

25 Ausgangsprodukt für die Synthese organischer Verbindungen versorgt, die die Bakterien wiederum dem Wurm zur Verfügung stellen.

Krabben und Garnelen ernähren sich von Bakterien und Detritus. Tintenfische ernähren sich räuberisch von Krebsen, Muscheln und einigen Fischarten. Räuberische Fischarten ernähren sich von anderen Fischen und Tintenfischen.

30 Die hydrothermalen Tätigkeiten halten an einer Stelle nur wenige Jahrzehnte an. Stellt ein Schlot seine Tätigkeit ein, geht auch die in seinem Bereich vergesellschaftete hydrothermale Fauna zugrunde. Es entstehen aber immer wieder neue Hydrothermalquellen im Bereich der mittelozeanischen Dehnungsrücken, die dann auch wieder sehr schnell von der typischen Fauna besiedelt werden, obwohl diese Schlote manchmal Tausende von Kilometern weit

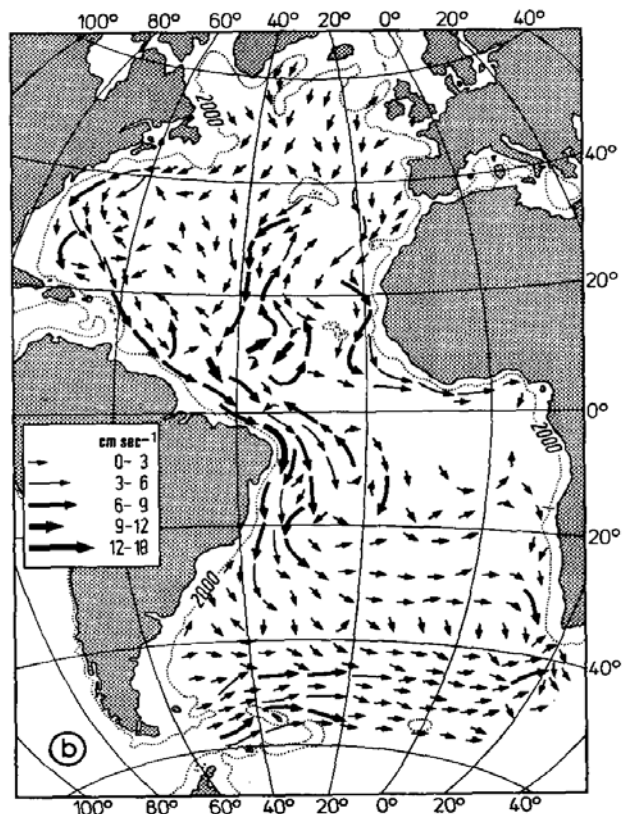
35 voneinander entfernt sind. Das Artenspektrum der Hydrothermalquellen ähnelt sich weltweit sehr stark.

Wie andere Lebensräume auch, ist die Tiefsee möglicherweise bedroht. Der Meeresboden der Tiefsee gilt als nahezu unerschöpfliches Erzreservoir für die nächsten Jahrhunderte. Meeresbiologen warnen vor dem Abbau der Erze, weil dabei sehr viel schwermetallhaltiges

40 Sediment aufgewirbelt würde, welches sich in der Nahrungskette anreichert und zu Missbildungen sowie hohen Sterblichkeitsraten von Meeresbewohnern führen könnte.

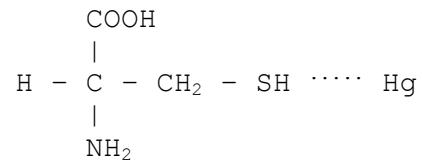
Material 3:

Meeresströmungen in der atlantischen Tiefsee



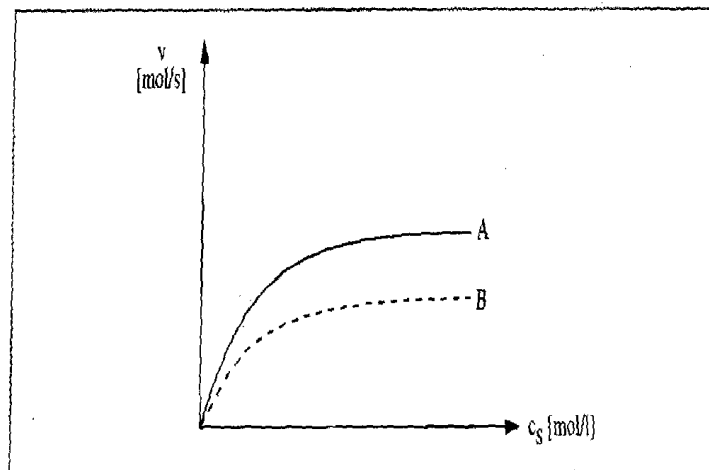
Material 4:

Chemische Struktur der Aminosäure Cystein und deren Bindung an das Schwermetall Quecksilber (Hg)

**Material 5:** Einwirkung von Schwermetallen auf enzymatische Reaktionen

A: ohne Schwermetall
B: mit Schwermetall

V= Reaktionsgeschwindigkeit
C= Konzentration
S= Substrat



- Charakterisieren Sie die abiotischen und biotischen Faktoren der Hydrothermalquellen und ordnen Sie die hier existierenden Lebewesen den Trophieebenen zu!
- Stellen Sie wenige **grundlegende** Unterschiede zwischen den Hydrothermalquellen und einem Ihnen bekannten Ökosystem dar.
- Benennen und diskutieren Sie Strategiemöglichkeiten, mit denen die Organismen der Hydrothermalquellen den Fortbestand der eigenen Art sichern und mehrere hundert Kilometer entfernte, neu entstandene Schloten besiedeln können.
- Erläutern Sie die Bedeutung des Faktors Temperatur für die Besiedelung der Hydrothermalquellen aus stoffwechselphysiologischer und ökologischer Sicht.
- Erläutern und begründen Sie die Wirkung und Folgen hoher Kontaminationen mit Schwermetallen für Organismen anhand des Materials 4 und 5.

Literatur

- Bick, H.: Ökologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1989
- Childress J.J. et al.: Symbiose in der Tiefsee. In: Biologie der Meere, Spektrum-Akademischer Verlag, Heidelberg 1987
- Dietrich, G. et al.: Allgemeine Meereskunde. Gebrüder Bornträger, Stuttgart 1975
- Götting; Kilian; Schnetter: Einführung in die Meeresbiologie. Vieweg Studium, Braunschweig 1988
- Linder: Biologie. Schroedel-Schulbuchverlag, Hannover 1989
- Ott, J.: Meereskunde. UTB, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1988
- Tardent, P.: Meeresbiologie. Thieme-Verlag, Stuttgart 1979

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

a) Nennung abiotischer und biotischer Faktoren

Die Schüler sollen abiotische und biotische Faktoren der Hydrothermalquellen charakterisieren und zuordnen.

Abiotische Faktoren: geringe Temperatur in der Umgebung, hohe Temperatur im Bereich der Schlote; H₂S-Gehalt, hoher Gehalt an Sulfaten und anderen Salzionen; hoher Gehalt an CO₂; O₂ vorhanden; Dunkelheit.

Biotische Faktoren: Schwefelbakterien (Produzenten), Muscheln und Röhrenwürmer (Konsumenten 1. Ordnung), Krabben (Konsumenten 2. Ordnung), Fische und Tintenfische (Endkonsumenten), Destruenten werden nicht erwähnt, müssen aber vorhanden sein.

Ein Ökosystem muss mit den Prüflingen exemplarisch erarbeitet worden sein. Begriffe wie abiotische und biotische Faktoren sind dann als bekannt vorauszusetzen.

Anforderungsbereiche I, II
20 %

b) Unterschiede zu einem bekannten Ökosystem

Grundlegende Unterschiede zu bekannten Ökosystemen bestehen hinsichtlich des Stoff- und Energiekreislaufs am Anfang der Nahrungskette. Der Energielieferant bei bekannten Ökosystemen wie dem Wald oder dem See ist grundsätzlich das Licht, welches von Produzenten mittels der Photosynthese den Aufbau organischer Substanz initiiert und damit die Grundlage für alle weiteren Stoffkreisläufe darstellt. Im vorliegenden Fall fehlt das Sonnenlicht. Energielieferant sind Substrate, die das Ökosystem selbst zur Verfügung stellt. Diese Substrate werden von chemosynthetisch aktiven Bakterien umgesetzt, die als Produzenten bezeichnet werden können. Eine Besonderheit ist die besondere Stellung der Bakterien, die nicht frei, sondern in Symbiose (Endosymbiose) mit weiteren Gliedern der Nahrungskette bei gegenseitigem Nutzen vergesellschaftet sind.

Die Prüflinge müssen wesentliche Unterschiede zwischen den Hydrothermalquellen und einem ihnen bekannten Ökosystem herausarbeiten. Weiterhin sollen sie die Rolle der Bakterien erkennen und begrifflich einordnen. Inhalte des Unterrichts sind auf ein neues Beispiel zu übertragen.

Anforderungsbereich II
20 %

c) Strategien der Wiederbesiedelung

Die Organismen der Tiefsee-Schlote müssen in der Lage sein, kälteresistente Dauerstadien

auszubilden, die dann mit der Meeresströmung (Material 3) verdriftet werden. Sie müssen eine hohe Reproduktionsrate und kurze Reproduktionszyklen aufweisen. Da das Erreichen eines neuen aktiven Schlotes reiner Zufall ist, müssen diese Stadien latenten Lebens in großer Zahl gebildet werden und lange Zeit in diesem Zustand verbleiben können. Bei den meisten Bewohnern der Hydrothermalquellen handelt es sich also um typische r-Strategen, mit Ausnahme der höheren Wirbeltiere wie Fische und Tintenfische (K-Strategen), die eigene Mobilität aufweisen.

Die Begriffe r- und K-Strategie sowie die Möglichkeit, dass Organismen mobile Larvalstadien bilden können, müssen den Prüflingen bekannt sein. Die richtige und vollständige Lösung bedarf der genauen Analyse der Biocönose und der vorliegenden Informationen, wobei die Prüflinge die im Unterricht erlernte Formenkenntnis mit dem eigenen Wissen über die Lebensweise verschiedener Tiere verknüpfen müssen.

Anforderungsbereich II
20 %

d) Temperatur aus stoffwechselphysiologischer und ökologischer Sicht

Die R-G-T-Regel, die ökologische Potenz und die Toleranz gegenüber Umweltfaktoren müssen als bekannt vorausgesetzt werden.

Die R-G-T-Regel (Reaktion-Geschwindigkeit-Temperatur) besagt, dass sich die Geschwindigkeit chemischer Reaktionen im Normaltemperaturbereich bei einer Temperaturerhöhung um 10°C um das 2 - 4-fache erhöht. Stoffwechselreaktionen verlangsamen sich um den Gefrierpunkt derart (Pessimum), dass für viele Organismen ein Überleben kaum noch möglich ist (ausgenommen ihre Dauerstadien). Die Bewohner der Hydrothermalquellen nutzen den Bereich der Schlote, der um 20°C warm ist (Material 1). Somit sind für viele Lebewesen optimale Temperaturbedingungen gegeben (ökologische Potenz) mit Toleranzkurve und Optimum.

Die R-G-T-Regel und Begriffe wie ökologische Potenz werden nicht vorgegeben. Die Prüflinge müssen Zusammenhänge erkennen und über fundierte Grundlagen der Stoffwechselphysiologie und der Ökologie verfügen, wenn die Teilaufgabe umfassend beantwortet werden soll.

Anforderungsbereiche II, III
20 %

e) Wirkung und Folge hoher Schwermetallkonzentrationen in Organismen

Es handelt sich um eine nicht-kompetitive Hemmung, die auf der Bindung der Metalle an freie S-H-Gruppen von Aminosäuren in Proteinen beruht. Im vorliegenden Fall handelt es sich um Enzyme, deren Aktivität stark gemindert wird. Stoffwechselfvorgänge laufen im allgemeinen langsamer ab (Konzentrationsabhängigkeit). Die Folgen könnten vielschichtig sein: Geringeres Wachstum, geringere Motorik, geringeres Fortpflanzungspotential usw.

Wenn die Giftwirkung von Schwermetallen im Unterricht nicht behandelt worden ist, handelt es sich um komplexe Übertragungsleistungen, da die Prüflinge sich mit Hilfe von Grundkenntnissen in neue Sachverhalte und Aspekte der Enzymkinetik einarbeiten müssen.

Anforderungsbereich III
20 %

3.3 Aufgaben für die schriftliche Prüfung im Grundkurs

Abitur Grundkurs

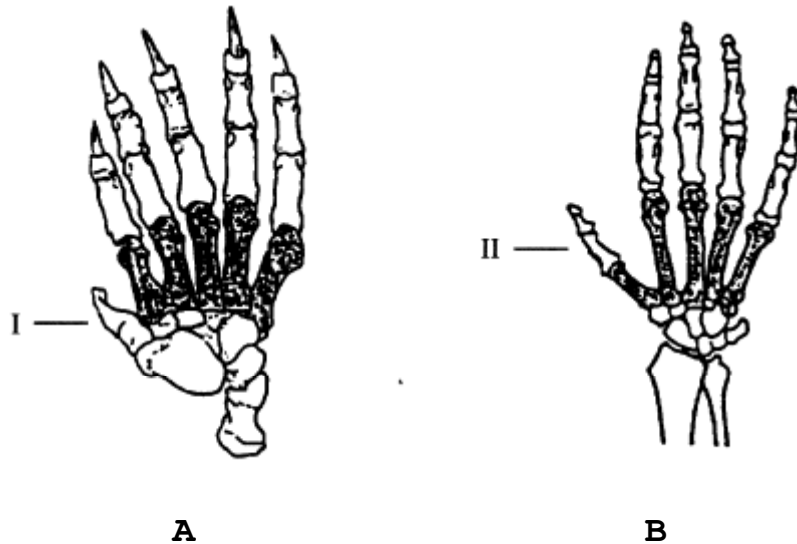
Schule :

Genetik / Evolution

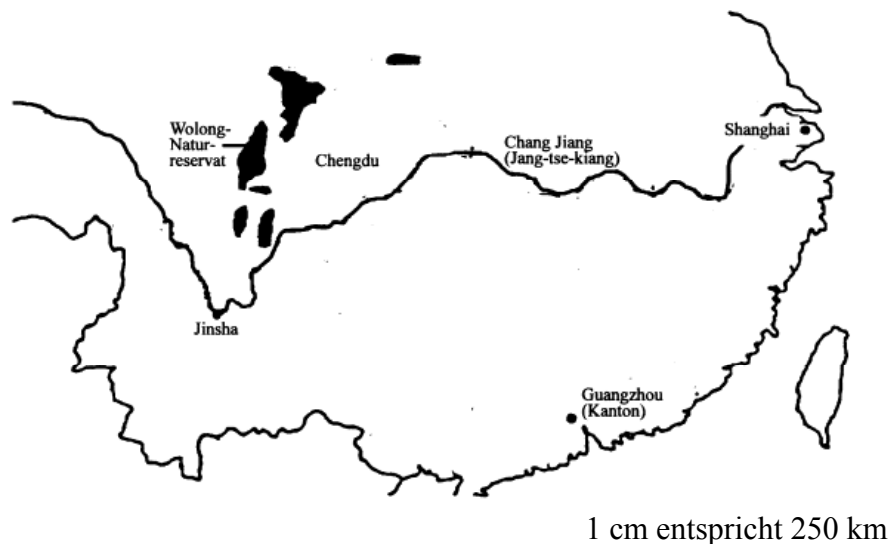
Aufgabe 7: Der Pandabär

Seit der Entdeckung des Riesenpandas (*Ailuropoda melanoleuca*) im Jahr 1869 sind mehr als 40 Abhandlungen über die systematische Zuordnung dieser Art erschienen. Teils wurde er zu den Großbären (z.B. Braunbär) teils zu den Kleinbären (z.B. Waschbär) gerechnet oder gar in eine eigene Familie gestellt. Bei ähnlichen Körpermerkmalen der verschiedenen Bären war es schwierig zu unterscheiden ob diese Merkmale homolog oder analog sind.

Material 1: Vorderextremität von Riesenpanda (A) und Schimpanse (B)



Material 2: Lebensräume des Riesenpandas (schwarz) in China



- a) Definieren Sie die Begriffe „Homologie“ und „Analogie“ und erläutern Sie dazu kurz jeweils ein Beispiel aus dem Bereich der Zoologie und der Botanik!
- b) Zu den einzigartigen Merkmalen des bewegungsträgen Pandabären zählt ein gegenüber stellbarer „Daumen“, mit welchem er geschickt die Blätter vom Bambusstängel abstreift um sie dann zu fressen.
Begründen Sie genau, ob es sich Ihrer Meinung nach bei den in Material 1 dargestellten anatomischen Strukturen von Riesenpanda (I) und Schimpanse (II) um homologe oder analoge Strukturen handelt!
- c) Für die Stammbaumanalyse wurde das Erbgut verschiedener Bärenarten mit Hilfe der DNS-Hybridisierung untersucht. Hierzu wird die DNS einer Bärenart in Einzelstränge getrennt und mit ebenfalls einsträngiger DNS einer anderen Bärenart gemischt. Die DNS-Einzelstränge beider Arten können sich anschließend zu Hybriden, also gemischten DNS-Doppelsträngen, vereinen.
Erläutern Sie anhand einer ausführlich beschrifteten Skizze den Aufbau der DNS und stellen Sie dazu das oben erläuterte Prinzip der „DNS-Hybridisierung“ dar!
- d) Der Riesenpanda ist auf China beschränkt. Er besiedelte noch vor 50 Jahren ein großes zusammenhängendes Gebiet mit Hochgebirgswäldern und Buschdickichten. Durch ständiges Abholzen wurden daraus in den letzten Jahren immer kleinere Rückzugsgebiete, wie sie in Material 2 dargestellt sind.
Geben Sie eine begründete Prognose, wie die Evolution des Riesenpandas unter der Voraussetzung weiter laufen könnte, dass die jetzigen Lebensräume erhalten bleiben und der Mensch nicht weiter in die Pandabestände eingreift!

Literatur

Abituraufgaben mit vollständigen Lösungen Biologie, Leistungskurs Baden-Württemberg
1990. Stark-Verlag

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- a) Definition Homologie : Ähnlichkeit im Grundbauplan von Organen, die bei unterschiedlichen Lebewesen in Anpassung an verschiedene Funktionen verschiedenes Aussehen haben können. Die Organe sind dann homolog, wenn sie nach Zahl und Anordnung einem gemeinsamen Bauplan zugeordnet werden können.
Beispiele wären die Mundwerkzeuge der Insekten sowie der Blütenaufbau bei Königskerze und Löwenmäulchen.
Definition Analogie : Äußerliche Ähnlichkeit von Organen, Körperformen u.a., die derselben Funktion dienen aber keinem identischen Grundbauplan zuzuordnen sind. Es handelt sich um die Ergebnisse einer Anpassung an gleichartige Umweltbedingungen. Homologie ist zunächst auszuschließen.
Beispiele wären die Vorderextremitäten von Maulwurf und Maulwurfsgrielle sowie die Ranken von Platterbse und Wildem Wein.

Die Definitionen müssen aus dem Unterricht bekannt sein, Homologie und Analogie sollten an Hand von Beispielen aus Botanik und Zoologie erläutert worden sein.

Anforderungsbereich I

25 %

- b) Es handelt sich um analoge Bildungen. Der Schimpansendaumen (II) ist der erste Finger, der „Pandadaumen“ (I) ist eine Verlängerung des Handwurzelknochens. Dies wird deutlich zum einen an der Anzahl der „Finger“ (beim Panda sind es sechs fingerartige Strukturen) und an der Morphologie des „Daumens“ (er besitzt keinen einzigen echten Fingerknochen, wie die Schraffierung in Material 1 zeigt). Wichtig bei der Begründung ist das exakte Eingehen auf das Material 1 sowie die Definitionen von Analogie und Homologie.

Das Wissen von Analogie und Homologie muss auf das vorliegende Beispiel angewendet werden. Dabei ist zunächst wichtig, dass nur die „Daumen“ (I, II) und nicht die gesamte Vorderextremität zu vergleichen sind, zudem ist die Abbildung in Bezug auf den Aufbau einer Wirbeltierhand genau zu analysieren.

Anforderungsbereich II, III
25 %

- c) Skizze vom Bau der DNS (Phosphatrest, Zucker und Base können anhand einfacher Symbole dargestellt werden, die Verbindung komplementärer Basen über Wasserstoffbrücken muss deutlich werden) mit besonderer Erwähnung der Paarung komplementärer Basen. Die Auftrennung des Doppelstranges und die Anlagerung eines fremden Einfachstranges mit teilweiser Übereinstimmung in den Basenpaaren müssen erläutert werden.

Der erste Teil ist eine reine Wiederholung, weil bekannte Unterrichtsinhalte wiedergegeben werden müssen.

Die DNS-Hybridisierung muss den Prüflingen unbekannt sein. Auf Grund des Aufgabentextes kann der Sachverhalt sehr kurz und schematisch, aber auch sehr ausführlich unter Nennung der beteiligten Enzyme und Darstellung z.B. einer Schleifenbildung von nicht passenden Basenpaarungen dargestellt werden.

Anforderungsbereich I, II
25 %

- d) Da die jetzigen Lebensräume teilweise sehr weit voneinander entfernt liegen und gegeneinander abgegrenzt sind, liegt geographische Isolation vor (Panda ist bewegungsträge). Es kommt damit zu keiner Durchmischung der Genpools der isolierten Populationen. Mutationen und unterschiedliche Selektionsfaktoren werden vermutlich zur Bildung lokaler Rassen oder gar zur Artaufspaltung führen.

Im Unterricht sollten Selektions- und Isolationsfaktoren sowie Faktoren zu Artenwandel und Artentstehung besprochen worden sein und müssen auf das obige Beispiel angewendet werden. Dabei kommt es auf die genaue Interpretation von Text und Abbildung sowie eine fachsprachlich exakte Argumentation an.

Anforderungsbereich II, III
25 %

Stoffwechselphysiologie / Genetik**Aufgabe 8: Enzymstörungen**

Enzyme sind die allgegenwärtigen Katalysatoren der biochemischen Reaktionen in allen Organismen. Störungen ihrer Funktionsweise oder ihres Aufbaus, ihr Fehlen oder ihre Überproduktion können schwerwiegende Folgen für das betreffende Lebewesen haben.

Material 1

Die meisten Methanolvergiftungen beim Menschen kommen dadurch zustande, dass Methanol mit Ethanol verwechselt oder unerlaubterweise als Zusatz in alkoholischen Getränken verwendet wird.

Die Giftwirkung – u.a. kommt es zur Erblindung – ist jedoch nicht auf Methanol selbst, sondern – neben weiteren Stoffwechselprodukten – auf das im Organismus aus Methanol gebildete Methanal (Formaldehyd), dem wohl giftigsten Aldehyd, zurückzuführen. Diese Umwandlung wird durch das Enzym Alkoholdehydrogenase (ADH) katalysiert.

Alkoholdehydrogenasen sind zu den Oxidoreductasen gehörende Enzyme, die primäre bzw. sekundäre Alkohole in Gegenwart von NAD^+ als Coenzym reversibel zu Aldehyden bzw. Ketonen dehydrieren. In der Leber sind sie am Alkoholabbau beteiligt, in der Hefe katalysieren sie den letzten Schritt der alkoholischen Gärung und in der Netzhaut des Auges sind sie an der Reduktion von Retinal zu Retinol (Vitamin A_1) beteiligt.

Bei Methanolvergiftungen wird zur Behandlung unter anderem Ethanol eingesetzt: Man gibt sofort 30 – 40 ml Ethanol und hält in den folgenden Tagen per Infusion eine bestimmte Ethanolkonzentration im Blut aufrecht.

- a) Stellen Sie die Wirkungsweise von Enzymen dar und nehmen Sie dabei Bezug auf die Substratspezifität des Enzyms ADH.
- b) Stellen Sie begründend dar, weshalb durch Anwendung von Ethanol die Vergiftungserscheinungen, die nach Genuss von Methanol sonst folgen, abgeschwächt werden können!
- c) Enzyme werden im Prozess der Proteinbiosynthese nach der auf der DNA vorgegebenen Information gebildet. Ob allerdings ein bestimmtes Gen transkribiert wird oder nicht, unterliegt einem Regulationsprozess, für den die Naturwissenschaftler *Jacob und Monod* eine Modellvorstellung („Operon-Modell“) entworfen haben.
Entwerfen Sie für die Bildung von ADH in menschlichen Leberzellen ein geeignetes Modell der Genregulation und begründen Sie die Wahl Ihres Regulationstyps!
- d) Durch einen Fehler in der Oogenese der Mutter bekommt deren Sohn von ihr nur ein unvollständiges ADH-Gen, welches kein funktionstüchtiges Enzym zu bilden vermag. Der Vater hingegen liefert ein normales ADH-Gen.
Begründen Sie ausführlich, ob sich dieser autosomal veranlagte Erbfehler rezessiv oder dominant bei dem Sohn exprimiert! Welche phänotypischen Folgen treten Ihrer Meinung nach bei dem Kind auf?

Literatur:

- Buddecke, E.: Grundriss der Biochemie. Walter de Gruyter, 1974
Falbe, J.; Regitz, M. (Hrsg.): Römpp Chemie Lexikon. Georg Thieme Verlag, 1995
Lenz, W.: Medizinische Genetik. Georg Thieme Verlag, 1976
Mutschler, E.: Arzneimittelwirkung. Lehrbuch der Pharmakologie und Toxikologie. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, 1986
Saarländisches Abitur 1989 (leicht verändert)
Strachan, T.; Read, A. P.: Molekulare Humangenetik. Spektrum Akademischer Verlag, 1996

Erwartete Lösung und unterrichtlicher Zusammenhang:

- a) Der Text zeigt deutlich, dass ADH sowohl mit Retinal als auch verschiedenen Alkoholen einen Enzym-Substrat-Komplex zu bilden und die Umsetzung des Substrats zu katalysieren vermag. Die Substratspezifität von ADH ist also nicht sehr stark ausgeprägt, eine ganze Gruppe von Stoffen wird von dem Enzym umgesetzt.
(Erwähnung der Hydroxy- bzw. Carbonylgruppe als wahrscheinlich spezifischer Schlüssel des Substrats für das aktive Zentrum von ADH könnte erschlossen werden.)

Bau und Funktionsweise (Schlüssel-Schloss-Prinzip), Wirkungsweise von Enzymen (über Enzym-Substrat-Komplexe) sowie Substrat- und Wirkungsspezifität müssen behandelt worden sein. Die Prüflinge müssen die (deutlichen) Hinweise aus dem Text dazu nur wiedergeben.

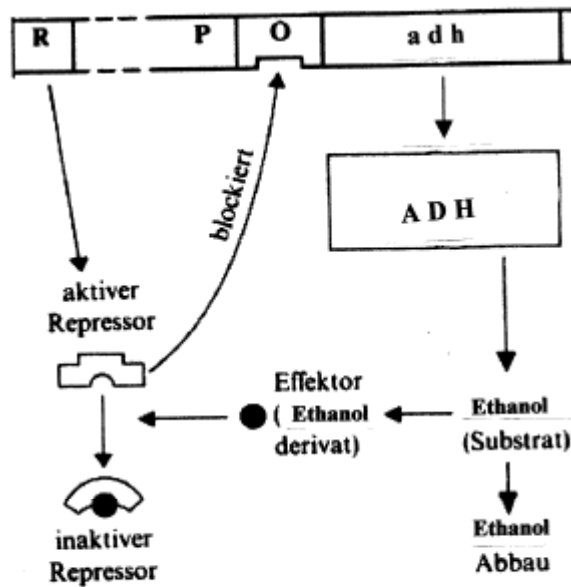
Anforderungsbereich I
25%

- b) Beide Substrate (Ethanol und Methanol) können von ADH umgesetzt werden, so dass die Gabe von Ethanol zur Folge hat, dass nun zwei Substrate in Konkurrenz zueinander treten. Die Wahl dieser Behandlungsmethode legt nahe, dass ADH eine größere Affinität zu Ethanol hat als zu Methanol und so Ethanol an Stelle von Methanol im aktiven Zentrum von ADH gebunden und umgesetzt wird. Da somit ein großer Teil der Enzyme besetzt ist, kann Methanol zum größten Teil nicht zu giftigem Methanal umgesetzt werden (Variante der kompetitiven Hemmung).

Die Konkurrenz um Substrate muss ebenso besprochen worden sein wie Hemmmechanismen. Die Prüflinge müssen diese Sachverhalte aus dem Text erschließen und auf diesen Sachverhalt anwenden. Die Erkenntnis, dass die Aussagen von Material 1 so zu deuten sind, dass die Umsetzung von Ethanol gegenüber der von Methanol begünstigt ist, erfordert eine exakte Interpretation des Textes.

Anforderungsbereich II
25%

- c) Da nur bei Anwesenheit von Ethanol (oder einem anderen Stoff, den das ADH als Substrat erkennt) dieses Enzym in der Leber benötigt wird, ist der Mechanismus der Substratinduktion nur als sinnvoll anzusehen.
Das Operon-Modell muss auf dieses Beispiel bezogen werden (in Schemazeichnung wie Beschriftung).



Das Operon-Modell und die Prinzipien der Substratinduktion sowie der Endproduktrepression müssen ausführlich behandelt worden sein. Die Prüflinge müssen das Regulationsprinzip erkennen bzw. sich logisch herleiten und das zu entwerfende Schema genau auf dieses Beispiel beziehen.

Anforderungsbereich II
25%

- d) Im Normalfall ist die Information zur Bildung des ADH doppelt in jeder Körperzelle enthalten. Bei dem Probanden ist diese Information nur einfach vorhanden, d.h. es wird theoretisch nur die Hälfte des ADH gebildet werden können, wie bei einem gesunden Menschen, es kommt aber nicht zu einem Totalausfall der ADH-Produktion, d.h. die Wirkung ist auf keinen Fall dominant. Bei „normalen“ Alkoholmengen dürfte diese Enzymmenge ausreichen, da ja jederzeit bei Vorhandensein des Substrats das Enzym gebildet wird. Der Erbfehler prägt sich also rezessiv bei dem Sohn aus.

Es ist zu vermuten, dass die phänotypischen Folgen des Verlustes eines ADH-Gens gar nicht oder nur bei großen Mengen an Alkohol-Einnahme erkennbar werden.

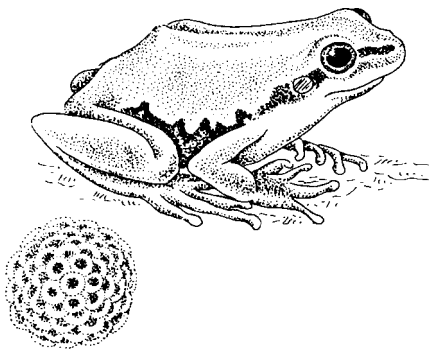
Die Prüflinge müssen sich den geforderten Sachverhalt eigenständig aus den Informationen im Material und ihrem Wissen aus dem Unterricht (sowohl zur Klassischen wie zur Molekularen Genetik) erschließen. Eine solche Fragestellung bzw. Problematik darf nicht aus dem Unterricht bekannt sein.

Anforderungsbereich III
25%

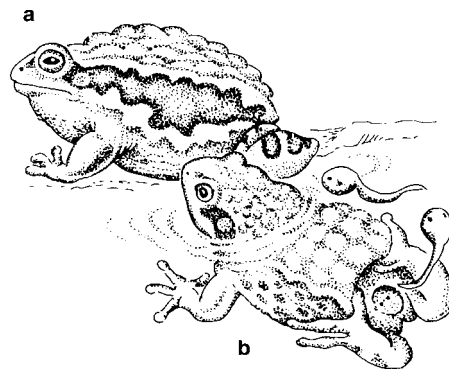
Fortpflanzung und Entwicklung / Evolution

Aufgabe 9: Beutelfrösche

Amphibien dokumentieren mit ihrer besonderen Entwicklung sehr eindrucksvoll die Lösung von Anpassungsproblemen beim Übergang vom Wasser- zum Landleben. Die folgenden Aufgaben stellen die unterschiedlichen Entwicklungsstrategien heimischer Laubfrösche und südamerikanischer Beutelfrösche (eine Untergruppe der Laubfrösche) gegenüber.



Laubfrosch und Laichballen



**a) Beutelfrosch-Weibchen mit Eibeutel
b) Geburt der Kaulquappen**

Arbeitsmaterial**Material 1**

Tropische Laubfrösche haben vielfältige Formen der Brutfürsorge entwickelt. Nur einige Arten legen ihre Eier wie der heimische Laubfrosch im Wasser ab. Die Kaulquappen entwickeln sich dann im Wasser. Andere Arten tragen jedoch ihre Eier und Kaulquappen auf dem Rücken und setzen sie erst im fortgeschrittenen Stadium in einem Gewässer ab. Die in

5 Südamerika lebenden Beutelfrösche gehören ebenfalls zu den Laubfröschen, tragen ihre Eier und Kaulquappen aber geschützt und wohlversorgt in Taschen, die von zusammenwachsen-

den Hautfalten auf dem Rücken gebildet werden.

Die Begattung findet bei den Beutelfröschen an Land, also am Boden oder auf einem Baum, statt. Die Eier werden vom Männchen direkt in den Rückenbeutel befördert, in den es zuvor

10 sein Sperma abgegeben hat. Nach einer Entwicklungszeit in dieser Rückentasche öffnet das Weibchen der Beutelfrösche mit den Hinterfüßen den Beutel und setzt die bereits weit entwickelten Kaulquappen in ein kleines Gewässer ab.

Nachdem die Eier in den Rückenbeutel aufgenommen worden sind, bildet dieser eine reich mit Blutgefäßen durchsetzte Innenhaut, die sich eng um die Eier schmiegt. Die Eier sind groß

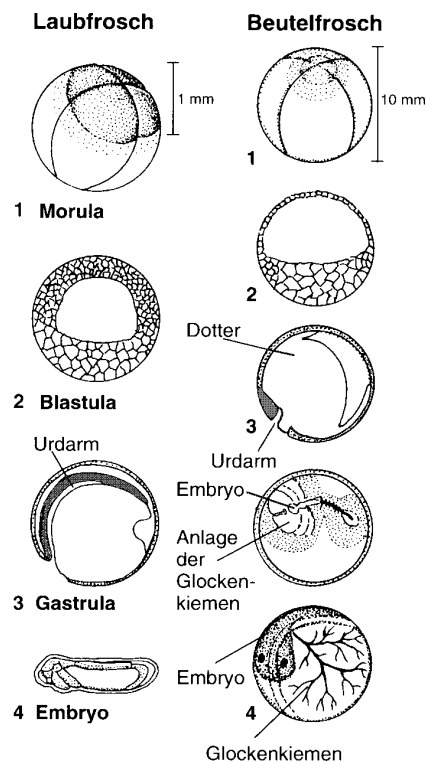
15 und dotterreich (vgl. Material 2). Die Embryonen umgeben sich mit dünnen, reich durchbluteten Gewebelappen, die bei anderen Froscharten nicht vorkommen, den sogenannten Glockenkiemen. Diese stehen in engem Kontakt zu dem Gewebe der Eikammerwand, von der sie nur durch die sehr dünne Gallerthülle des Eies getrennt sind. Bei einigen Arten verschmel-

zen die Glockenkiemen zu einem flüssigkeitsgefüllten Sack, in dem der Embryo schwimmt.

Material 2: Entwicklungsdaten im Vergleich

	Beutelfrösche	andere Laubfrösche	Säuger (Placentatiere)
Ort der Kopulation	Land	Wasser	Land oder Wasser
Zahl der Eier	120-130	1000	1-10
Größe eines Eies	10 mm	2 mm	0,1-1 mm
Dottermaterial	sehr viel	viel	gering
gallertartige Eihülle	wenige Mikrometer dünn	mehrere Millimeter dick	-----
rRNA-Gehalt	kein Unterschied zur Körperzelle	200.000mal mehr als in der Körperzelle	kein Unterschied zur Körperzelle
Beginn der Gastrulation	nach 14 Tagen	nach 14 Stunden	nach ca. 14 Tagen
Embryonalentwicklung bis zur Kaulquappe	in Rückentasche 100-120 Tage	im Wasser 2-3 Tage	-----

Material 3: Frühe Embryonalentwicklung bei heimischen Laubfröschen und Beutelfröschen



Teilaufgaben

- a) Im Material 3 ist die frühe Keimesentwicklung eines heimischen Laubfrosches und eines Beutelfrosches dargestellt.
Stellen Sie die Gemeinsamkeiten und die Unterschiede in der Embryonalentwicklung heraus!
- b) Werten Sie die Angaben der Tabelle (Material 2) aus hinsichtlich
 - der Bedeutung der unterschiedlichen Anzahl der Eier!
 - der funktionalen Zusammenhänge zwischen Entwicklungstempo und dem Ort der Entwicklung, dem Vorrat der Eizelle an ribosomaler RNA (rRNA) sowie der Größe und dem Dottervorrat der Eier!
 - der Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Bau von Beutelfrosch- und Säuger-Ei!
- c) Ordnen Sie die dargestellten Ähnlichkeiten zwischen den Beutelfröschen und den Placentaliern in der Brutfürsorge evolutionsbiologisch ein!

Literatur

Frank, A.; Kattmann, U.: Entwicklung im Rucksack. In: Unterricht Biologie, Heft 220
Hadorn, E.: Experimentelle Entwicklungsforschung. Springer-Verlag 1970
Pino, E.M. del: Beutelfrösche. In: Spektrum der Wissenschaft, Heft 7/1989
Material 3 wurde dem Beitrag von Frank / Kattmann entnommen. Die Schnittebene durch die Gastrula wurde so verändert, dass sie deckungsgenau mit der Längsachse verläuft. Außerdem musste die fehlerhafte Beschriftung in der Abbildung korrigiert werden (Morula - Blastula).

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- a) Gemeinsamkeiten:
Wie bei allen Amphibien findet bei beiden Arten eine totale, inäquale *Furchung* statt, die zu einer *Morula* und später zu einer *Blastula* mit primärer Leibeshöhle (*Blastocoel*) führt. Es schließt sich das Stadium der Keimblattbildung (*Gastrula*) an.
Unterschiede:
Beim Beutelfrosch wandert das Mesoderm kaum in die Blastula ein, so dass nur ein sehr kurzer Urdarm entsteht. Als weitere Folge dieser veränderten Keimblattbildung ergibt sich ein Embryo, der abgehoben auf der Dottermasse liegt.

Die vergleichende Beschreibung von Schemazeichnungen sollte im Unterricht an mehreren Beispielen aus dem Bereich der Amphibienentwicklung geübt, die erwarteten Fachbegriffe müssen eingeführt worden sein.

Anforderungsbereich I
30%

- b) Die Anzahl der Eier ist bedingt durch deren Überlebenswahrscheinlichkeit und den mütterlichen Energieaufwand für ihre Versorgung mit Nährstoffen. Bei wasserlaichenden Fröschen ist das Entwicklungstempo hoch, da Laich und Kaulquappen durch Fressdruck stark gefährdet sind. Dagegen erlaubt der Schutz der Nachkommen im Körper Beutelfröschen wie Säugern eine langsame Entwicklung. Bei schnellem Tempo muss die Körpersubstanz schnell synthetisiert werden. Die Beigabe von viel rRNA in die

Eizelle erspart den Zellen des Keims die Neusynthese, so dass in ihnen sofort viele Ribosomen zur Proteinbiosynthese zur Verfügung stehen. Die kurze Entwicklungsdauer benötigt weniger in der Eizelle vorhandene Nährstoffe, die längere mehr. Letztere ist also entweder auf einen großen Dottervorrat (Beutelfrösche) oder auf Versorgung mit Nährstoffen durch das Muttertier (dotterarme Eier, Plazenta) angewiesen.

Wenn im Unterricht Amphibien und Säuger ausschließlich beschreibend verglichen wurden, stellt die geforderte physiologische Analyse erhebliche Anforderungen an die Prüflinge. Außerdem kommt bei dieser Teilaufgabe erschwerend der Aspekt der rRNA hinzu, da die Proteinbiosynthese i.d.R. nicht Gegenstand der zugrundeliegenden Semesterthemen sein wird.

Anforderungsbereich II, III
40%

- c) Es handelt sich bei der Brutfürsorge von Beutelfröschen und Placentaliern um Funktionsähnlichkeiten (konvergente Entwicklung). Homologiekriterien können aus folgenden Gründen nicht angewendet werden:
- *Kriterium d. Lage*: Die Rückentasche der Beutelfrösche liegt dorsal zur Wirbelsäule, während der Uterus der Placentaliere ventral liegt.
 - *Kriterium d. spez. Qualität*: Die Rückentasche der Beutelfrösche besteht aus veränderter Froschhaut, während der Uterus ein Organ aus Schleimhaut und Muskulatur ist.
 - *Kriterium d. Kontinuität*: Entwicklungsgeschichtlich liegt zwischen den Amphibien und den Säugern die Klasse der Reptilien, von denen eine vergleichbare Brutfürsorge nicht bekannt ist.

An verschiedenen Beispielen aus der Morphologie und der Anatomie von Pflanzen und Tieren sollte der Unterschied von Funktionsähnlichkeit (Analogie und konvergente Entwicklung homologer Strukturen) und Bauplanähnlichkeit (Homologie) erarbeitet worden sein. Durch das Schlüsselwort „Ähnlichkeit“ werden die Schüler zum Arbeitsauftrag im Sinne einer Homologie / Analogie-Diskussion geführt, wenn der Unterricht entsprechend aufgebaut wurde.

Sollten im Semester Evolution keine Beispiele aus der Entwicklungsbiologie untersucht worden sein, werden bei dieser Teilaufgabe fundierte Übertragungsleistungen gefordert.

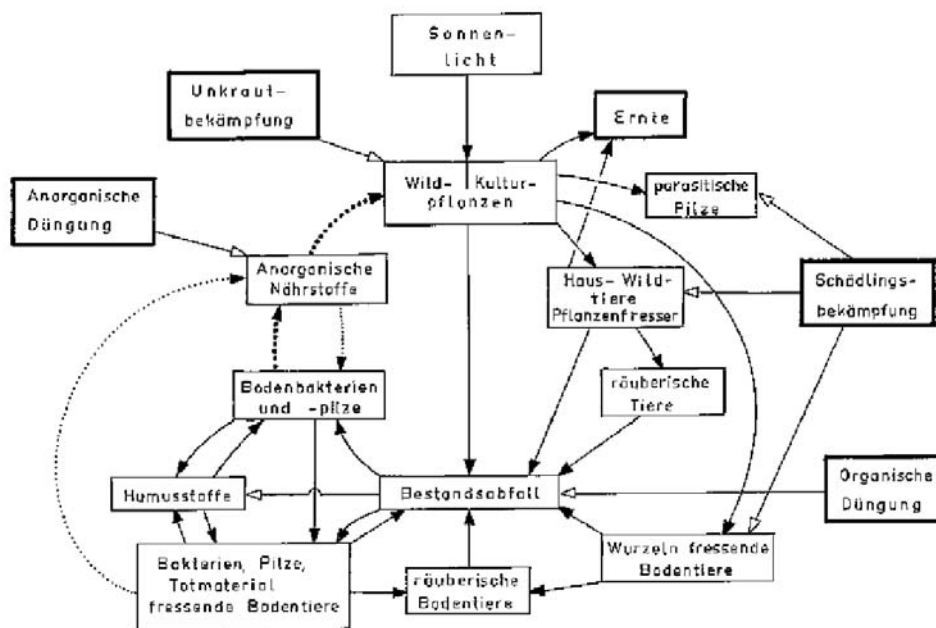
Anforderungsbereich II
30%

Ökologie / Verhaltenslehre

Aufgabe 10: Monokulturen

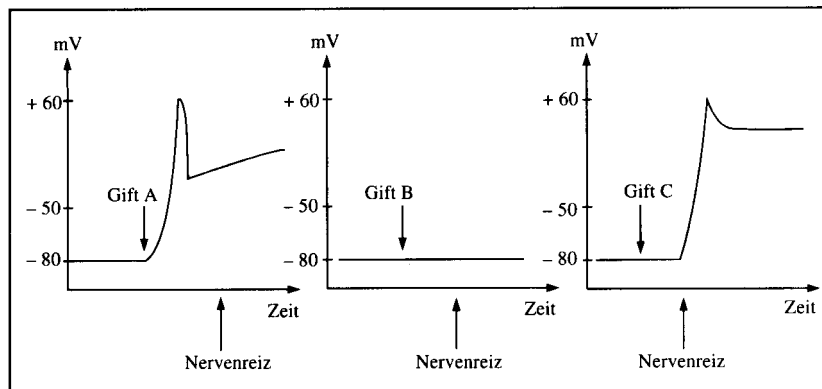
Das extreme Bevölkerungswachstum der letzten beiden Jahrhunderte stellte hohe Anforderungen an die Agrarwissenschaft und die Landwirtschaft. Ertragssteigerungsmöglichkeiten mussten erdacht, erprobt und den sich rasch verändernden technischen Möglichkeiten der Agrarwirtschaft angepasst werden. Gravierende und weithin sichtbare Veränderungen in der Landwirtschaft fanden bereits Anfang des 18. Jahrhunderts statt, als man im Zuge der industriellen Revolution begann, Nutzpflanzen in Form von Monokulturen anzubauen, was zunächst große Vorteile mit sich brachte. Schnell zeigten sich aber auch negative Folgen monokulturellen Anbaus.

Material 1: Wechselwirkungen zwischen den Komponenten einer landwirtschaftlich genutzten Fläche (Monokultur)



Schema eines Agrarökosystems. Im Zentrum Stoff- und Energiefluß zwischen den Kompartimenten (→) und ausschließliche Nährstoffweitergabe (···→). Dick umrahmte Kästchen: Steuerungsmaßnahmen und Eingriffe des Menschen. —→ Wirkungsrichtung.

Material 2: Einfluss von Giften auf den Verlauf des Aktionspotenzials an einer neuromuskulären Synapse



- Beschreiben Sie den grundsätzlichen Aufbau eines Ökosystems. Benennen und erläutern Sie unter Zuhilfenahme des Materials 1 wesentliche Unterschiede zwischen Monokulturen und einem Ihnen bekannten Ökosystem.
- Ein großes Problem vieler Monokulturen sind vermehrt auftretende Schädlinge wie Kartoffelkäfer, die heute mit dem Insektizid Carbaryl bekämpft werden. Carbaryl hemmt das Enzym Cholinesterase irreversibel. Skizzieren Sie den Aufbau einer neuromuskulären Synapse und beschreiben Sie deren Funktion!
- Ordnen Sie den Verlauf des Aktionspotenzials nach einer Carbarylvergiftung einem der drei Diagramme des Materials 2 begründet zu! Verwenden Sie Ihre Ausführungen zu Teilaufgabe b).

Literatur

Bick, H.: Ökologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1989
Brockhaus: Brockhaus Enzyklopädie, 1972
Franz, J.M.; Krieg, A.: Biologische Schädlingsbekämpfung. Parey Verlag, Hamburg 1976
Kolbe, W.: Landbau und Ernährung. Rheinischer Landwirtschaftsverlag, Bonn 1984
Linder: Biologie. Schroedel Schulbuchverlag, Hannover, 1989
Müller, H.J.: Ökologie. Gustav Fischer Verlag, Jena 1991
Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte Sek II. Stark Verlag

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- Aufbau eines Ökosystems und Besonderheiten der Monokulturen
Dargestellt werden sollen die abiotischen und biotischen Faktoren eines Ökosystems mit Energiefluss und grundsätzlichem Stoffkreislauf.
Monokulturen weisen zwar alle Charakteristika natürlicher Ökosysteme auf, allerdings greift der Mensch massiv in die abiotischen und biotischen Faktoren ein und steuert diese.

Erwähnt und erklärt werden sollten die anorganische Düngung, die Unkrautbekämpfung, die Schädlingsbekämpfung, die organische Düngung, die Bodenbearbeitung und die Entnahme von Biomasse durch Ernte. Die Folgen sind anthropogen gesteuerte, untypische Veränderungen der abiotischen Faktoren wie Feuchte, Nährsalzgehalt, pH-Wert, u.a. Dadurch kommt es zu Anpassungsschwierigkeiten aufgrund unterschiedlicher ökologischer Potenzen für viele Pflanzen und Tiere.

Zusätzlich werden durch Unkraut- und Schädlingsbekämpfung viele Organismen der unteren Trophieebenen in ihrer Existenz gehindert oder drastisch eingedämmt, was sich unweigerlich auf eine insgesamt sehr verringerte Artenvielfalt auf allen Trophieebenen der Biocönose auswirken wird.

Die Darstellung des Ökosystems ist eine einfache Wiederholung erlernten Wissens. Einzelaspekte anthropogener Einflüsse sollten an anderer Stelle schon besprochen worden sein. Die Prüflinge müssen dann aus einer relativ umfangreichen Abbildung anthropogene Einflüsse herausarbeiten und strukturiert darstellen.

Anforderungsbereich I,II
40%

b) Skizze und Funktion einer Synapse

Die Beschreibung der Funktion einer Synapse und die Skizze vom Aufbau einer Synapse soll in Anlehnung an Materialien oder Lehrbücher (Linder) erfolgen, die im Unterricht verwendet wurden.

Bei der Beschreibung der Funktion einer Synapse und der Anfertigung einer Skizze handelt es sich um die komplexe Wiederholung erlernten Wissens.

Anforderungsbereich I
25%

c) Carbarylwirkung

Acetylcholin wird beim Nervenreiz freigesetzt und es erfolgt wie im Normalfall eine Depolarisation, die jedoch bei Vergiftung mit Carbaryl als Cholinesterasehemmer erhalten bleibt. Das Acetylcholin kann nicht mehr abgebaut werden. Es kommt zur Dauerreizung und damit zu Lähmungserscheinungen.

Die Dauerdepolarisation wird am Beispiel des Diagramms des Giftes C des Materials 3 ersichtlich und muss anhand der Kurvenverläufe erklärt werden.

Zunächst soll die Wirkung des Carbaryls ermittelt werden. Wenn Giftwirkungen noch nicht besprochen oder nur ansatzweise erörtert worden sind, handelt es sich um den Anforderungsbereich II.

Der Kurvenverlauf von Aktionspotentialen nach Reizung bei Anwesenheit verschiedener Gifte wird vorgegeben. Wenn den Prüflingen nur der Verlauf des normalen Aktionspotentials anhand von Diagrammen erklärt wurde, haben Sie an dieser Stelle zunächst nur wiederholtes Wissen zu übertragen und anzuwenden. Da Ihnen aber unterschiedliche Giftwirkungen vorgegeben werden, müssen sie sich auch mit anderen Möglichkeiten auseinandersetzen, die zwar nicht erwähnt, aber bedacht werden müssen. Insgesamt sind mehrere folgerichtige Entscheidungen zu treffen, um zum richtigen Ergebnis zu gelangen.

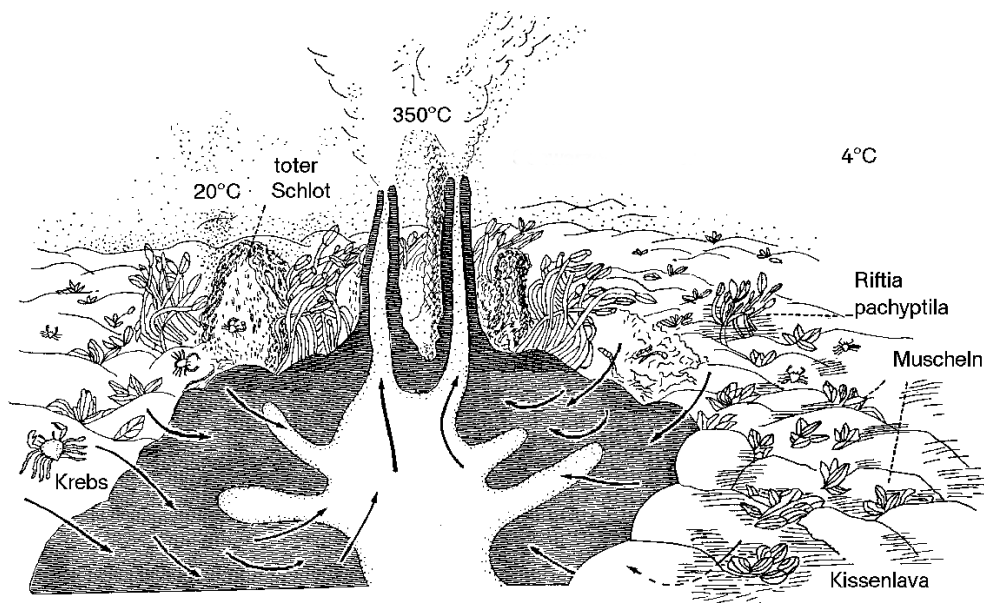
Anforderungsbereiche II, III
35%

Ökologie / Stoffwechselfysiologie

Aufgabe 11: Tiefsee

Im Jahre 1977 entdeckten Geologen mit dem Tauchboot "Alvin" in 2600m Tiefe an einem Dehnungsrücken im Pazifischen Ozean heiße Tiefseequellen, sog. Hydrothermalquellen. Später fand man sie auch in anderen Meeren dort, wo ozeanischen Platten auseinander driften und Magma an die Oberfläche drängt.

Material 1: Abbildung Hydrothermalquellen



(Die schwarzen Pfeile stellen die Strömungen des Wassers im porösen Gestein dar)

Material 2: Text Hydrothermalquellen

Die Tiefsee bildet mit einer durchschnittlichen Tiefe von etwa 4000 Metern und einem Flächenanteil von 53% an der Gesamtbodenfläche aller Weltmeere den größten Teil des Meeresbodens. Der Boden ist durchgehend schlammig, hervorgerufen durch abgesunkenes, abgestorbenes Plankton und andere größere Organismen.

- 5 Im Bereich der Dehnungsrücken kommt es unter hohem Druck zu Reaktionen zwischen Meerwasser und heißem Gestein. Dabei entstehen u.a. H_2S und CO_2 . Als Resultat steigt eine 350°C heiße, saure und metallionenreiche Lösung aus dem Meeresboden auf. Durch Ausfällung von Sulfaten und Sulfiden bilden sich um die Austrittsstellen des heißen Wassers schlotartige Erhebungen. Die Forscher fanden im unmittelbaren Bereich dieser Hydrothermalquellen
- 10 Tierarten, die bei völliger Dunkelheit und sehr hohem Druck (über 200 bar) in außerordentlich hohen Populationsdichten lebten, wie man sie bislang in der Tiefsee für ausgeschlossen hielt. Die im Vergleich zur Tiefsee (ca. 2 - 4°C) relativ hohe Temperatur von 10 - 20°C ist sicherlich ein Grund für die Organismenfülle. Die hohe Populationsdichte an den Schloten von sich heterotroph ernährenden Lebewesen (Röhrenwürmer mit Längen bis zu 1m, 30cm

15 lange weiße Muscheln, Trauben von Muscheln, Garnelen, Krabben sowie zahlreiche Fische und Tintenfische), konnte man aber nicht mit der Versorgung durch aus euphotischen Bereichen des Meeres sedimentierende Nährstoffe allein erklären.

Man fand frei lebende, chemoautotrophe Bakterien, die den hohen H_2S -Gehalt im sauerstoffreichen Umfeld zu Wasser und Schwefel, teils sogar zu Sulfat oxidieren. Bei diesen

20 Prozessen wird Energie frei. Diese Schwefelbakterien wurden auch in einigen Organismen der Schlotfauna gefunden, insbesondere in den Muscheln und dem bis zu einem Meter langen, darmlosen Bartwurm *Riftia pachyptila*. Im Körperinneren von *Riftia* werden die Bakterien vom Wurm mit H_2S und O_2 für den energieliefernden Oxidationsprozess und mit CO_2 als Ausgangsprodukt für die Synthese organischer Verbindungen versorgt, die die Bakterien

25 wiederum dem Wurm zur Verfügung stellen.

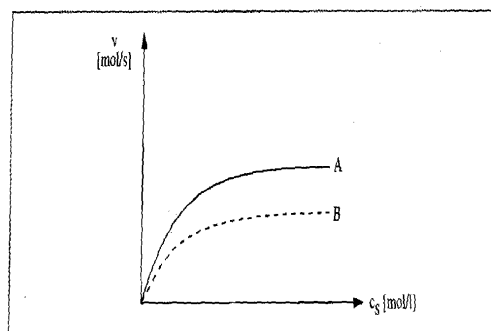
Krabben und Garnelen ernähren sich von Bakterien und Detritus. Tintenfische ernähren sich räuberisch von Krebsen, Muscheln und einigen Fischarten. Räuberische Fischarten ernähren sich von anderen Fischen und Tintenfischen.

Die hydrothermalen Tätigkeiten halten an einer Stelle nur wenige Jahrzehnte an. Stellt ein

30 Schlot seine Tätigkeit ein, geht auch die in seinem Bereich vergesellschaftete hydrothermale Fauna zugrunde. Es entstehen aber immer wieder neue Hydrothermalquellen im Bereich der mittelozeanischen Dehnungsrücken, die dann auch wieder sehr schnell von der typischen Fauna besiedelt werden, obwohl diese Schloten manchmal sogar Tausende von Kilometern weit voneinander entfernt sind. Einige Tierarten wie Krebse und Muscheln pflanzen sich über

35 Larvenstadien fort, die von starken Tiefseeströmungen über große Entfernungen verdriftet werden. Größere Fische und Tintenfische sind als adulte (erwachsene) Tiere in der Lage, unter Ausnutzung der Tiefseeströmungen neu entstandene Hydrothermalquellen zu suchen. Es ist sehr auffällig, dass sich das Artenspektrum der Hydrothermalquellen weltweit sehr stark ähnelt.

40 Wie andere Lebensräume auch, ist die Tiefsee möglicherweise bedroht. Der Meeresboden der Tiefsee gilt als nahezu unerschöpfliches Erzreservoir für die nächsten Jahrhunderte. Meeresbiologen warnen vor dem Abbau der Erze, weil dabei sehr viel schwermetallhaltiges Sediment aufgewirbelt würde, welches sich in der Nahrungskette anreichert und zu Missbildungen sowie hohen Sterblichkeitsraten von Meeresbewohnern führen könnte.



Material 3: Einwirkung von Schwermetallen auf enzymatische Reaktionen

A: ohne Schwermetall
 B: mit Schwermetall

V = Reaktionsgeschwindigkeit
 C = Konzentration
 S = Substrat

- a) Beschreiben Sie den grundsätzlichen Aufbau eines Ökosystems.
- b) Charakterisieren Sie die abiotischen und biotischen Faktoren der Hydrothermalquellen und ordnen Sie die hier existierenden Lebewesen den Trophieebenen zu.
- c) Organismen der Hydrothermalquellen müssen den Fortbestand der eigenen Art sichern und mehrere hundert Kilometer entfernte, neu entstandene Schlotte besiedeln können. Diskutieren und begründen Sie, ob es sich bei den Bewohnern der Hydrothermalquellen um r- oder um K-Strategen handelt.
- d) Erläutern und begründen Sie die Wirkung hoher Kontaminationen mit Schwermetallen auf Organismen anhand des Materials 2 (letzter Absatz) und Materials 3. Beschreiben Sie die Folgen.

Literatur

- Bick, H. : Ökologie. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1989
 Childress J.J. et al.: Symbiose in der Tiefsee. In: Biologie der Meere, Spektrum-Akademischer Verlag, Heidelberg 1987
 Dietrich, G. et al.: Allgemeine Meereskunde. Gebrüder Bornträger, Stuttgart 1975
 Götting; Kilian; Schnetter: Einführung in die Meeresbiologie. Vieweg Studium, Braunschweig 1988
 Linder: Biologie. Schroedel-Schulbuchverlag, Hannover 1989
 Ott, J.: Meereskunde. UTB, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart 1988
 Tardent, P.: Meeresbiologie. Thieme-Verlag, Stuttgart 1979
 Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte Sek. II. Stark Verlag

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- a) Aufbau eines Ökosystems
 Biotop (Lebensraum) = Gesamtheit der abiotischen Faktoren mit allen chemischen und physikalischen Faktoren
 Biozönose (Lebensgemeinschaft) = Gesamtheit der biotischen Faktoren mit Produzenten, Konsumenten (I, II, III, usw.), Destruenten
 Stoffkreisläufe und Energiefluss

Die Prüflinge sollen den im Unterricht behandelten Aufbau eines Ökosystems wiedergeben.

Anforderungsbereich I
15%

- b) Charakterisierung abiotischer und biotischer Faktoren der Hydrothermalquellen
 Die Prüflinge sollen abiotische und biotische Faktoren der Hydrothermalquellen charakterisieren und zuordnen.
 Abiotische Faktoren: geringe Temperatur in der Umgebung, hohe Temperatur im Bereich der Schlotte; H₂S-Gehalt, hoher Gehalt an Sulfaten und anderen Salzionen; hoher Gehalt an CO₂; O₂ vorhanden; Dunkelheit
 Biotische Faktoren: Schwefelbakterien (Produzenten), Muscheln und Röhrenwürmer

(Konsumenten 1.Ordnung), Krabben (Konsumenten 2.Ordnung), Fische und Tintenfische (Endkonsumenten), Destruenten werden nicht erwähnt, müssen aber vorhanden sein. Bei den Hydrothermalquellen handelt es sich um ein Ökosystem, da alle wesentlichen Komponenten inklusive Stoffkreislauf und Energietransport vorhanden sind.

Ein Ökosystem muss mit den Prüflingen exemplarisch erarbeitet worden sein. Begriffe wie abiotische und biotische Faktoren sind als bekannt vorauszusetzen, so dass die Prüflinge Erlerntes auf ein neues Beispiel zu übertragen haben.

Anforderungsbereiche I, II
35 %

c) Besiedelungsstrategien

Die Organismen der Tiefsee-Schlote müssen in der Lage sein, kälteresistente Dauerstadien auszubilden, die dann mit der Meeresströmung verdriftet werden. Hohe Reproduktionsrate und kurze Reproduktionszyklen: Da das Erreichen eines neuen aktiven Schlotes reiner Zufall ist, müssen diese Stadien latenten Lebens in großer Zahl gebildet werden und lange Zeit in diesem Zustand verbleiben können. Bei den meisten Bewohnern der unteren Trophieebenen der Hydrothermalquellen handelt es sich also um typische r-Strategen. Bewohner der höheren Trophieebenen wie einige Fische und Tintenfische sind K-Strategen, die eigene Mobilität aufweisen.

Die Begriffe r- und K-Strategie müssen den Prüflingen ebenso wie die Möglichkeit, dass Organismen Larvalstadien bilden können, bekannt sein.

Die Prüflinge haben erlernte Begriffe anzuwenden, allerdings bedarf die richtige und vollständige Lösung einer genauen Analyse der Biocönose.

Anforderungsbereich II
25%

d) Wirkung und Folge hoher Schwermetallkonzentrationen

Es handelt sich um eine nicht-kompetitive Hemmung, die auf der Bindung der Metalle an das Aktive Zentrum von Enzymen beruht. Die Aktivität der Enzyme wird stark gemindert. Stoffwechselfvorgänge laufen im allgemeinen langsamer ab (Konzentrationsabhängigkeit) oder sie werden ganz unterbrochen. Die Folgen könnten vielschichtig sein: geringeres Wachstum, geringere Motorik, geringeres Fortpflanzungspotenzial usw.

Wenn die Giftwirkung von Schwermetallen im Unterricht nicht behandelt worden ist, handelt es sich um komplexe Übertragungsleistungen, da die Prüflinge sich mit Hilfe von Grundkenntnissen in neue Sachverhalte und Aspekte der Enzymkinetik einarbeiten müssen.

Anforderungsbereich III
25%

3.4 Aufgaben für die mündliche Prüfung

Abitur Mündliche Prüfung Schule :

Ökologie

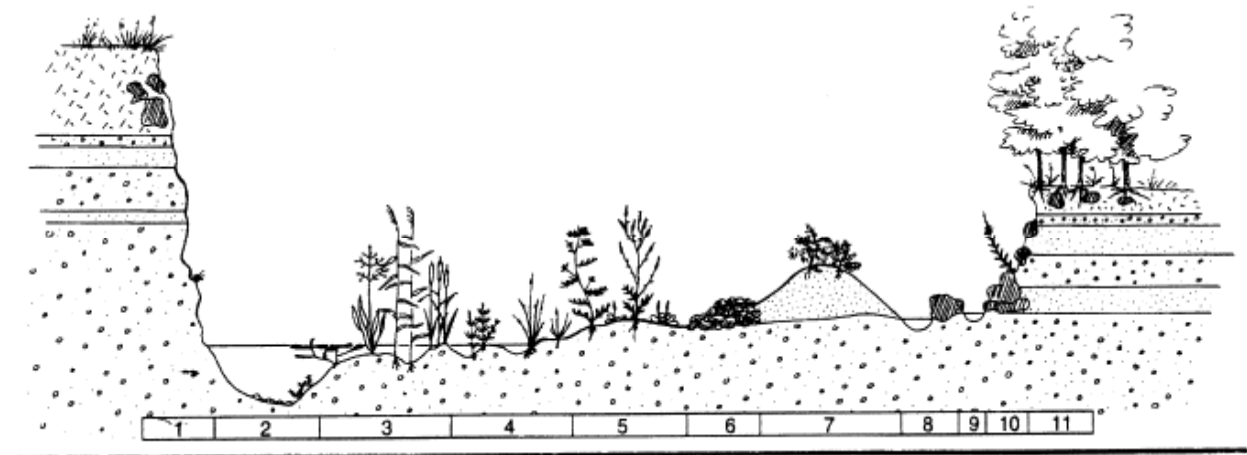
Aufgabe 12: Biotop Kiesgrube

Ausgediente Kiesgruben und Steinbrüche werden von manchen auf Ordnung bedachten Menschen als hässliche Wunden in der Landschaft angesehen, die man so schnell wie möglich beseitigen, also zuschütten und der umgebenden Landschaft angleichen sollte. Anstelle der Kiesgrube sollen zukünftig Wald, Feld oder Wiese angelegt werden.

Aber stillgelegte Kiesgruben können auch ökologische Vielfalt in eine gleichförmige Kulturlandschaft bringen, dann nämlich, wenn man auf der relativ kleinen Fläche einer ehemaligen Kiesgrube verschiedene Kleinbiotope anlegt, die Pflanzen und Tieren unterschiedliche Lebensbedingungen bieten. Die Abbildung dokumentiert eine ökologisch vorbildlich gestaltete ehemalige Kiesgrube. Ihr Ausbau erforderte relativ geringen Aufwand und verursachte damit nur geringe Kosten.

Material 1

Querschnitt einer umgestalteten Kiesgrube mit 11 Zonen bzw. Kleinbiotopen mit verschiedenen ökologischen Bedingungen



- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Steilwand mit Sand und Schotter | 2. Teich mit steinig-lehmigem Grund |
| 3. flaches Ufer mit Verlandungszone | 4. wechselfeuchte Uferzone |
| 5. trockener Kiesboden | 6. vegetationsloser Steinhaufen |
| 7. trockener Sandhaufen | 8. seichte Pfützen |
| 9. sonnenexponierte Findlinge | 10. südorientierter Steilhang |
| 11. trockener, lockerer Waldbestand | |

- a) Charakterisieren Sie die in der Kiesgrube zu erwartenden Pflanzengruppen nach ihren Standortansprüchen!
- b) Charakterisieren Sie Ihnen bekannte Tiergruppen oder -arten, die sich in den verschiedenen Bereichen dieser Kiesgrube ansiedeln könnten! Begründen Sie Ihre Angaben.
- c) Beschreiben Sie, wie sich das Sekundärbiotop "Kiesgrube" ohne Zutun des Menschen im Laufe eines Jahrzehnts verändern wird. Was muss getan werden, um die ökologische Vielfalt weitgehend zu erhalten?

Literatur

Hornung, G.: Kiesgruben - Schandflecke oder Biotope ? In: Unterricht Biologie, Heft 216

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- a) Im Bereich 2 : Unterwasserpflanzen und schwimmende Arten
 In den Bereichen 3 und 4 : Feuchtpflanzen unterschiedlichen Grades
 In den Bereichen 5,7 und 10 : Trockenpflanzen
 Im Bereich 11 : Typische Halbschattenpflanzen, die mineralstoffarme Böden brauchen (z.B. Sonnentau und Orchideenarten)

Wenn im Unterricht entsprechende Lebensräume (Wald, Wiese, See) besprochen worden sind, muss der Prüfling dieses Wissen lediglich auf die einzelnen Kleinbiotope übertragen.

Anforderungsbereiche I, II
20 %

- b) Im Bereich 1: Uferschwalbe (Bau von Nisthöhlen), höhlengrabende Insekten (Bau von Nist- und Jagdröhren)
 Im Bereich 2: Molcharten, Laub- und Wasserfrosch, Erdkröte, Kleinfische (Laichplatz)
 Im Bereich 3: Wasserinsekten und Insektenlarven (z.B. Libellen), Amphibienlarven, Vogelarten wie der Rohrsänger (Nistplatz)
 Im Bereich 4: wechselwarme Tiere wie Kröten, Schnecken, Blindschleiche und Ringelnatter (verschiedene Lebensraumansprüche)
 Im Bereich 5: trockenheitsliebende Insekten- und Spinnenarten (verschiedene Lebensraumansprüche)
 Im Bereich 6: Eidechsen und Wirbellose (verschiedene Lebensraumansprüche)
 Im Bereich 7: grabende Insekten (Brutplatz)
 Im Bereich 8: Kreuzkröte und Unke (Laichplatz)
 Im Bereich 9: Sonnenplatz für Reptilien
 In den Bereichen 10 und 11: Insekten und Spinnen (verschiedene Lebensraumansprüche)

Im Prinzip gilt Ähnliches wie für Teilaufgabe a), nur dass die Fauna in den einzelnen Zonen etwas komplexer ist und jeweils eine kurze Begründung gefordert ist.

Anforderungsbereich II
40 %

- c) Die Kies- und Sandhaufen werden durch Regen und Wind langsam abgetragen und verflachen. Durch Stoffeintrag (organisches Material, wie Blätter und Früchte, durch Regen ausgewaschene Erde, Dünger und Stickstoffverbindungen aus der Luft) wird die Kiesgrube langsam eutrophieren, stellenweise verbuschen und zuwachsen. Die Tümpel verflachen und verlanden. Damit verlieren viele Pflanzen und Tiere ihren Lebensraum. Um die Sukzession zu stoppen, muss durch regelmäßige Mahd, Abholzen der Gebüsche und Abtransport des organischen Materials Biomasse entzogen werden. Die Tümpel müssen ausgebaggert, die Kies- und Sandhaufen wieder aufgeschüttet werden. Diese Maßnahmen sollten, um die Tiere in der Brutzeit nicht zu stören, im Spätsommer oder Frühherbst erfolgen.

In dieser Teilaufgabe ist die Anwendung der im Unterricht an anderen Beispielen erarbeiteten Grundlagen zur natürlichen Entwicklung von Lebensräumen auf die Kiesgrube zu übertragen. Mit welchen Maßnahmen der Sukzession entgegen zu wirken ist, muss der Prüfling selbstständig erarbeiten, wobei auch andere Maßnahmen denkbar sind.

Anforderungsbereiche II, III

40 %

Verhaltenslehre

Aufgabe 13: Giftgrün

Material 1

Die erste wissenschaftlich verwertbare Meldung über die tödlichen Folgen einer Massenvermehrung von Cyanobakterien stammt aus dem Jahre 1878. Damals berichtete George Francis aus Adelaide (Australien) in der britischen Zeitschrift "Nature" über einen dicken "Schaum wie aus grüner Ölfarbe, zwischen 2 und 6 Zoll dick, und so zäh und teigig wie Haferbrei", der im Mündungsbereich des Flusses Murray trieb. Tiere, die von dem Wasser tranken, starben innerhalb weniger Stunden. Francis beschrieb "Reaktions-, Reg- und Bewusstlosigkeit; Tiere fallen zusammen und bleiben ruhig wie schlafend, es sei denn, sie werden berührt, woraufhin Krämpfe auftreten, mit Kopf und Hals in starrem Spasmus zurückgezogen, der vor dem Tode nachlässt."

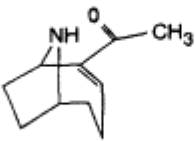
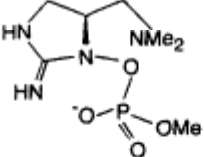
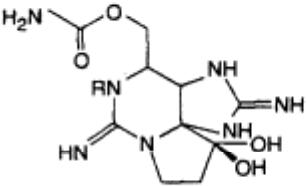
Seitdem werden jährlich neue Fälle gemeldet, in denen massenhaft auftretende Cyanobakterien für den Tod von Fischen und Wasservögeln verantwortlich sind. Farmer und Jäger melden tägliche Vergiftungen von Nutztieren, die "blühende" Seen als Tränke benutzen. Aus einem der häufigsten Verursacher solcher Wasserblüten, der Art *Anabaena flosaquae*, konnten die Kanadier Huber und Edwards 1972 erstmals einen Giftstoff isolieren und dessen Struktur aufklären. Seither wurden weitere Blaualgentoxine entdeckt und deren vor allem das Nervensystem schädigende Wirkung erforscht.

Für *Anabaena flosaquae* und verwandte Arten wird noch heute neben der Bezeichnung Cyanobakterium der Begriff "Blaualge" gebraucht.

Material 2

Einige Toxine von *Anabaena flosaquae* behindern die Erregungsübertragung an neuromuskulären Synapsen.

Wirkung einiger cyanobakterieller Gifte

Neurotoxin		Wirkung
Anatoxin A		besetzt die Acetylcholin-Rezeptoren an der postsynaptischen Membran; Anatoxin A wird von der Acetylcholinesterase nicht abgebaut
Anatoxin A(S)		führt zur kompetitiven Hemmung der Acetylcholinesterase
Saxitoxin/ Neosaxitoxin		blockieren die Natriumkanäle der postsynaptischen Membran

- a) Beschreiben Sie Aufbau und Funktion einer neuromuskulären Synapse anhand einer Skizze!
- b) Erläutern Sie die Wirkung der in Material 2 genannten Gifte und erklären Sie deren Giftwirkung in Zusammenhang mit den von Francis beschriebenen Symptomen!

Literatur

Carmichael, W.W.: Cyanobakterielle Toxine. In: Spektrum der Wissenschaft, März 1994)
 Kleinig, H.; Sitte, P.: Zellbiologie - ein Lehrbuch. Fischer Verlag, 1986
 Lexikon der Biochemie und Molekularbiologie. Spektrum Akademischer Verlag, 1995

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- a) Skizze und Funktion einer Synapse
 Die Beschreibung der Funktion einer Synapse und die Skizze vom Aufbau einer Synapse soll in Anlehnung an Materialien oder Lehrbücher (Linder) erfolgen, die im Unterricht verwendet wurden.

Bei der Beschreibung der Funktion einer Synapse und der Anfertigung einer Skizze handelt es sich um die komplexe Wiederholung erlernten Wissens.

Anforderungsbereich I
35%

- b) Indem sich Anatoxin A an die Rezeptoren der postsynaptischen Membran bindet, bewirkt es eine Öffnung der Natriumkanäle. Da es durch die Acetylcholinesterase nicht abgebaut wird, erfolgt eine Dauerreizung der postsynaptischen Zelle. Dies führt z.B. bei Muskelzellen zu einer Dauerkontraktion. Ist die Atemmuskulatur betroffen, tritt in kürzester Zeit der Tod ein.
 Anatoxin A(S) konkurriert mit dem Acetylcholin um das aktive Zentrum der Acetylcholinesterase. Wo sich Anatoxin A(S) an letztere gebunden hat, findet keine Spaltung des Acetylcholins statt. Die Folgen sind die bei Anatoxin A beschriebenen.
 Saxitonin und Neosaxitonin führen dagegen zu einer schlaffen Lähmung der Muskulatur, indem sie die Natriumkanäle blockieren und somit eine Erregungsübertragung auf die Muskelzellen verhindern.

Sowohl Material 1 als auch Material 2 müssen genau ausgewertet und mit den – aus dem Unterricht zum Bereich Neurophysiologie – bekannten Fakten über Bau und Funktionsweise, über die Erregungsleitung innerhalb einer Nervenzelle sowie zwischen Nervenzellen bzw. Nerven- und Muskelzellen in Beziehung gesetzt werden.

Anforderungsbereiche II, III
65 %

Evolution

Aufgabe 14: Nahrung und Intelligenz

Geoffroy-Klammeraffen und Mantelbrüllaffen leben im gleichen Lebensraum, im Kronenbereich der tropischen Wälder Mittelamerikas, nebeneinander. Sie ernähren sich beide rein vegetarisch, aber ihre Grundnahrung unterscheidet sich (siehe Material 1).

In Jahreszeiten, in denen kaum Früchte vorhanden sind, ernähren sich die Brüllaffen fast ausschließlich von Blättern. Die Klammeraffen dagegen suchen sorgfältig nach den selten gewordenen Früchten. Ihren Eiweißbedarf decken sie hauptsächlich durch junge Blätter. Nähere Angaben zur Qualität der Nahrung gibt Material 2.

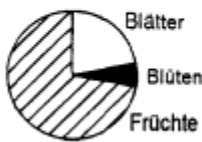

Material 1: Vergleich von Klammeraffen und Brüllaffen



Geoffroy Klammeraffe



Mantelbrüllaffe

Körpermasse	6 bis 8 kg	6 bis 8 kg
Gehirnmasse	107 g	50 g
Nahrung (Jahresmittel)		
Früchte	72 %	42 %
Blätter	22 %	48 %
Blüten	6 %	10 %
		
Darmtrakt		
Dickdarm	kurz und eng	lang und weit
Passage der Nahrung	rasch: 4 h	langsam: 20 h
Streifgebiet (Tagesstrecke)	groß 915m	klein 443 m
Futtersuche	kleine Trupps, die sich über Futterstandorte verständigen	großer Trupp, der bei der Futtersuche zusammenbleibt
Sozialverhalten	komplex; wechselnde Zusammensetzung der Teiltrupps, Aufteilung der Trupps je nach Verteilung der Nahrungsquellen	einfacher; feste Zusammensetzung des Trupps und feste soziale Ordnung

Material 2: Qualität und Verfügbarkeit pflanzlicher Nahrung im Tropenwald

Nahrung	leicht verdauliche Kohlenhydrate	Proteine	Ballaststoffe	räumliche Verteilung von Bäumen gleicher Art	zeitliches Vorkommen an einer Baumart
Blüten	mäßig	mäßig bis viel	wenig bis mäßig	entfernt von einander	weniger als drei Monate
Früchte	viel	wenig	mäßig	entfernt von einander	weniger als drei Monate
junge Blätter	wenig	viel	mäßig	nah beieinander	sechs Monate
alte Blätter	wenig	mäßig	viel	nah beieinander	immer

- Ermitteln Sie die Unterschiede in der Nahrungswahl beider Affenarten! Erklären Sie den Zusammenhang zwischen Nahrungswahl, Bau des Dickdarms und Dauer der Darmpassage!
- Erklären Sie den Zusammenhang von Verhalten und Gehirngröße mit der Nahrungswahl bei den Klammeraffen!
- Vergleichen Sie die Intelligenzentwicklung von Klammeraffen und Brüllaffen und setzen Sie sie in Beziehung zur Evolution der Hominiden!

Literatur

Kattmann, U.: Menschenbild und Evolution des Menschen. In: Unterricht Biologie, Heft 200
Milton, K.: Ernährung und Evolution der Primaten. In: Spektrum der Wissenschaft, Oktober
1993

Lösungserwartungen und unterrichtlicher Zusammenhang

- Klammeraffen fressen vorwiegend Früchte, die nur kurze Zeit im Darm verweilen. In ihrem Dickdarm werden nur wenig Ballaststoffe abgebaut. Die Grundnahrung der Brüllaffen besteht aus Blättern. Diese ballaststoffreiche Nahrung benötigt mehr Zeit zum Aufschluss. Der Dickdarm der Brüllaffen ist größer und die Verweildauer der Blattmasse länger.

Die zur Beantwortung dieser Frage benötigten Daten sind einfach und schnell aus Material 1 abzulesen.

Anforderungsbereich I
20 %

- b) Früchte sind eine hochwertige Nahrung. Auf das verteilte Vorkommen der Fruchtbäume und das jahreszeitlich schwankende Angebot reagieren die Klammeraffen mit einer Ausweitung ihres Streifgebietes und einer unterschiedlichen Gruppengröße bei der Suche. Die sorgfältige Nahrungssuche und das Erinnern an lohnende Fruchtbäume erfordern höhere kognitive Leistungen. Auch die Verständigung und das Durchschauen der komplexen sozialen Beziehungen im Trupp sind Zeichen einer größeren Intelligenz, ihr entspricht die Gehirngröße der Klammeraffen.

Der Anspruch dieser Teilaufgabe ist sehr stark abhängig vom vorausgegangenen Unterricht, in dem die Entwicklung des Sozialverhaltens besprochen worden sein muss. Selbst unter dieser Voraussetzung ist die Auswertung der Materialien für die Prüflinge nur bei exakter Textanalyse möglich.

Anforderungsbereiche II, III
40 %

- c) Die Stammeslinien von Homo und Australopithecus könnten sich u.a. aufgrund der Nahrungswahl getrennt haben. Homo bevorzugte neben Früchten wahrscheinlich weitere hochwertige, aber versteckte Nahrung (wie Nüsse, saftige Knollen), während Australopithecus vor allem Blätter und harte Wurzeln gefressen haben mag. Später stieg der Fleischanteil in der Nahrung bei Homo durch Erbeuten (verendeter) Großtiere, was zusammen mit den damit verbundenen Verhaltensweisen (Sozialverhalten, Nahrungsteilung, Werkzeuggebrauch) zu der Vergrößerung des Gehirns geführt haben kann.

Nur wenn auch im Unterricht über Nahrung und Sozialverhalten der Hominiden gesprochen worden ist, können die Prüflinge die Verbindung zu den vorliegenden Fakten knüpfen.

Anforderungsbereiche II, III
40 %