Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung

Biologie

(Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004)

Inhaltsverzeichnis

Fachpräambel 2

I Festlegungen für die Gestaltung der Abiturprüfung 4

1. Fachliche Inhalte und Qualifikationen

1.1. Fachliche und methodische Kompetenzen 4

1.2. Fachliche Inhalte 6

1.3. Differenzierung zwischen Grundkurs- und Leistungskursfach 9

1.3.1. Anforderungen 9

1.3.2. Aufgabenbeispiele für die Differenzierung 9

2. Anforderungsbereiche

2.1. Allgemeine Hinweise 12

2.2. Fachspezifische Beschreibungen der Anforderungsbereiche 12

3. Schriftliche Prüfung

3.1. Allgemeine Hinweise 13

3.2. Aufgabenarten 14

3.3. Hinweise zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe 15

3.4. Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistung 17

3.5. Bewertung der Prüfungsleistungen 17

4. Mündliche Prüfung

4.1. Aufgabenstellung 18

4.2. Kriterien für die Bewertung 19

4.3. Fünfte Prüfungskomponente 19

II Aufgabenbeispiele

1. Aufgabenbeispiele für die schriftliche Prüfung 21

2. Aufgabenbeispiele für die mündliche Prüfung 62

Fachpräambel

Die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972, i.d.F. vom 16.06.2000) beschreibt die grundlegenden Anforderungen an den Unterricht im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld:
„Im mathematisch-naturwissenschaftlich-technischen Aufgabenfeld sollen Verständnis für den Vorgang der Abstraktion, die Fähigkeit zu logischem Schließen, Sicherheit in einfachen Kalkülen, Einsicht in die Mathematisierung von Sachverhalten, in die Besonderheiten naturwissenschaftlicher Methoden, in die Entwicklung von Modellvorstellungen und deren Anwendung auf die belebte und unbelebte Natur und in die Funktion naturwissenschaftlicher Theorien vermittelt werden."

Im Fach Biologie erwerben die Schülerinnen und Schüler grundlegende Einsichten in Phänomene des Lebens. Dabei reicht die Spannweite der Erklärungen von einfachen molekularen Vorgängen bis zu den komplexen Wechselbeziehungen in der Biosphäre und deren evolutionären Ursachen. Die methodische Vielfalt erstreckt sich vom Beschreiben und Ordnen über experimentelle Vorgehensweisen und umfangreiche Untersuchungen bis zu systemtheoretischen Betrachtungen und evolutionstheoretischer Rekonstruktion. Die hohe gesellschaftliche Relevanz und die zunehmende wirtschaftliche Bedeutung der Bereiche Gesundheit, Ernährung, Gentechnik, Biotechnik, Reproduktionsbiologie und Umwelt macht die Biologie zu einem Brückenfach zwischen Natur-, Sozial- und Geisteswissenschaften auf der einen Seite sowie Naturwissenschaften und ihre technischen Anwendungen auf der anderen Seite. Hinzu kommen grundlegende ethische Fragestellungen in bezug auf individuelle, soziale und globale Probleme, weil der Mensch als Teil der Natur bewusst und unbewusst sowohl seine eigene als auch die nichtmenschliche Natur gravierend beeinflusst.
Die biologische Grundbildung der Schülerinnen und Schüler dient daher auch als Basis für vielfältige Diskussionen in gesellschaftswissenschaftlichen Fächern; sie ist ein unentbehrlicher Bestandteil der Allgemeinbildung und der Lebensplanung für Schülerinnen und Schüler.

Der Biologieunterricht muss darauf ausgerichtet sein, den Schülerinnen und Schülern zentrale Erkenntnisse und Entwicklungen in den Biowissenschaften durchschaubar und verständlich zu machen. Er erschöpft sich nicht in der Vermittlung von Faktenwissen, sondern greift als erklärender Unterricht auf biologische Grundprinzipien und Gesetzmäßigkeiten sowie auf Gesetze und Methoden der anderen Naturwissenschaften zurück, indem er den Jugendlichen die unmittelbare Begegnung mit der Natur und ihren Lebewesen sowie faszinierende Einblicke in Bau und Funktion des eigenen Körpers ermöglicht.
Das Arbeiten mit Modellvorstellungen und der gedankliche Wechsel zwischen verschiedenen Organisations- und Komplexitätsebenen (Atome, Moleküle, Organellen, Zellen, Gewebe, Organe, Organismen, Populationen, Lebensgemeinschaften, Ökosysteme, Biosphäre) fördern die Fähigkeit zur Abstraktion, zum Perspektivwechsel und zum logischen Denken.

Mit dem zunehmenden Einsatz molekularbiologischer, biochemischer, physikalischer und informationstechnischer Methoden haben sich die Erkenntnisse in der Biologie rasant entwickelt. Der Biologieunterricht trägt dem Rechnung, indem er auf der Basis eines soliden Grundwissens Einblicke in Teildisziplinen verschafft und den Weg empirischer Erkenntnisgewinnung thematisiert. Er greift bei der Beschreibung von Phänomenen auf Gesetze und Methoden der Physik, der Chemie und der Mathematik zurück. Die Zusammenführung von Erkenntnissen dieser Fächer schafft für die Schülerinnen und Schüler eine weitere Voraussetzung für den Aufbau eines rationalen, naturwissenschaftlich begründeten Weltbildes.

Zur Sicherung eines einheitlichen und angemessenen Anforderungsniveaus in den Prüfungsaufgaben enthalten die Einheitlichen Prüfungsanforderungen für das Fach Biologie

- eine Beschreibung der Prüfungsgegenstände, d.h. der nachzuweisenden Kompetenzen sowie der fachlichen Inhalte, an denen diese Kompetenzen eingefordert werden

sollen,

- Kriterien, mit deren Hilfe überprüft werden kann, ob eine Prüfungsaufgabe das anzustrebende Anspruchsniveau erreicht,
- Hinweise und Aufgabenbeispiele für die Gestaltung der schriftlichen und mündlichen Prüfung sowie zu alternativen Prüfungsformen.

- I FESTLEGUNGEN FÜR DIE GESTALTUNG DER ABITURPRÜFUNG

1. Fachliche Inhalte und Qualifikationen

Biologieunterricht zielt auf den Aufbau von Fachwissen, das im Sinne einer vertieften Allgemeinbildung Alltagsfragen im Zusammenhang mit biologischen Phänomenen und Sachverhalten zu bewältigen hilft und als Basiswissen für Studium und Berufsausbildung anschlussfähig ist.

Die Erarbeitung biologischer Sachverhalte, der Erwerb und die Anwendung biologischer Kenntnisse und deren Kommunikation erfordern fachliche, naturwissenschaftliche und allgemeine *Kompetenzen*, die neben der Erarbeitung biologiespezifischer Inhalte im Unterricht entwickelt werden müssen.

Sowohl die Kompetenzen als auch die fachlichen Inhalte sind verbindliche Grundlage des Biologieunterrichts und gelten gleichermaßen für Grund- und Leistungskurse. Sie werden in der schriftlichen wie in der mündlichen Abiturprüfung festgestellt und bewertet. Von besonderer Bedeutung sind Aufgabenstellungen aus der angewandten Biologie. In ihnen müssen fachliche Zusammenhänge auch unter fachübergreifenden Aspekten bearbeitet werden.

1.1 Fachliche und methodische Kompetenzen

Unter Kompetenzen versteht man die verfügbaren oder erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen Bereitschaften und Fähigkeiten, Problemlösungen verantwortungsvoll zu nutzen. Kompetenz ist nach diesem Verständnis eine Disposition, die Personen befähigt, konkrete Anforderungssituationen zu bewältigen.

In der Abiturprüfung werden biologische sowie naturwissenschaftliche und allgemeine Kompetenzen verlangt. Sie werden den Kompetenzbereichen Fachkenntnisse, Methoden, Kommunikation und Reflexion zugeordnet und sind als solche wesentlicher Bestandteil der Prüfung.

1.1.1 Kompetenzbereich Fachkenntnisse

Wissen als Kompetenz wird hier funktional im Sinne der Anwendung von Kenntnissen verstanden und nicht als bloße Kenntnis von Fakten. Für die Arbeit an biologischen Phänomenen, Sachzusammenhängen und Modellvorstellungen wird von den Prüflingen erwartet, dass sie dieses Wissen anlassbezogen reaktivieren und zu eigenständig strukturierten Darstellungen und Erklärungen anwenden können.

Im einzelnen können die Prüflinge:

- Kenntnisse über Phänomene und Sachzusammenhänge sowie über Begriffe, Modelle, Theorien etc. anwenden
- erworbenes Wissen unter Verwendung facheigener Basiskonzepte (vgl. 1.2.2.) strukturieren
- Kenntnisse systematisieren und verknüpfen
- wissensorientierte Assoziationen herstellen und auf Wissensnetze zurückgreifen.

1.1.2 Kompetenzbereich Methoden

Die Prüflinge verfügen über Methoden, mit deren Hilfe sie biologische Systeme analysieren und deren Eigenschaften beschreiben und erklären können. Dabei nutzen sie ihre Kenntnisse über biologische Zusammenhänge und Basiskonzepte.
Darüber hinaus sind die Prüflinge in der Lage, biologische Ergebnisse und Erkenntnisse in komplexere Zusammenhänge zu stellen. Dazu müssen sie Betrachtungen auf verschiedenen Organisationsebenen (z.B. Ebene der Moleküle, der Zellen, der Organismen, der Populatio-

nen, des Ökosystems) vornehmen und gegebenenfalls zwischen ihnen wechseln, um vor dem Hintergrund unterschiedlicher Sichtweisen zu einer umfassenden Vorstellung zu gelangen.

Fachspezifische Kompetenzen
Im einzelnen können die Prüflinge:
- biologische Phänomene beobachten, beschreiben, quantitativ erfassen, vergleichen und erklären
- biologische Phänomene und Sachverhalte begrifflich präzise fassen
- zeichnerische Protokolle anfertigen
- geeignete Arbeitstechniken und Methoden für biologische Untersuchungen auswählen und anwenden
- grundlegende biologische Prinzipien (Basiskonzepte) und Erklärungskonzepte anwenden
- zwischen funktionaler und kausaler Betrachtungsweise unterscheiden
- komplexe und dynamische Vielfaktorensysteme wie Organismen und Ökosysteme untersuchen, analysieren und Zusammenhänge klären
- mit dynamischen und komplexen Modellen umgehen
- Erkenntnisse und Betrachtungsweisen anderer Naturwissenschaften nutzen
- Denkweisen und Erkenntnisse der Gesellschafts-, Geistes- und anderer Wissenschaften einbeziehen.

Naturwissenschaftliche Kompetenzen
Im einzelnen können die Prüflinge:
- Experimente planen, durchführen, protokollieren, auswerten, qualitative und quantitative Betrachtungen einbeziehen
- Fehlerbetrachtungen vornehmen
- Prognosen entwickeln, Hypothesen bilden und überprüfen
- unterscheiden, welche Fragen naturwissenschaftlich untersucht werden können und welche nicht
- Naturwissenschaftliche Modelle anwenden und deren Gültigkeitsbereiche prüfen
- Modellvorstellungen entwickeln und gegebenenfalls modifizieren
- Definitionen, Regeln und Gesetzmäßigkeiten formulieren und als Arbeitsmittel verwenden
- Sachverhalte mit Hilfe von Symbolen, Formeln, Gleichungen, Tabellen, Diagrammen, graphischen Darstellungen, Skizzen, Simulationen veranschaulichen.

Allgemeine Kompetenzen
Im einzelnen können die Prüflinge:
- Informationsquellen erschließen und nutzen
- Texte analysieren und interpretieren
- Informationen gezielt auswählen, Kernaussagen erkennen und diese mit dem erworbenen Wissen verknüpfen
- systematisieren und kategorisieren
- moderne Medien und Technologien nutzen, z. B. zur Dokumentation, zur Analyse, zum Messen, zum Berechnen, zur Modellbildung, zur Simulation
- Probleme sachgerecht analysieren und Lösungsstrategien entwickeln.

1.1.3 Kompetenzbereich Kommunikation
Die Prüflinge können in unterschiedlichen Kommunikationssituationen der schriftlichen und mündlichen Prüfung biologische Phänomene und Sachverhalte sowie naturwissenschaftliche Ergebnisse und Erkenntnisse angemessen darstellen und diskutieren.

Im einzelnen können die Prüflinge:
- verständlich, übersichtlich und strukturiert darstellen und diskutieren
- ihre Darstellungen auf das Wesentliche reduzieren

- Sprache, auch Fachsprache, angemessen verwenden
- Materialien sachgerecht und kritisch auswählen und zielorientiert einsetzen
- sich in Prüfungssituationen angemessen mitteilen, z.B. mit Hilfe geeigneter Präsentationsformen, mit Hilfe angemessener Reaktionen auf Nachfragen und Einwände in Prüfungsgesprächen.

1.1.4 Kompetenzbereich Reflexion

Forschungsergebnisse der Biologie bekommen zunehmende Bedeutung in anwendungsbezogenen und auch in disziplinübergreifenden Zusammenhängen. Die Prüflinge können sowohl biologische Ergebnisse und Erkenntnisse in fachübergreifende Zusammenhänge stellen als auch allgemeine Phänomene und Sachverhalte vor einem biologischen Hintergrund analysieren und bewerten. Außerdem können die Prüflinge die Anwendungsmöglichkeiten biologischer Kenntnisse in Bereichen wie Gesundheit, Ernährung, Biotechnik, Reproduktionsbiologie, Medizin und Umwelt reflektieren und diskutieren.

In der Biologie ist der Mensch auch selbst Objekt biologischer Untersuchungen. Dementsprechend fördert und fordert der Biologieunterricht Reflexionskompetenz, die sich auf die Wahrnehmung des eigenen Körpers sowie auf die besondere Stellung des Menschen im System bezieht. Hierbei wird die Doppelrolle des Menschen deutlich, einerseits als Teil der Natur, andererseits als Gestalter, der seine Umwelt tiefgreifend beeinflusst.

Dementsprechend können Prüflinge das Handeln des Menschen und die damit verbundenen Auswirkungen vor dem Hintergrund eines biologisch reflektierten Menschenbildes betrachten und bewerten.

Im einzelnen können die Prüflinge:

- Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven und Sachzusammenhängen betrachten und auf der Grundlage von Fachkenntnissen sachgerecht bewerten
- die Stellung des Menschen im System, seine Beziehung zur Umwelt sowie seine besondere Rolle auf der Grundlage biologischer Kenntnisse kritisch reflektieren
- die Bedeutung biologischer Erkenntnisse für das eigene Leben darstellen
- naturwissenschaftliche Aussagen in Beziehung zu Alltagsvorstellungen setzen
- wichtige Forschungsergebnisse vor ihrem geschichtlichen Hintergrund darstellen
- ökonomische und technologische Anwendungen biologischer Verfahren darstellen und erörtern
- Tragweite, Grenzen und gesellschaftliche Relevanz biowissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden reflektieren und bewerten
- technische Anwendungen und wirtschaftliche Nutzungen naturwissenschaftlicher Erkenntnisse unter Gesichtspunkten der nachhaltigen Entwicklung beurteilen
- Einflüsse biologischer Erkenntnisse auf das Weltbild des Menschen reflektieren.

1.2 Fachliche Inhalte

Die den Biologieunterricht kennzeichnenden und für die Abiturprüfung verbindlichen fachlichen Inhalte können aus unterschiedlichen Perspektiven betrachtet werden; hieraus resultiert die folgende Gliederung in *Themenbereiche, Basiskonzepte und Reflexionselemente*. Diese Perspektiven sind untereinander verflochten und als solche gemeinsame Basis des Biologieunterrichts.

Die unten genannten fachlichen Inhalte sind Grundlage der Abiturprüfungen. Je nach länderspezifischen Vorgaben und vorausgegangenem Unterricht können weitere Inhaltsbereiche einbezogen werden.

1.2.1 Themenbereiche

Die folgende Darstellung stellt unterschiedliche biologische Herangehensweisen und Denkstrukturen in den Vordergrund, die schwerpunktmäßig mit bestimmten fachbezogenen Inhalten verbunden sind:

- Themen zur Physiologie, Zellbiologie und Molekularbiologie betonen das Denken in Funktionszusammenhängen.
- Themen zur Ökologie und Nachhaltigkeit betonen das Denken in vernetzten Systemen.
- Themen zur Evolution und zu Zukunftsfragen betonen das Denken in Entwicklungsprozessen bzw. in zeitlichen Dimensionen.

Die Themenbereiche unterscheiden sich im Umfang. Sie sind weder Vorgaben für Unterrichtsverläufe noch für Halbjahresthemen. Sie fokussieren vielmehr die Aufgabenstellung für die Abiturprüfung auf das Verständnis und die Darstellung fachlicher Inhalte aus unterschiedlichen Perspektiven.

A. Funktionszusammenhänge und deren molekulare Grundlagen - Themen aus der Physiologie, Zellbiologie, Genetik

Von makroskopisch sichtbaren über mikroskopische zu molekularen Zusammenhängen: In einer immer tiefer gehenden Analyse der Ursache-Wirkungsbeziehungen werden Denkprozesse auf verschiedenen Ebenen und hieraus abgeleitete Einsichten in komplexe Zusammenhänge bearbeitet.

Zum Themenbereich Funktionszusammenhänge gehören:

- Bau und Funktion von Zellen, Geweben und Organen; funktionsbezogene Differenzierungen
- Kommunikation zwischen Zellen
- neuronale Informationsverarbeitung, Wahrnehmung
- Grundlagen der molekularen Genetik
- Stoff- und Energiewechsel: Notwendigkeit und Wege der Energieumwandlung, Assimilation und Dissimilation im Zusammenhang von zellulären Strukturen und Organismus
- Molekulare Steuerung von Stoffwechsel: Enzymatik
- Anwendungen moderner biologischer Erkenntnisse und Methoden, z.B. Gentechnologie, Reproduktionsbiologie, Biotechnologie

B. Vernetzte Systeme - Ökologie und Nachhaltigkeit

Die Ökologie thematisiert die Wechselwirkungen zwischen Organismus und Umwelt sowie die Beziehungsgefüge zwischen den Organisationsebenen Population und Ökosystem. Dazu gehört auch das Verhältnis von Mensch und Natur.

Zum Themenbereich Ökologie und Nachhaltigkeit gehören:

- Untersuchung und Analyse eines Ökosystems, z.B. Bestandsuntersuchungen, Messverfahren
- Ökologische Faktoren, Biotop und Biozönose
- Artenvielfalt und Populationsentwicklungen
- Stoffkreisläufe und Energiefluss
- Menschen und Ökosysteme: Beeinflussung von Ökosystemen und deren Folgen, Konsequenzen für den Menschen und die Menschheit.

C. Entwicklungsprozesse - Evolution und Zukunftsfragen

In der Evolution spiegelt sich die Vielfalt der Lebewesen und deren Wechselwirkungen wider. Betrachtungen zur Evolution beleuchten die Entstehung und das Werden des Lebens als stammesgeschichtlichen Prozess und vermitteln die Einsicht, dass wir Menschen Teil der Evolution sind. Dazu gehören auch Fragen zur zukünftigen Entwicklung des Lebens auf der Erde.

Zum Themenbereich Evolution und Zukunftsfragen gehören:

- Stammesgeschichte, Verwandtschaftsbeziehungen, Systematik
- Entstehung der Formen und Arten, Variabilität und Einnischung

- Angepasstheit, auch soziobiologische Fragestellungen
- Evolutionstheorien, Bewertung ihrer Aussagekräfte
- Herkunft und Zukunft des Menschen

1.2.2. Basiskonzepte

Der Vielfalt biologischer Phänomene und Sachverhalte liegen Prinzipien zugrunde, die sich als Basiskonzepte beschreiben lassen. Sie ermöglichen einerseits Zugänge und Strukturierungen der Themenbereiche, die den Schülerinnen und Schülern helfen, die Gegenstände der Biologie zu erfassen und einzuordnen. Andererseits dienen sie der Metareflexion der erworbenen Kenntnisse des Lebens. Die folgenden Basiskonzepte gehören zu den verbindlichen Inhalten des Biologieunterrichts, die jeweils angeführten Beispiele illustrieren ihre Bedeutung auf unterschiedlichen Organisationsebenen. Alle Basiskonzepte beinhalten den Aspekt der Wechselwirkungen in verschiedenen Zusammenhängen.

- **Struktur und Funktion**

Lebewesen und Lebensvorgänge sind an Strukturen gebunden; es gibt einen Zusammenhang von Struktur und Funktion.
Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis des Baus von Biomolekülen, der Funktion der Enzyme, der Organe und der Ökosysteme.

- **Reproduktion**

Lebewesen sind fähig zur Reproduktion; damit verbunden ist die Weitergabe von Erbinformationen.
Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der identischen Replikation der DNS, der Viren, der Mitose und der geschlechtlichen Fortpflanzung.

- **Kompartimentierung**

Lebende Systeme zeigen abgegrenzte Reaktionsräume.
Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Zellorganellen, der Organe und der Biosphäre.

- **Steuerung und Regelung**

Lebende Systeme halten bestimmte Zustände durch Regulation aufrecht und reagieren auf Veränderungen.
Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Proteinbiosynthese, der hormonellen Regulation und der Populationsentwicklung.

- **Stoff- und Energieumwandlung**

Lebewesen sind offene Systeme; sie sind gebunden an Stoff- und Energieumwandlungen.
Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Photosynthese, der Ernährung und der Stoffkreisläufe.

- **Information und Kommunikation**

Lebewesen nehmen Informationen auf, speichern und verarbeiten sie und kommunizieren.
Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Verschlüsselung von Information auf der Ebene der Makromoleküle, der Erregungsleitung, des Lernens und des Territorialverhaltens.

- **Variabilität und Angepasstheit**

Lebewesen sind bezüglich Bau und Funktion an ihre Umwelt angepasst. Angepasstheit wird durch Variabilität ermöglicht. Grundlage der Variabilität bei Lebewesen sind Mutation, Rekombination und Modifikation.
Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Sichelzellanämie, der ökologischen Nische und der Artbildung.

- **Geschichte und Verwandtschaft**

Ähnlichkeit und Vielfalt von Lebewesen sind das Ergebnis stammesgeschichtlicher Entwicklungsprozesse.
Dieses Basiskonzept hilft z. B. beim Verständnis der Entstehung des Lebens, homologer Organe und der Herkunft des Menschen.

1.2.3 Reflexionselemente zum Menschenbild

Das Fach Biologie beschäftigt sich mit Fragen, die das Selbstverständnis des Menschen betreffen. Hierzu gehören u.a. folgende Fragen:

- Was macht den Menschen aus?
- In wie weit ist ein Mensch vorherbestimmt?
- Was ist Gesundheit?
- Wie verändert der Mensch die Welt? Welche Zielvorstellungen, welche ethischen Kriterien gibt es?

Bei der Reflexion über sich selbst, ihre Stellung im biologischen System und ihre Beziehung zur Umwelt betrachten Schülerinnen und Schüler Sachverhalte aus unterschiedlichen Perspektiven (z.B. naturwissenschaftliche, ethische, wirtschaftliche, philosophische Perspektive), um Aussagen auf der Grundlage der erworbenen Kenntnisse sachgerecht und kritisch diskutieren und bewerten zu können.

1.3. Differenzierung zwischen Grund- und Leistungskursfach

1.3.1. Anforderungen

Die Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe vom 07.07.1972 (i.d.F. vom 16.06.2000) weist dem Grundkurs- und dem Leistungskursfach unterschiedlich akzentuierte Aufgaben zu; den Grundkursen obliegt die Vermittlung einer wissenschaftspropädeutisch orientierten Grundbildung, den Leistungskursen die systematische, vertiefte und reflektierte wissenschaftspropädeutische Arbeit.

Grundkurs wie Leistungskurs haben gemeinsame Ziele:

- Einführung in grundlegende Sachverhalte, Problem- und Fragestellungen sowie in grundlegende Sichtweisen der Biologie
- Nutzung von Ergebnissen und Erkenntnissen der Biologie beim Umgang mit fachübergreifenden Alltagsfragen sowie mit Problemen, die im Kontext zur Lebensumwelt der Schülerinnen und Schüler stehen
- Bewusst- und Erfahrbarmachung fachspezifischer Arbeitsmethoden sowie Befähigung zur selbstständigen Anwendung dieser Methoden
- Befähigung zu einer fachlich fundierten Darstellung von persönlich und gesellschaftlich bedeutsamen Sachzusammenhängen sowie zu handlungsorientierten Entscheidungen
- Breite Orientierung in dem Aufgabenfeld.

Der Leistungskurs ermöglicht darüber hinaus

- eine größere Eindringtiefe in fachspezifische Detailfragen (exemplarische Bearbeitung)
- einen höheren Abstraktionsgrad der Modell- und Theoriebildung
- einen deutlich größeren Umfang der praktischen bzw. experimentellen Bearbeitung naturwissenschaftlicher Phänomene und Sachverhalte
- die Verknüpfung der Anwendung fachwissenschaftlicher Methoden mit einer Reflexion der Methoden
- erhöhte Anforderungen in Bezug auf die Komplexität der bearbeiteten Fragestellungen und eine verstärkte Selbstständigkeit bei der Bearbeitung.

Grundkurs- und Leistungskursfach unterscheiden sich daher in der Abiturprüfung bezüglich des Umfangs und der Art der Anforderungen.

1.4.2. Aufgabenbeispiel für die Differenzierung

Im folgenden Beispiel werden zum gleichen Thema Aufgabenstellungen für Grund- und Leistungskurs einander gegenüber gestellt. Für das Leistungskursfach ist die Aufgabenstellung offener und mit einem weiteren Material versehen, durch das die molekulare Ebene angesprochen wird. Damit wird eine größere Detailkenntnis sowie der Umgang mit größerer Komplexität und ein höherer Abstraktionsgrad gefordert.

Material für Grund- und Leistungskurs:

Blühende Pflanzen, wie beispielweise ein Rosenstrauch, geben ständig Duftmoleküle an ihre Umgebung ab, die von anderen Lebewesen über ihren Geruchsinn wahrgenommen werden. In der menschliche Nase beispielsweise ist für die Geruchswahrnehmung die etwa 5 cm² große Riechschleimhaut verantwortlich. Beim Einatmen der Luft gelangen die Duftmoleküle im oberen Teil der menschlichen Nase. Dort ragen die Cilien der Riechsinneszellen in den Nasenraum hinein, die wie kleine Haarschöpfe von der Spitze der Zellen ausgehen. Abbildung 1 stellt schematisch einen Ausschnitt aus der Riechschleimhaut des Menschen dar.

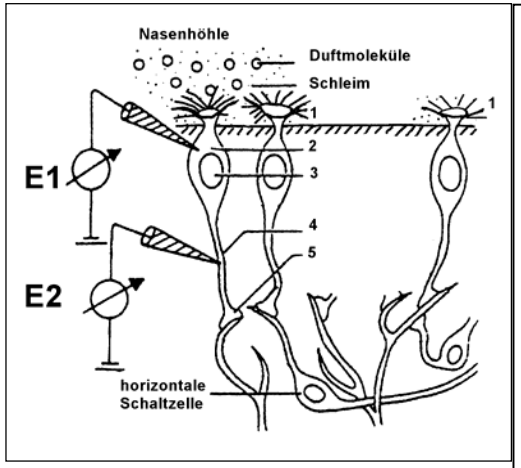


Abbildung 1

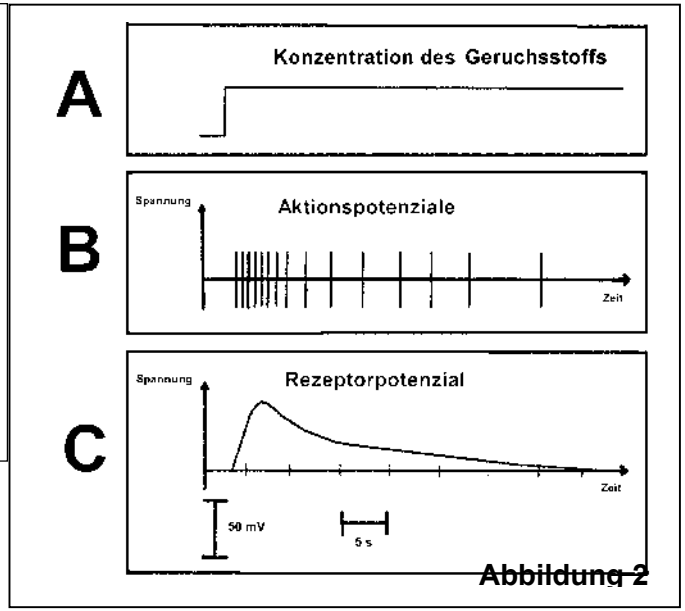


Abbildung 2

Ein Charakteristikum des Geruchssinnes ist es, dass gleichbleibend starke Gerüche schon nach kurzer Zeit nicht mehr wahrgenommen werden. Um dieses Phänomen zu untersuchen, wurde in einem Experiment das Antwortverhalten einer Riechsinneszelle beobachtet. Der Aufbau des Experiments ist in Abbildung 1 dargestellt. Die Aufzeichnungen A, B und C der Abbildung 2 entstanden beim Reizen einer Riechsinneszelle mit einem Geruchsstoff. Dabei wurde das elektrische Antwortverhalten mit den Elektroden E1 und E2 in verschiedenen Bereichen der Sinneszelle gemessen.

Aufgabenstellung für den Leistungskurs

1. Erläutern Sie am Beispiel des Rosenstrauchs die biologische Bedeutung des Blütendufts und erklären Sie evolutionsbiologisch, wie sich dieses Merkmal entwickelt haben könnte.
2. Interpretieren Sie die dargestellten Messergebnisse unter Berücksichtigung der molekularen Vorgänge an den verschiedenen zellulären Strukturen. Zeigen Sie dabei auch wie sich die Beobachtung, dass gleichbleibend starke Gerüche schon nach kurzer Zeit nicht mehr wahrgenommen werden, im elektrischen Antwortverhalten der Zelle widerspiegelt.

Aufgabenstellung für den Grundkurs

1. Benennen Sie die Teile 1 - 5 der in Abbildung 1 dargestellten Geruchsinneszellen. Ordnen Sie die aufgezeichneten Messwerte (Abbildung 2 B und C) den betreffenden Messstellen von Abbildung 1 zu und begründen Sie Ihre Zuordnung.
2. Stellen Sie dar, wie sich im elektrischen Antwortverhalten der Geruchsinneszelle (Abbildung 2B und 2C) die Beobachtung widerspiegelt, dass auch gleichbleibend starke Gerüche schon nach kurzer Zeit nicht mehr wahrgenommen werden

Erweiterndes Material für den Leistungskurs

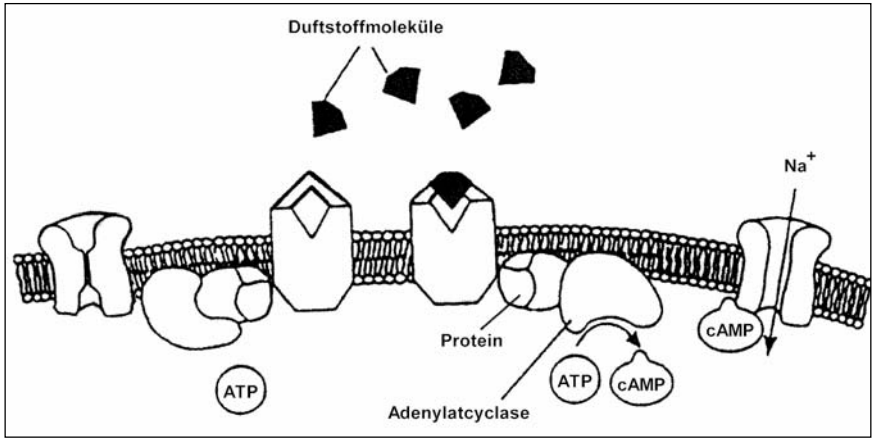


Abbildung 3 stellt schematisch die chemoelektrischen Vorgänge in Riechsinneszellen dar. Wichtig für die Funktion ist dabei das cyclische AMP (c-AMP). Dieses Molekül beeinflusst nicht nur Ionenkanäle, sondern aktiviert auch Proteinkinasen, die auf die Rezeptorproteine hemmend einwirken. Messungen des intrazellulären c-AMP-Spiegels in den Cilien von Riechsinneszellen ermöglichen auf molekularer Ebene die Erklärung des elektrischen Antwortverhaltens der Riechsinneszellen. Messungen des intrazellulären c-AMP-Spiegels haben ergeben, dass dieser zu Reizbeginn lawinenartig ansteigt und bei gleichbleibender Duftstoffkonzentration rasch abnimmt.

a. Entwickeln Sie an Hand der Vorgaben von Abbildung 3 eine Hypothese, wie es zur Depolarisation der Sinneszellmembran kommen kann.

b. Entwickeln Sie eine Hypothese, wie es trotz gleichbleibender Duftstoffkonzentration zum Abfall des c-AMP-Spiegels und damit des Rezeptorpotenzials kommt.

2. Anforderungsbereiche

2.1. Allgemeine Hinweise

Die Anforderungsbereiche unterscheiden sich vor allem im Grad der Selbstständigkeit bei der Bearbeitung der Aufgaben sowie im Grad der Komplexität der gedanklichen Verarbeitungsprozesse und stellen damit eine Abstufung in Bezug auf den Anspruch der Aufgabe dar.

Der Grad der Selbstständigkeit bei der Bearbeitung der Aufgaben zeigt sich im Fach Biologie z.B. in der differenzierten Nutzung von Methoden der Erkenntnisgewinnung, in der Anwendung von Basiskonzepten sowie im Einbringen von Reflexionselementen.
Der Grad der Komplexität der gedanklichen Verarbeitung wird im Fach Biologie vor allem deutlich beim Umgang mit verschiedenen Organisationsebenen (z.B. Ebene der Moleküle, der Zellen, der Organismen, der Populationen, des Ökosystems). Um zu einer ganzheitlichen Vorstellung zu gelangen, können Prüflinge die für die Analyse und für das Verständnis eines Sachverhaltes relevanten Organisationsebenen wählen und ggf. zwischen ihnen wechseln, um auf der Basis verschiedener Einzelergebnisse zu einer umfassenden Modellvorstellung zu gelangen. Werden einzelne Forschungsergebnisse vorgegeben, können die Prüflinge die hieraus abzuleitenden Erkenntnisse als Ausschnitt aus einem komplexen Sachzusammenhang einschätzen und darstellen.

Die Reproduktion einfacher Inhalte wird dem Anforderungsbereich I zugeordnet, während die selbstständige Anwendung von Fachmethoden und die Herstellung neuer Kontexte auf den Anforderungsbereich II verweist. Die eigenständige Planung und deren Umsetzung gehören zum Anforderungsbereich III.

2.2. Fachspezifische Beschreibungen

Der Anforderungsbereich I umfasst
- die Verfügbarkeit von Daten, Fakten, Regeln, Formeln, mathematischen Sätzen usw. aus einem begrenzten Gebiet im gelernten Zusammenhang
- die Beschreibung und Verwendung erlernter und eingeübter Arbeitstechniken und Verfahrensweisen in einem begrenzten Gebiet und in einem wiederholenden Zusammenhang.

Im Fach Biologie gehören dazu
- die Reproduktion von Basiswissen (Kenntnisse von Fakten, Zusammenhängen und Methoden)
- die Nutzung bekannter Methoden und Modellvorstellungen in vergleichbaren Beispielen
- die Entnahme von Informationen aus Fachtexten und Umsetzen der Informationen in einfache Schemata (Stammbäume, Flussdiagramme o.ä.)
- die schriftliche Darstellung von Daten, Tabellen, Diagrammen, Abbildungen mit Hilfe der Fachsprache
- die Beschreibung makroskopischer und mikroskopischer Beobachtungen
- die Beschreibung und Protokollierung von Experimenten
- das Experimentieren nach Anleitung und die Erstellung mikroskopischer Präparate
- die sachgerechte Benutzung bekannter Software

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 neuartige Fragestellungen, veränderte Sachzusammenhänge oder abgewandelte Verfahrensweisen.

Im Fach Biologie gehören dazu

- die Anwendung der Basiskonzepte in neuartigen Zusammenhängen
- die Übertragung und Anpassung von Modellvorstellungen
- die sachgerechte, eigenständig strukturierte und Aufgaben bezogene Darstellung komplexer biologischer Abläufe im Zusammenhang einer Aufgabenstellung
- die Auswahl bekannter Daten, Fakten und Methoden zur Herstellung neuer Zusammenhänge
- die gezielte Entnahme von Informationen aus vielschichtigen Materialien oder einer wissenschaftlichen Veröffentlichung unter einem vorgegebenen Aspekt
- die abstrahierende Darstellung biologischer Phänomene wie die zeichnerische Darstellung und Interpretation eines nicht bekannten mikroskopischen Präparats
- die Anwendung bekannter Experimente und Untersuchungsmethoden in neuartigen Zusammenhängen
- die Auswertung von unbekannten Untersuchungsergebnissen unter bekannten Aspekten
- die Beurteilung und Bewertung eines bekannten biologischen Sachverhalts
- die Unterscheidung von Alltagsvorstellungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Der Anforderungsbereich III umfasst

- planmäßiges und kreatives Bearbeiten vielschichtiger Problemstellungen mit dem Ziel, selbstständig zu Lösungen, Deutungen, Wertungen und Folgerungen zu gelangen
- bewusstes und selbstständiges Auswählen und Anpassen geeigneter erlernter Methoden und Verfahren in neuartigen Situationen.

Im Fach Biologie gehören dazu

- die Entwicklung eines eigenständigen Zugangs zu einem biologischen Phänomen, z.B. die Planung eines geeigneten Experimentes oder Gedankenexperimentes
- die selbstständige, zusammenhängende Verarbeitung verschiedener Materialien unter einer selbstständig entwickelten Fragestellung
- die Entwicklung eines komplexen gedanklichen Modells bzw. eigenständige Modifizierung einer bestehenden Modellvorstellung
- die Entwicklung fundierter Hypothesen auf der Basis verschiedener Fakten, experimenteller Ergebnisse, Materialien und Modelle
- die Reflexion biologischer Sachverhalte in Bezug auf das Menschenbild
- die materialbezogene und differenzierte Beurteilung und Bewertung biologischer Anwendungen
- die Argumentation auf der Basis nicht eindeutiger Rohdaten: Aufbereitung der Daten, Fehleranalyse und Herstellung von Zusammenhängen
- die kritische Reflexion biologischer Fachbegriffe vor dem Hintergrund komplexer und widersprüchlicher Informationen und Beobachtungen

3. Schriftliche Prüfung

3.1. Allgemeine Hinweise

Die Prüfungsaufgabe – das ist die Gesamtheit dessen, was ein Prüfling zu bearbeiten hat - darf sich nicht auf die Inhalte nur eines Kurshalbjahres beschränken (vgl. Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F. vom 16.06.2000), § 5 Abs. 4).

Eine Prüfungsaufgabe setzt sich in der Regel aus mehreren Aufgaben zusammen. Dabei ist die einzelne Aufgabe durch einen einheitlichen thematischen Zusammenhang definiert Die Aufgabenstellung soll eine vielschichtige Auseinandersetzung mit komplexen Problemen zulassen.

Daher soll die Zahl der Aufgaben in einer Prüfungsaufgabe drei nicht überschreiten.
Alle Aufgaben beziehen sich auf Materialien, bei denen die Quelle anzugeben ist, und bzw. oder Experimente. Zur Durchführung von Schülerexperimenten kann die Prüfungszeit um höchstens 60 Minuten erweitert werden.

Jede Aufgabe kann in begrenztem Umfang in Teilaufgaben gegliedert sein. Dabei darf keine kleinschrittige Abfrage einzelner Aspekte erfolgen; die Prüflinge müssen ihre Darstellungen in angemessener Weise selbstständig strukturieren können.

Die Prüfungsaufgabe umfasst Anforderungen in allen drei Anforderungsbereichen. Sie erreicht dann ein angemessenes Niveau, wenn das Schwergewicht der zu erbringenden Leistungen im Anforderungsbereich II liegt und daneben die Anforderungsbereiche I und III berücksichtigt werden, und zwar Anforderungsbereich I in höherem Maße als Anforderungsbereich III. Jede Aufgabe soll Anforderungen in allen drei Anforderungsbereichen umfassen.

Die Prüfungsaufgabe fordert selbstständig strukturierte Darstellungen und ist geeignet, vielfältige Kompetenzen zu überprüfen. Sie bezieht sich auf mindestens zwei der drei Themenbereiche A bis C (vgl. 1.2.1, S. 6) und ermöglicht die Anwendung von Basiskonzepten (vgl. 1.2.2, S. 7); sie sollte nach Möglichkeit Reflexionselemente zum Menschenbild (vgl. 1.2.3, S. 8) einbeziehen.

3.2. Aufgabenarten

Für die schriftliche Prüfung im Fach Biologie sind folgende Aufgabenarten geeignet:

(1) Materialgestützte Aufgabe
Materialien können sein: Naturobjekte, mikroskopische Präparate, Abbildungen, Filme, Texte, Tabellen, Messreihen, Graphen, Simulationen oder spezielle Software beim PC-Einsatz (z.B. Modellbildungssystem, Lautanalyseprogramm, Simulationssoftware)

(2) Bearbeitung eines Demonstrations- oder eines Schülerexperimentes
Da ein Misslingen des Experimentes nie ausgeschlossen werden kann, sollten Ergebnisse, die als Arbeitsunterlagen für die weitere Bearbeitung der Aufgabe benötigt werden, bereits beim Erstellen der Aufgabe gesichert und den Prüflingen ggf. zur Verfügung gestellt werden.

(3) Fachpraktische Aufgabe
Eine fachpraktische Prüfung ist eine besondere Form der schriftlichen Prüfung, die den Fachmethoden der Biologie Rechnung trägt. Neben den Experimenten stehen im Biologieunterricht vor allem zeitintensivere Untersuchungen im Vordergrund. Zudem muss der Streubreite biologischen Arbeitsmaterials und der daraus resultierenden Schwierigkeiten bei der Versuchsdurchführung Rechnung getragen werden. Dies lässt sich unter den Bedingungen der herkömmlichen schriftlichen Prüfung nicht realisieren. Die fachpraktische Aufgabe sollte deshalb so ausgelegt sein, dass Schülerinnen und Schüler Kompetenzen auf diesen relevanten Gebieten nachweisen können.
Die fachpraktische Prüfung besteht aus einem praktischen Teil, der in einen daran anknüpfenden schriftlichen Teil einmündet.
Fachpraktische Aufgaben können zum Beispiel sein:
- Ökologische Untersuchungen
- Verhaltensbeobachtungen an lebenden Tieren
- Auswertung von mikrobiologischen Experimenten mit entsprechenden Nachweisreaktionen
- Versuche zur Molekularbiologie und zur Enzymatik

3.3. Hinweise zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe

Grundlage der Aufgabenstellungen sind biologische Phänomene und Sachverhalte, aus denen relevante Fragestellungen abgeleitet werden können. Anwendungszusammenhänge stellen einen besonders geeigneten Kontext für Aufgabenstellungen dar.

Die Aufgaben beziehen sich jeweils auf Materialien, die als Basis für die Erarbeitung eines biologischen Phänomens genutzt werden. Um Kompetenzen in Bezug auf den Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung und auf die Herstellung biologischer Zusammenhänge abzubilden, sollten Daten aus biologischen Experimenten und Untersuchungen Verwendung finden.

Die Einbeziehung eines Realexperimentes in eine Prüfungsaufgabe bietet die Möglichkeit, Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu prüfen, die durch einen mittelbaren Umgang mit Experimenten (Gedankenexperimente, Bereitstellung von Daten) nicht zu erfassen sind. Hierzu zählt insbesondere die eigenständige Strukturierung in der Bearbeitung eines beobachtbaren Phänomens, der Umgang mit einem komplexen und zeitgleichen Gefüge möglicher Einflussfaktoren und die Vollständigkeit der nicht durch einen Arbeitsauftrag vorstrukturierten Beobachtung.

Ein prüfungsdidaktisch sinnvoller Aufbau der Prüfungsaufgabe erlaubt den Schülerinnen und Schülern einen angemessenen Einstieg in die Bearbeitung; Einleitungen und Überleitungen sowie Illustrationen (z.B. Habitusbild) unterstützen die Konzentration auf den jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkt.

Aus der Aufgabenstellung gehen Art und Umfang der geforderten Leistung hervor. Dies setzt den Gebrauch eindeutiger Arbeitsanweisungen (Operatoren) voraus.
Für die in Kapitel II dargestellten Aufgabenbeispiele werden die Operatoren in der folgenden Tabelle exemplarisch beschrieben.

Operatoren in alphabetischer Reihenfolge:
Ableiten - Analysieren - Angeben – Auswerten – Begründen - Beschreiben - Beurteilen – Bewerten – Darstellen – Deuten – Diskutieren - Erklären – Erläutern – Ermitteln - Erörtern - Hypothese aufstellen – Hypothese entwickeln - Interpretieren - Nennen – Protokollieren - Prüfen –Skizzieren – Stellung nehmen - Überprüfen – Untersuchen – Vergleichen – Zeichnen

Operator	Beschreibung der erwarteten Leistung	Verweis auf die Aufgabenbeispiele
Ableiten	Auf der Grundlage wesentlicher Merkmale sachgerechte Schlüsse ziehen	1.2.1.
Analysieren und Untersuchen	Wichtige Bestandteile oder Eigenschaften auf eine bestimmte Fragestellung hin herausarbeiten. Untersuchen beinhaltet ggf. zusätzlich praktische Anteile.	1.2.1.
Auswerten	Daten, Einzelergebnisse oder andere Elemente in einen Zusammenhang stellen und ggf. zu einer Gesamtaussage zusammenführen	1.1.2. 1.2.2.
Begründen	Sachverhalte auf Regeln und Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Beziehungen von Ursachen und Wirkung zurückführen	1.1.1. 1.2.1., 1.2.2.

Beschreiben	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge strukturiert und fachsprachlich richtig mit eigenen Worten wiedergeben	1.1.3. 2.1.
Beurteilen	Zu einem Sachverhalt ein selbstständiges Urteil unter Verwendung von Fachwissen und Fachmethoden formulieren und begründen	1.1.2.
Bewerten	Einen Gegenstand an erkennbaren Wertkategorien oder an bekannten Beurteilungskriterien messen	2.2.
Darstellen	Sachverhalte, Zusammenhänge, Methoden etc. strukturiert und gegebenenfalls fachsprachlich wiedergeben	1.1.2. 1.2.1, 1.2.3.
Diskutieren Synomym wird verwendet: Erörtern	Argumente und Beispiel zu einer Aussage oder These einander gegenüberstellen und abwägen	1.1.2. 1.2.1., 1.2.3. 2.1.
Erklären	Einen Sachverhalt mit Hilfe eigener Kenntnisse in einen Zusammenhang einordnen sowie ihn nachvollziehbar und verständlich machen	1.1.1. 1.2.1., 1.2.3. 2.2., 2.3.
Erläutern	Einen Sachverhalt veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen verständlich machen	1.1.1., 1.1.2., 1.1.3.
Ermitteln	Einen Zusammenhang oder eine Lösung finden und das Ergebnis formulieren	1.2.3. 2.1., 2.2.
Hypothese entwickeln Synonym wird verwendet: Hypothese aufstellen	Begründete Vermutung auf der Grundlage von Beobachtungen, Untersuchungen, Experimenten oder Aussagen formulieren	1.2.1.
Interpretieren Synonym wird verwendet: Deuten	Fachspezifische Zusammenhänge in Hinblick auf eine gegebene Fragestellung begründet darstellen	1.1.3. 2.3.
Nennen Synonym wird verwendet: Angeben	Elemente, Sachverhalte, Begriffe, Daten ohne Erläuterungen aufzählen	1.1.2. 1.2.1.
Protokollieren	Beobachtungen oder die Durchführung von Experimenten detailgenau zeichnerisch einwandfrei bzw. fachsprachlich richtig wiedergeben	1.1.3.
Skizzieren	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse auf das Wesentliche reduziert übersichtlich grafisch darstellen	1.1.1. 1.2.1., 1.2.2.
Stellung nehmen	Zu einem Gegenstand, der an sich nicht eindeutig ist, nach kritischer Prüfung und sorgfältiger Abwägung ein begründetes Urteil abgeben	1.1.2. 1.2.1.

Überprüfen bzw. Prüfen	Sachverhalte oder Aussagen an Fakten oder innerer Logik messen und eventuelle Widersprüche aufdecken	1.1.2.
Vergleichen	Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln	2.1.
Zeichnen	Eine möglichst exakte grafische Darstellung beobachtbarer oder gegebener Strukturen anfertigen	1.2.1.
Zusammenfassen	Das Wesentliche in konzentrierter Form herausstellen	1.1.2.

3.4. Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistung

„Den Aufgaben der schriftlichen Prüfung werden von der Aufgabenstellerin bzw. dem Aufgabensteller eine Beschreibung der von den Schülerinnen und Schülern erwarteten Leistungen einschließlich der Angabe von Bewertungskriterien beigegeben. Dabei sind von der Schulaufsichtsbehörde gegebene Hinweise für die Bewertung zu beachten und auf die gestellten Aufgaben anzuwenden.“ (§ 5 Absatz 3 der „Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F. vom 16.06.2000))

Die erwarteten Prüfungsleistungen sind stichwortartig so darzustellen bzw. zu skizzieren, dass aus ihnen Umfang und Erklärungstiefe der geforderten Darstellung und die Schlüssigkeit der erwarteten Argumentation hervorgeht. Die Darstellung des Erwartungshorizontes als Tabelle erlaubt bereits bei der Anfertigung der Abituraufgabe eine einfache Überprüfung der Plausibilität der Anforderungen durch Vergleich der Aufgabenstellungen mit den erwarteten Leistungen. Auf der Basis dieser Angaben werden die einzelnen Lösungsschritte gewichtet (Zuordnung von Bewertungseinheiten oder Prozentangaben) und dem jeweiligen Anforderungsbereich zugewiesen.

Werden Prüfungsaufgaben nicht zentral gestellt, so ist der vorangegangene Unterricht, aus dem die vorgeschlagene Prüfungsaufgabe erwachsen ist, so weit konkret zu erläutern, wie dies zum Verständnis der Aufgabe sowie des Erwartungshorizontes notwendig ist. Damit wird zugleich der Bezug zu den Anforderungsbereichen nachvollziehbar.

Zugelassene Hilfsmittel sind anzugeben. Beim Einsatz der Hilfsmittel muss der Grundsatz der Gleichbehandlung gewahrt bleiben.

3.5. Bewertung der Prüfungsleistungen

Nach § 6 Absatz 5 der „Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II“ (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F. vom 16.06.2000) soll aus der Korrektur und Beurteilung der schriftlichen Arbeit hervorgehen, „welcher Wert den von der Schülerin bzw. dem Schüler vorgebrachten Lösungen, Untersuchungsergebnissen oder Argumenten beigemessen wird und wieweit die Schülerin bzw. der Schüler die Lösung der gestellten Aufgaben durch gelungene Beiträge gefördert oder durch sachliche oder logische Fehler beeinträchtigt hat. Die zusammenfassende Beurteilung schließt mit einer Bewertung gemäß Ziffer 9.1 und 9.2 der Vereinbarung vom 07.07.1972 i.d.F. vom 16.06.2000.“

Grundlage der Bewertung ist der Erwartungshorizont. Um Transparenz zu erzeugen, sind qualifizierende textliche Erläuterungen zu Aspekten wie Eigenständigkeit, Qualität und Krea-

tivität der Lösungsansätze, Schlüssigkeit der Argumentation, Qualität der Darstellung (Aufbau, Gedankenführung und fachsprachlicher Ausdruck) erforderlich. Daraus muss die Gesamtnote nachvollziehbar werden.

Bei der Zuweisung der Bewertungseinheiten zu einem Lösungsschritt sollte ein ganzheitlicher Ansatz gewählt werden, so dass es nicht um den Vergleich einzelner Stichworte geht, sondern um die Schlüssigkeit der Argumentation. Daher kann z.B. trotz vollständiger Übereinstimmung der zentralen Begrifflichkeiten eine abweichende Bewertung erfolgen, wenn die Argumentation nicht schlüssig ist oder fachsprachliche Fehler auftreten.

Gerade bei offenen Aufgabenstellungen treten Lösungsansätze auf, die nicht im Erwartungshorizont antizipiert wurden. Entsprechend ihrer Qualität werden solche Darstellungen analog zu den erwarteten Leistungen bewertet. Liefern Prüflinge zu einer gestellten Aufgabe oder Teilaufgabe Lösungen, die in der Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistung nicht erfasst waren, aber in Hinblick auf die Aufgabenstellung schlüssig und weiterführend sind, so sind die erbrachten Leistungen angemessen zu berücksichtigen. Dabei kann der vorgesehene Bewertungsrahmen für die Teilaufgabe nicht überschritten werden.

Die Festlegung der Schwelle zur Note „ausreichend“ (05 Punkte) und die Vergabe der weiteren Noten sind Setzungen, die in besonderem Maße der pädagogischen Erfahrung und Verantwortung der Beurteilenden unterliegen.
Die Note „ausreichend“ (05 Punkte) soll erteilt werden, wenn annähernd die Hälfte (mindestens 45 Prozent) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist. Dazu reichen Leistungen allein im Anforderungsbereich I nicht aus.
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.
Die Note „gut“ (11 Punkte) soll erteilt werden, wenn annähernd vier Fünftel (mindestens 75 Prozent) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden ist. Dabei muss die gesamte Darstellung der Klausur in ihrer Gliederung, Gedankenführung, Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen.

Schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit in der Unterrichtssprache oder gegen die äußere Form gemäß § 6 Abs. 5 der „Vereinbarung über die Abiturprüfung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 13.12.1973 i.d.F: vom 16.06.2000) sind zu bewerten.

4. Mündliche Prüfung

4.1. Besonderheiten und Aufgabenstellung

Die mündliche Prüfung gliedert sich in zwei Teile, die Präsentation und das Prüfungsgespräch.
Für die Präsentation wird dem Prüfling eine Aufgabe schriftlich vorgelegt, die er in der Vorbereitungszeit bearbeitet. Die Aufgabenstellung ermöglicht dem Prüfling einen einfachen Einstieg und bietet ihm die Chance, individuelle Lösungsstrategien zu entwickeln. Die Ergebnisse sind im ersten Teil der mündlichen Prüfung zu präsentieren.
Das Prüfungsgespräch schließt an die Präsentation an. Es geht über die im ersten Prüfungsteil zu lösende Aufgabe hinaus und hat weitere Themen bzw. größere Zusammenhänge zum Gegenstand. Das Prüfungsgespräch erfordert Überblickswissen sowie Flexibilität und Reaktionsfähigkeit des Prüflings; die Gesprächsführung darf deshalb nicht zu eng auf die Überprüfung von Einzelkenntnissen abzielen, sondern muss dem Prüfling Spielraum für eigene Entwicklungen einräumen.

Die Aufgabenstellung der mündlichen Prüfung darf sich bei einem Prüfling nicht auf die Schwerpunktinhalte der schriftlichen Prüfung beziehen; insgesamt darf sich die mündliche Prüfung nicht auf die Sachgebiete eines Halbjahres beschränken

Gerade in der mündlichen Prüfung sind Aufgaben, die konkrete vom Prüfling durchgeführte biologische Experimente und Untersuchungen einbeziehen, möglich. Daher eignet sich der Einsatz von Experimenten, Materialien (z.B. lebende Organismen, Präparate, Modelle), Medien (z.B. Film- und Tonaufnahmen. Software) und Präsentationshilfen (z.B. Beamer, Computer etc.). Gelingt es dem Prüfling in der Vorbereitungszeit nicht, die erwarteten Arbeitsergebnisse (z.B. Messwerte, mikroskopische Präparate) zu erbringen, so müssen sie den Schülerinnen und Schülern ggf. zur Verfügung gestellt werden können.

Die mündliche Prüfung ermöglicht dem Prüfling
- Wissen aus verschiedenen Sachgebieten (Themenvielfalt) darzustellen,
- verschiedene Basiskonzepte (vgl. 1.2.2., S. 3) anzuwenden
- verschiedene Kompetenzen (vergl.1.1, S. 7) nachzuweisen.

Dabei soll er in seinen Betrachtungen verschiedene Organisationsebenen berücksichtigen können.

Grundsätzlich sind mündliche Prüfungen so zu konzipieren, dass jede Note erreicht werden kann. Daher überwiegt der Anforderungsbereich II, daneben sind die Anforderungsbereiche I und III zu berücksichtigen.

4.2. Kriterien für die Bewertung

Für die Bewertung der Prüfungsleistungen gelten in der mündlichen Prüfung die gleichen Grundsätze wie für die schriftliche Prüfung.

Bei der mündlichen Prüfungsleistung sind aufgrund der Diskurssituation darüber hinaus folgende Kriterien zu berücksichtigen:
- sach- und adressatengerechte Strukturierung und Präsentation im ersten Prüfungsteil
- richtiges Erfassen von Fachfragen, angemessenes Antworten
- Einbringen und Verarbeiten weiterführender Fragestellungen im Verlauf des Prüfungsgesprächs
- Sicherheit des Reagierens und Grad der Beweglichkeit im Umgang mit unterschiedlichen Themenbereichen, Basiskonzepten und Reflexionsebenen.

Um die Vergleichbarkeit der Ansprüche transparent zu machen und die Notenfindung zu erleichtern, wird für den ersten Prüfungsteil ein Erwartungshorizont erstellt, aus dem auch die Zuordnung zu den Anforderungsbereichen hervorgeht.

4.3. Fünfte Prüfungskomponente

„Die Abiturprüfung umfasst mindestens 4, höchstens 5 Komponenten. Fünfte Komponente ist entweder eine schriftliche oder eine mündliche Prüfung in einem weiteren Fach oder eine besondere Lernleistung.“ (Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 07.07.1972 i.d.F. vom 16.06.2000), 8.2.1)
Im Rahmen der fünften Prüfungskomponente können die Länder neue Prüfungsformen entwickeln. Für alle Formen der fünften Prüfungskomponente gelten die Abschnitte 1 bis 4.2 sinngemäß.

4.3.1. Besonderheiten

Die fünfte Prüfungskomponente zielt auf die Einbeziehung größerer fachlicher Zusammenhänge und fachübergreifender Aspekte in die Abiturprüfung. Sie ist deshalb vor allem gekennzeichnet durch einen längeren zeitlichen Vorlauf und einen besonderen Stellenwert einer vom Prüfling vorbereiteten Präsentation. Die Gewährung eines längeren zeitlichen Vorlaufs kann insbesondere nötig sein bei Aufgaben mit komplexerer Fragestellung oder aufwändigerer Erschließung.

4.3.2 Bewertung

Maßgeblich für die Bewertung der fünften Prüfungskomponente sind die inhaltlicher Bewältigung der Aufgabenstellung, die nachgewiesene Fach- und Methodenkompetenz, die formale Anlage, Klarheit, Vollständigkeit und Angemessenheit der Dokumentation und der Präsentation, die Selbstständigkeit und der Einfallsreichtum bei der Ausführung der Arbeitsanteile und Arbeitsschritte, der Grad der Durchdringung und aufgezeigten Vernetzungen sowie die Souveränität bei der Präsentation bzw. im Kolloquium.

4.3.3 Themenbeispiele

Die Themen- bzw. Aufgabenstellung soll durch Reichhaltigkeit der biologischen oder fachübergreifenden Bezüge gekennzeichnet sein. Sie soll dem Prüfling ein hohes Maß an Originalität und Kreativität der Bearbeitung ermöglichen.

Besonders geeignete Themen und Aspekte für die fünfte Prüfungskomponente sind die folgenden Beispiele:

- Langzeitbeobachtungen und –messungen mit entsprechenden Auswertungen
- Kartierungen
- Modellierungsprozesse und Modellbildungssysteme
- Simulationen komplexer biologischer Vorgänge.

II AUFGABENBEISPIELE

Die u.g. Aufgabenbeispiele sollen modellhaft die Vorgaben der EPA veranschaulichen. Sie betonen neuere fachdidaktische Entwicklungen, ohne auf bewährte Aufgabenstellungen zu verzichten.
Die Beispiele sind gleichermaßen für zentral wie für dezentral gestellte Prüfungsaufgaben geeignet.

Der Umfang der Aufgabenbeispiele ist sehr unterschiedlich, da sie teilweise als vollständige Prüfungsaufgabe, teilweise als Teil einer z.B. aus drei Aufgaben bestehenden Prüfungsaufgabe konzipiert sind.

Den Aufgabenbeispielen vorangestellt sind
- die Bearbeitungszeit
- die Zuordnung zu Themenbereichen (vgl. 1.2.1)
- die einzubeziehenden Basiskonzepte (vgl.1.2.2).
- die angesprochenen Reflexionselemente (vgl. 1.2.3.)
- die unterrichtlichen Voraussetzungen

Die Zuordnung von Aufgabenteilen zu Anforderungsbereichen basiert auf den vorgegebenen unterrichtlichen Voraussetzungen; andere unterrichtliche Voraussetzungen machen eventuell eine andere Zuordnung erforderlich.

Im Erwartungshorizont sind die für die Bewertung wesentlichen inhaltlichen Elemente skizziert. Darüber hinaus sind nachzuweisende Kompetenzen exemplarisch ausgewiesen.

Die ausgewiesenen Bewertungseinheiten sind Grundlage für die Gesamtbewertung der Schülerleistung.

1. Aufgabenbeispiele für die schriftliche Prüfung

Übersicht der Beispielaufgaben

1.1. Aufgaben für den Leistungskurs

1.1.1. Burkitt Lymphom 22
1.1.2. Quastenflosser 28
1.1.3. Genetic Profiling 37

1.2. Prüfungsaufgaben für den Grundkurs

1.2.1. Phenylketonurie 44
1.2.2. Ein ausgewogenes Düngungskonzept 49
1.2.3. Meeresalgen 57

2. Aufgabenbeispiele für die mündliche Prüfung

2.1. Grillen 62
2.2. DNA-Sequenzierung nach SANGER 66
2.3. Up and away (für bilingualen Unterricht) 70

1.1. Aufgaben für den Leistungskurs

1.1.1. Das Burkitt-Lymphom (LK) 140 Minuten

Es handelt sich um eine Aufgabe innerhalb einer Prüfungsaufgabe. Mit weitere(n) Aufgabe(n) muss ein anderer Themenbereich angesprochen werden.
Themenbereich: Funktionszusammenhänge
Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Information und Kommunikation, Steuerung und Regulation
Unterrichtliche Voraussetzungen: Zelluläre und molekulare Grundlagen der Vererbung: hier v.a. Zellteilungen, identische Replikation, Proteinbiosynthese, Translokation, Grundlagen der Erregungsleitung, Bau und Funktion von Synapsen
Hinweis: Das Beispiel Burkitt-Lymphom wurde im Unterricht bisher nicht betrachtet.

In Gebieten Zentral- und Ostafrikas tritt vorrangig bei Kindern eine Krebserkrankung, das so genannte endemische Burkitt-Lymphom, auf.
Als Ursache wird eine Translokation (Genaustausch) zwischen den Chromosomen 8 und 14 in B-Lymphocyten angesehen, die vermutlich durch das Epstein-Barr-Virus induziert wird.
Das Burkitt-Lymphom zeigt sich zuerst an lymphatischen Geweben verschiedener Organe.
Schnell wachsende Tumoren in der Bauchhöhle, aber auch im Gesichtsbereich treten auf.
Schilddrüse, Speicheldrüse oder Gehirn sind häufig betroffen.

Hinweis: Beziehen Sie bei der Bearbeitung der Aufgaben die folgenden Materialien ein.

1. Erläutern Sie den Zusammenhang zwischen der Translokation und der Bildung von Tumorgewebe am Beispiel des Burkitt-Lymphoms! Besteht die Gefahr, dass das Burkitt-Lymphom an Nachkommen vererbt werden kann? Erklären Sie!

2. Skizzieren Sie, wie eine Translokation im Verlauf einer mitotischen Teilung weitergegeben wird.

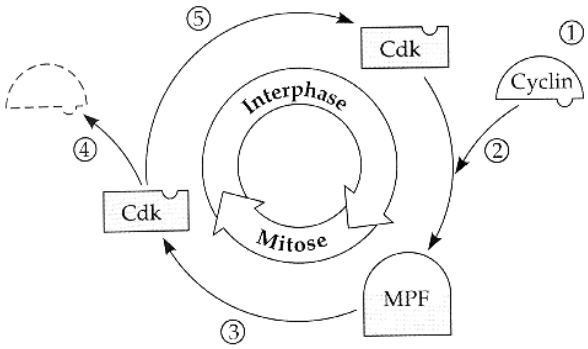
3. Bestimmte Krebszellen werden vom Immunsystem nicht vernichtet. Erklären Sie diesen Sachverhalt!

4. Therapeutisch kommen Zytostatika zum Einsatz. Bei dieser Behandlung treten Nebenwirkungen wie Durchfall und Haarausfall auf. Erklären Sie die therapeutische Wirkung von Zytostatika und die genannten Nebenwirkungen!

5. Zur Schmerzlinderung erhalten Tumorpatienten Medikamente, die meist Morphium ähnliche Substanzen enthalten. Interpretieren Sie die Versuchsergebnisse in Material 4! Erklären Sie die Wirksamkeit von Morphium als Schmerztherapeutikum und skizzieren Sie zur Veranschaulichung die Vorgänge an Synapsen.

Material 1:

Die Teilungsrate normaler Zellen ist abhängig von der Zelldichte des Gewebes und der Möglichkeit der Anheftung, z. B. an andere Zellen. Nach ca. 20 – 50 Teilungen sterben diese Zellen ab (programmierter Zelltod). Die mitotische Teilung wird von u.a. durch Proteinkinasen gesteuert. Der Normalzustand ist der, dass die Teilung gehemmt ist. Ein Hauptschalter der Mitose ist der Mitose-Promotor-Faktor (MPF), ein Komplex aus einem Cyclin (Regulatorprotein, dessen Konzentration sich zyklisch ändert) und einer Cyclin- abhängigen Proteinkinase (Cdk) (vgl. Abb.).



Aus: Neil Campbell: Biologie. Spektrum, Akademischer Verlag, Heidelberg 1997

(1) Das Cyclin wird während des gesamten Zellzyklus synthetisiert und reichert sich in der Interphase an. (2) Am Ende der Interphase wird die Proteinkinase aktiviert. (3) Der aktive Komplex koordiniert die Mitose. (4) MPF aktiviert auch ein Protein, dass am Ende der Mitose Cyclin abbaut.

Die Teilungsrate ist außerdem von der Zelldichte des Gewebes abhängig. Bei Verletzungen der Haut werden so zum Beispiel nur die fehlenden Hautepithelzellen ersetzt. Durch Laboruntersuchungen kam man zu dem Ergebnis, dass sich Zellen ca. 20 – 50 Mal teilen; dann tritt der Zelltod ein.

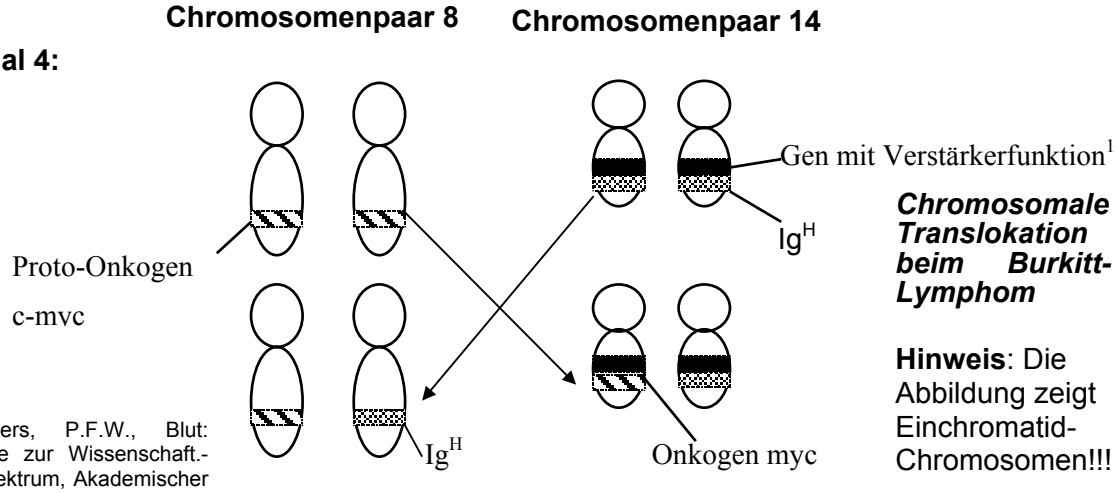
Material 2:

Auch die Differenzierung normaler Zellen wird von verschiedenen Faktoren gesteuert und reguliert. Zum Beispiel werden bestimmte Gene durch Anheften von Methylgruppen an die DNA-Basen stillgelegt, wodurch die Anlagerung von RNA-Polymerase verhindert wird. Das Muster wird bei der Zellteilung an die Tochterzellen weitergegeben. Jede Zellen eines Gewebetyps exprimiert dann immer die gleichen Gene. Diese differenzierten Zellen sind Ausgang für die Bildung spezifischer Gewebetypen mit definierten Aufgaben. Genetische Veränderungen dieser Zellen können zu erheblichen Störungen, z.B. im Stoffwechsel, führen.

Material 3:

Das Genom des Menschen enthält u.a. Gene, die Proteine mit regulatorischer Funktion codieren. Diese Proteine regulieren z.B. Zellteilung und –wachstum. Gut untersucht wurden bisher entsprechende Gene wie das sogenannte myc, fos und jun. Das Gen myc z.B. codiert Cycline, die als Regulatorprotein von Bedeutung sind. Durch einen vorgeschalteten Abschnitt werden diese Gene kontrolliert.

Material 4:



Chromosomale Translokation beim Burkitt-Lymphom

Hinweis: Die Abbildung zeigt Einchromatid-Chromosomen!!!

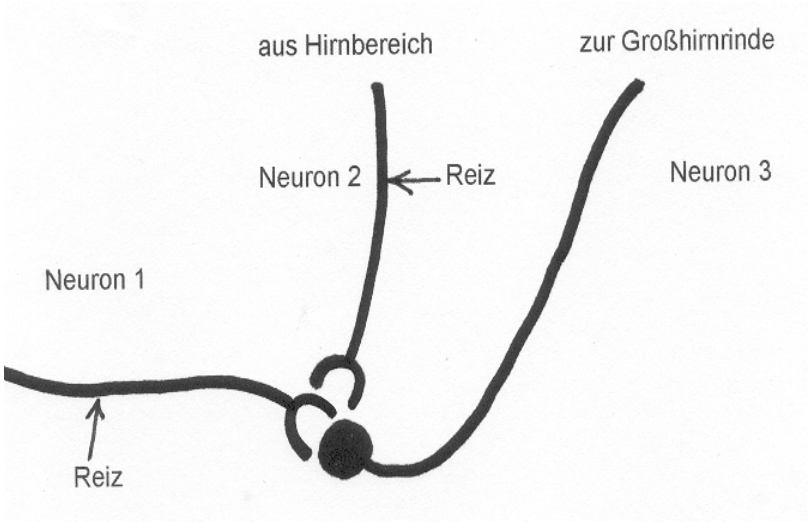
Nach: Strengers, P.F.W., Blut: Von der Magie zur Wissenschaft.- Heidelberg, Spektrum, Akademischer Verlag, 1996

Material 4

Nervenzellen werden durch synaptische Transmitter, aber auch durch Neuromodulatoren beeinflusst. Zu letztgenannten gehören Endorphine und Enkephaline, die bei starken Schmerzen im Gehirn freigesetzt werden.

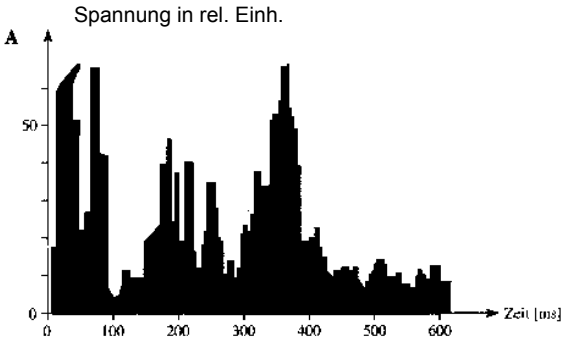
Mit Hilfe von Versuchen mit isolierten Neuronen wird die Schmerzempfindung und -verarbeitung untersucht.

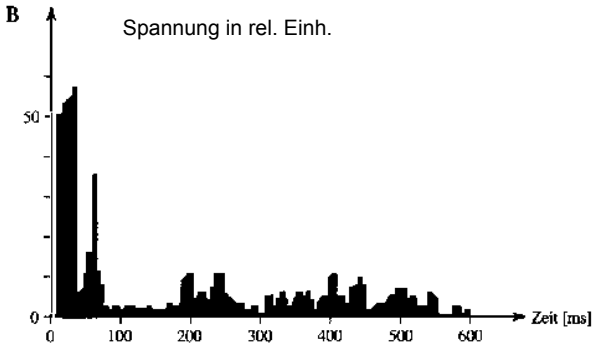
Versuchsanordnung:



Versuchsergebnisse :

Reizung von Neuron 1	- Im Bereich der Synapse steigt die Konzentration an einem fördernden Neurotransmitter. - Frequenz des Aktionspotenzials an Neuron 3; vgl. Diagramm A. - Es kommt zur Schmerzempfindung.
zuerst Reizung von Neuron 2, dann Reizung von Neuron 1	- Im Bereich der Synapse steigt die Konzentration von Enkephalin. Die Konzentration des fördernden Neurotransmitters nimmt ab. - Es kommt zu keiner Schmerzempfindung.

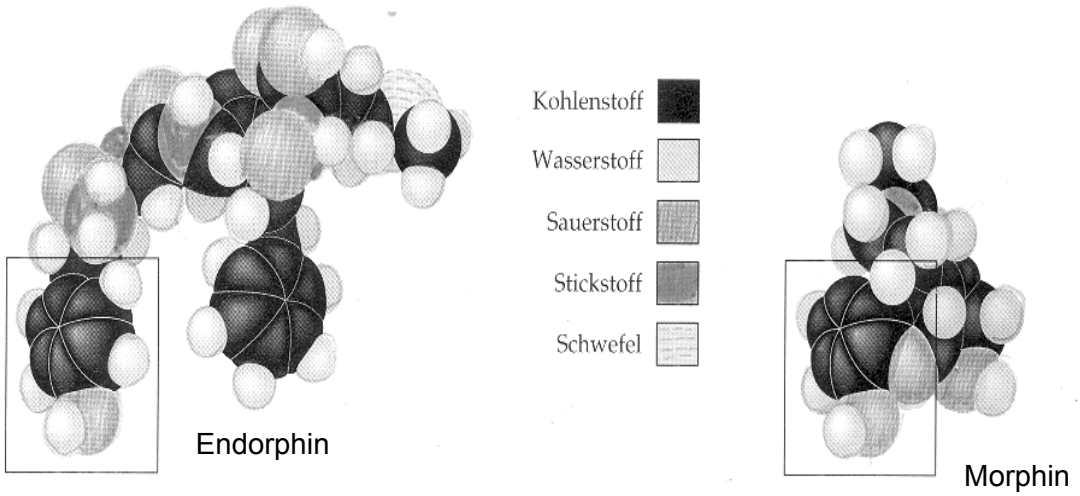




Am Neuron 3 gemessene Frequenz des Aktionspotenzials nach Reizung von Neuron 1 zum Zeitpunkt 0. Im Gegensatz zu Versuch A wurde in Versuch B 5 Minuten vor der Messung Morphium injiziiert.

Verändert nach: Biologie, Unterrichtsmaterialien für Lehrkräfte Sek. II, Grundwerk der Loseblattsammlung, Band A – B; Stark Verlagsgesellschaft mbH, Freising, 1990

Material 5



Quelle: Campbell, Neil: Biologie. Spektrum-Verlag, Heidelberg 1987

Material 6

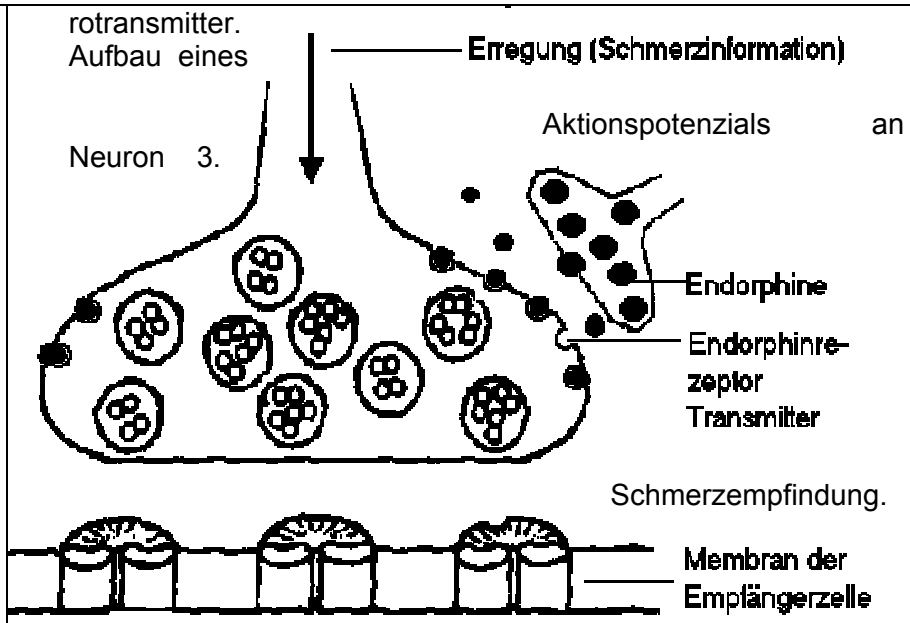
Zytostatika sind Zellgifte, die das Zellwachstum hemmen bzw. die Zellteilung verhindern. Beim Burkitt-Lymphom werden zum Beispiel Vincristin und Methotrexat eingesetzt. Vincristin bindet sich an Strukturbausteine des Spindelapparates und verhindert seine Polymerisierung zu Mitosespindeln.

Methotrexat ist ein Folsäureantagonist und führt zu Störungen der Enzymsysteme, die das Kopieren des Einzelstranges bei der identischen Replikation katalysieren.

Erwartungen

Nr.	Erwartete Leistungen	AFB	BWE (%)
1.	<u>Kompetenzen u.a.</u>**:** *Material analysieren und Informationen zum Zusammenhang zwischen Translokation und Tumorbildung gezielt auswählen, Kernaussage erkennen und beschreiben, dabei Wechsel zwischen Komplexitätsebenen Zelle und Gewebe* <u>Inhalte</u>**:** Erläutern des Zusammenhangs zwischen Translokation, Aktivierung von myc (Bildung von Onkogen), keine Eliminierung durch Immunsystem, erhöhte Synthese regulatorischer Proteine – hier Cyclin-, hohe Teilungsrate betroffener Zellen, Anreicherung dieser unspezialisierten Zellen in lymphatischem Gewebe, Tumorbildung Erklären, dass keine Gefahr der Vererbung besteht, weil sich die Mutation auf B-Lymphocyten, nicht aber auf Keimzellen bezieht bzw. Keimzellenbildung nicht betroffen ist.	II I	15 % 5 %
2.	<u>Kompetenzen u.a.</u>**:** *Den Kern des Sachverhalts erkennen und das Wesen der mitotischen Teilung am Beispiel einer translocierten Zelle grafisch darstellen* <u>Inhalte</u>**:** Anfertigen von beschrifteten Skizzen zur Darstellung der Mitose (keine Benennung der Phasen) am Beispiel der translocierten Zellen	I II	10 % 10 %
3.	<u>Kompetenzen u.a.</u>**:** *Umgang mit dem Basiskonzept Struktur und Funktion am Beispiel der immunologischen Abwehr* <u>Inhalte</u>**:** Begründen auf der Grundlage, dass Krebszellen veränderte Oberflächenantigene zeigen, diese aber durch Polysaccharide verdeckt sind. Dadurch kann diese veränderte Membranstruktur vom Immunsystem nicht als fremd erkannt werden. Krebszellen werden nicht vernichtet.	I	10 %
4.	<u>Kompetenzen u.a.</u>**:** *Kenntnisse über Sachzusammenhänge am Beispiel anwenden, auf das Erklären der Wirkungen verschiedener Zytostatika übertragen. Sachverhalte verständlich, übersichtlich darstellen.* <u>Inhalte</u>**:** Zytostatika verhindern Zellteilung. das Wachstum der betroffenen Gewebe stagniert z.B. durch Verhinderung der Ausbildung des Spindesapparates und folglich Störung der identischen Replikation und somit Verhinderung der Proteinbiosynthese. Krebszellen wie auch Darmepithel- und Haarwurzelzellen weisen gegenüber den meisten weiteren Geweben eine erhöhte Teilungsrate auf. im Behandlungszeitraum sind diese Gewebe stärker betroffen als gesunde Gewebe.	I II	5 % 15 %
5.	<u>Kompetenzen u.a.</u>**:** *Material zu Versuchsergebnissen analysieren, Informationen verknüpfen und Kernaussage über die Beeinflussung der Weiterleitung von Aktionspotenzialen erkennen und Ergebnisse der Interpretation der Materialien für die Erklärung heranziehen; Skizzieren des Wesentlichen* <u>Inhalte</u>**:** Interpretieren der Versuchsergebnisse - Versuch 1: Ungehinderte Erregungsübertragung über Synapse von Neuron 1 zu Neuron 3 durch Ausschüttung fördernder Neu-	III II	25 % 5

rotransmitter.
Aufbau eines Aktionspotenzials an Neuron 3.



Schmerzempfindung.

- Versuch 2: Reizung von Neuron 2 führt zur Ausschüttung von Enkephalin, das die Ausschüttung von Neurotransmittern an Synapse verhindert. Erregungsübertragung wird blockiert. Keine Schmerzempfindung.

Erklärung über strukturelle Ähnlichkeit von Morphium und Endorphin; Besetzung der Endorphinrezeptoren an Präsynapse durch Morphium, Verhinderung der Transmitterausschüttung, Unterbrechung der Schmerzleitung bei besetzten Rezeptoren und Herabsetzen der Schmerzempfindung (Hinweis: Ausschalten des Schmerzes nur bedingt möglich, da nicht alle Rezeptoren besetzt sind); Skizzieren der Vorgänge an der Synapse:

Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:

AFB I	AFB II	AFB III
30 %	45 %	25 %

1.1.2. Quastenflosser 300 Minuten

Prüfungsaufgabe, die aus einer Aufgabe besteht.
Themenbereiche: „Funktionszusammenhänge“, „Vernetzte Systeme“, „Entwicklungsprozesse – Evolution und Zukunftsfragen“
Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Reproduktion, Variabilität und Angepasstheit, Geschichte und Verwandtschaft
Reflexionselement: Naturschutz
Unterrichtliche Voraussetzungen: Darwins Theorie der Evolution, Aufbau des Wirbeltier-Skeletts incl. Funktion (Kreuzgang), Evolution der Landwirbeltiere, ggf. Latimeria oder ein anderes „Brückentier“, Aufbau von Proteinen, Eigenschaften verschiedener Gewebe. Gewässerökologie incl. Anpassungserscheinungen, Naturschutz. Grundlagen der Zellbiologie, molekulargenetische Untersuchungen und Darstellung im Cladogramm, z.B. Cytochrom-Stammbaum, wissenschaftstheoretische Fragestellungen.

Mitte des 19. Jahrhunderts sorgten fossile Funde für Aufregung: Skelettabdrücke zeigten Fische mit merkwürdig fleischigen Flossen, die als "Beinchen" interpretiert wurden. Dementsprechend wurden die so genannten Quastenflosser als Übergangsform zwischen Fischen und landlebenden Wirbeltieren angesehen, man vermutete, dass sie auf ihren fleischigen Flossen über den Meeresboden gekrochen wären. Fossilien von Quastenflossern finden sich in Schichten des Devon (Alter ca. 400 Mio Jahre) bis zur mittleren Kreide (Alter ca. 70 Millionen Jahre), in späteren Formationen nicht mehr. Über Jahrzehnte war man daher überzeugt, dass Quastenflosser ausgestorben wären –bis 1938 vor der südamerikanischen Küste ein Fisch gefangen wurde, der eindeutig den Quastenflossern zuzuordnen war. Nach seiner Entdeckerin Marjorie Latimer wurde diese neue Art „Latimeria“ genannt.

Geschichtliche Betrachtungen: Fossile Quastenflosser
Die Entdeckung des Quastenflossers entsprach den Annahmen von Charles Darwin (s. M1).

1) Fassen Sie seine Argumentation - auf den Quastenflosser bezogen - kurz zusammen.
2) Überprüfen Sie, ob ein Vergleich des Skelettabdruckes eines Quastenflossers mit dem Skelett eines rezenten Fisches die Einordnung der Quastenflosser als Übergangsform, als "missing link", zwischen Fischen und landlebenden Wirbeltieren untermauern kann (M 2).

Erste Erkenntnisse: Präparation der ersten Latimeria
Da bei dem Fund von Latimeria im Jahr 1938 keine passende Kühlmöglichkeit zu finden war, das tote Tier jedoch in kurzer Zeit in Verwesung übergehen würde, entschied sich Marjorie Latimer für eine Präparation in Formalin: Sie wickelte den fast anderthalb Meter großen Fisch in Bettlaken, die in Formalinlösung getränkt waren. Das nach einer Weile schwammigweiche Tier musste dann mehrere Tage in der frischen Luft in der Sonne aufbewahrt werden, bis das Präparat ausgehärtet war. Während dieser Zeit wurde es vom Präparator in seine endgültige Form (M 3) gebracht.

3) Beurteilen Sie, in wie fern die Fixierung in Formalin hilfreich für die Erkenntnisgewinnung war, und stellen Sie dar, welche Probleme durch dieses Vorgehen für die wissenschaftliche Interpretation des Fundes entstehen mussten. Zum Vergleich können Sie das Foto eines lebenden Tieres heranziehen (M 4).

Aktuelle Forschung: Latimeria in ihrem Lebensraum

Seitdem die Jago, ein Forschungs-U-Boot, Beobachtungen auch in größerer Meerestiefe erlaubt, konnte das Wissen über Latimeria deutlich erweitert werden. Außerdem wurden in der Nähe der Komoren mittlerweile mehr als 100 Exemplare gefangen und wissenschaftlich untersucht; nur einzelne Exemplare konnten wenige Tage am Leben erhalten werden.

4) Prüfen Sie, welche Eigenschaften von Latimeria (s. M 4) als Angepasstheit bezeichnet werden können; beziehen Sie sich dabei auf wesentliche ökologische Faktoren.
5) Bis heute darf Latimeria zu Forschungszwecken gefangen werden. Nehmen Sie kurz Stellung.

Neue Schlussfolgerungen: Einordnung von Latimeria
6) Werten Sie M 5 aus in Hinblick auf die Frage, in wie weit sich die Fortbewegungsart als Argument für die Einschätzung Latimerias als Übergangsform zwischen Fischen und Landwirbeltieren anführen lässt.
7) Um die Einordnung Latimerias zu überprüfen, wurden auch molekulargenetische Untersuchungen vorgenommen. Stellen Sie kurz das Prinzip der in M 6 dargestellten Methode zur Klärung der Verwandtschaftsverhältnisse dar.
Interpretieren Sie die Ergebnisse in Hinblick auf Latimeria als Übergangsform; vergleichen Sie ihre Schlussfolgerung mit den Ergebnissen der anatomischen Betrachtung (M 2, M 5).
8) Darwin nahm an, dass es „lebende Fossilien" geben müsste, also Formen, die bis heute erhalten blieben, „weil sie … sich wenig veränderten und daher wenig in Wettbewerb traten." Latimeria wird in vielen Schulbüchern als Beispiel für ein "lebendes Fossil" angeführt. Überprüfen Sie auf der Basis aller Ihrer Informationen, ob diese Bezeichnung zutreffend ist.

Material 1
Textauszug Charles Darwin: Die Entstehung der Arten

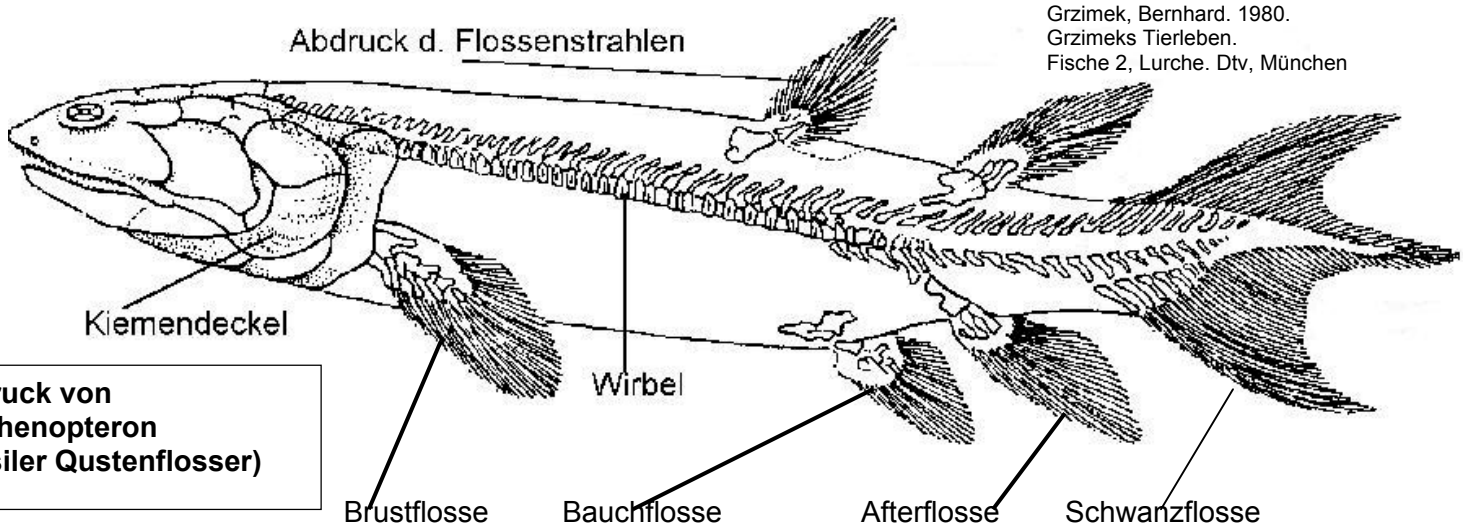
„In Übereinstimmung mit meiner Theorie der natürlichen Zuchtwahl muss eine unendliche Zahl von Zwischenformen gelebt haben, die in allmählichen Übergängen die Arten der Gruppen verbanden, wie es ganz ähnlich bei den Varietäten der Fall ist; man könnte deshalb fragen, warum wir diese Bindeglieder nicht finden."
„Warum liefert nicht jede Sammlung fossiler Überreste den klaren Beweis für eine allmähliche Abstufung und Umwandlung der Lebensformen?"
In der Zusammenfassung der Kapitel 10 und 11 sagt Darwin:
„Ich habe nachzuweisen versucht, dass die geologischen Urkunden sehr unvollständig sind; dass nur ein kleiner Teil der Erde geologisch sorgfältig untersucht ist; ...; dass die Zahl der in unseren Sammlungen aufbewahrten Individuen und Arten gar nichts ist im Vergleich zu der Zahl der Generationen, die während einer einzigen Formationszeit[1] untergingen; dass zwischen den meisten Formationen große Zeiträume verstrichen sein müssen, da sich nur während der Senkungsperioden[2] genügend fossilreiche Ablagerungen anhäufen konnten, um spätere Abtragungen zu überdauern; ...
Dies alles zusammen erklärt uns, warum wir trotz der Entdeckung mancherlei Bindeglieder nicht endlose Varietätenreihen auffinden, die zwischen ausgestorbenen und lebenden Arten in feinsten Übergängen vermitteln."
Und: „Ich versuchte ferner nachzuweisen, dass Zwischenvarietäten geringer an Zahl sind als die von ihnen verbundenen Formen und daher entsprechend den weiteren Abänderungen und Verbesserungen gewöhnlich aus dem Felde geschlagen werden und untergehen."

Darwin, Charles. 1969. Die Entstehung der Arten. Reclam Verlag, Stuttgart

1. Formationszeit: Zeitraum, in den eine abgrenzbare Gesteinsschicht entstand
2. Darwin ging davon aus, dass in jeder (Gesteins-)Formation Hebungs- und Senkungsprozesse stattfanden und Fossilien nur während der Senkungsphase entstehen könnten.

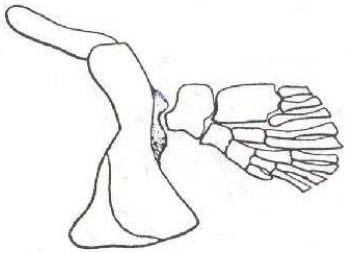
Material 2
Skelettvergleiche

Grzimek, Bernhard. 1980.
Grzimeks Tierleben.
Fische 2, Lurche. Dtv, München

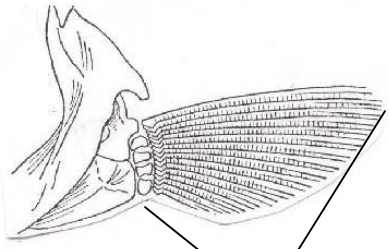


Abdruck von Eusthenopteron (fossiler Qustenflosser)

Skelett-Ausschnitt Brustflossen



Quastenflosser
(Abdrücke der Flossen-strahlen nicht gezeichnet)



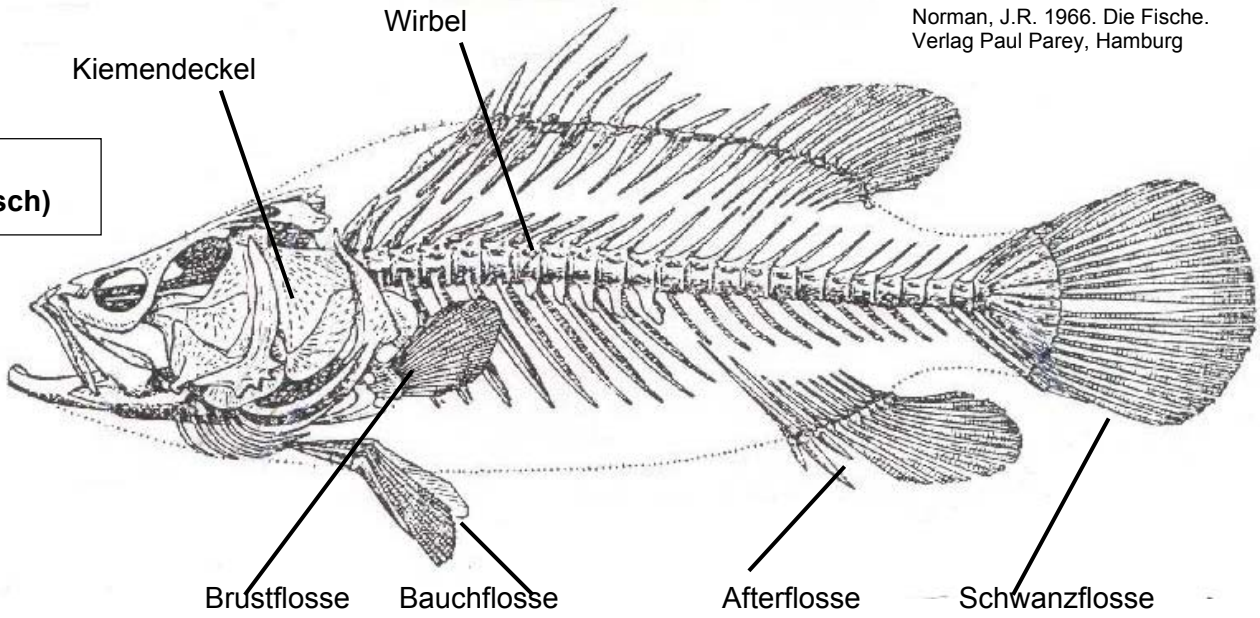
Knochenfisch

Flossenstrahlen
(Horn, kein Knochen!)

Romer, Alfred Sherwood und Thomas S. Parsons. 1983. Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Verlag Paul Parey, Hamburg.

Norman, J.R. 1966. Die Fische.
Verlag Paul Parey, Hamburg

Barsch (rezenter Fisch)



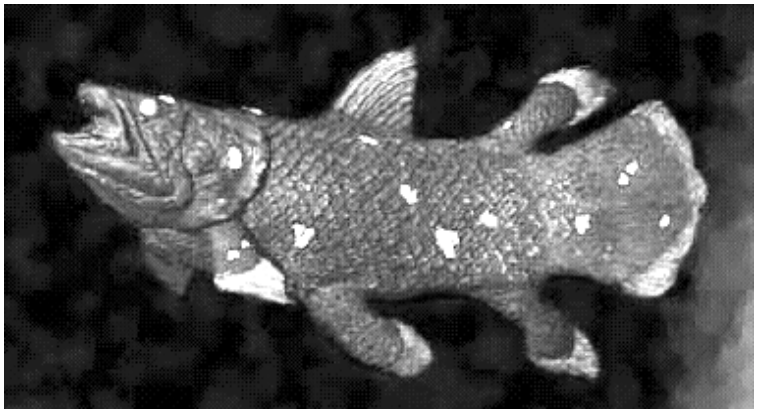
Material 3
Präparation der ersten Funde

Wirkungsweise von Formalin
Formalin (CH_2O) verändert die Proteinstruktur:
Zwischen den reaktiven Gruppen (z.B. Amino-, Carboxyl- und anderen Gruppen) werden Methylbrücken ($-CH_2-$) gebildet, sodass die Proteine miteinander vernetzt werden.
$R^1\text{-}H + CH_2O + H\text{-}R^2 \rightarrow R^1\text{-}CH_2\text{-}R^2 + H_2O$.

Fette werden auf ähnliche Weise fixiert wie Proteine, Kohlenhydrate jedoch nicht. Dadurch verhalten sich verschiedene Gewebetypen bei der Fixierung sehr unterschiedlich.

4%ige Formalinlösung dringt in 40 Stunden 6mm tief in das Gewebe ein.

Präpariertes Exemplar des ersten gefundenen Exemplars von Latimeria chalumnae



www.dinofish.com

Material 4
Latimeria in seinem Lebensraum

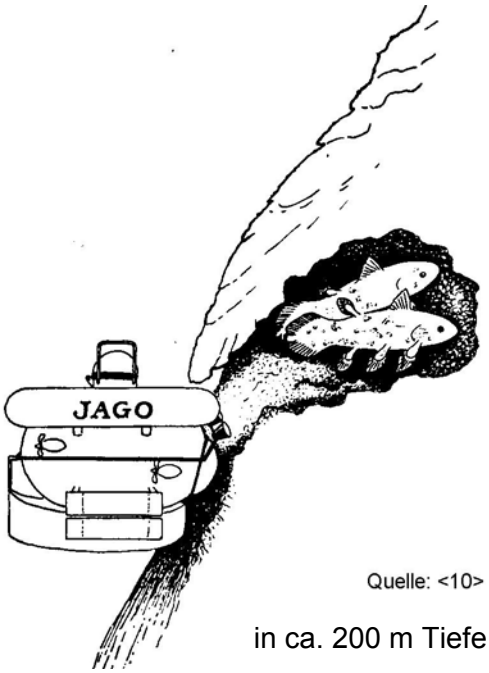
Größe: bis 1.70 m

Gewicht: bis 80 kg

Alter: über 20 Jahre

Quelle: Fricke, Hans. 1993. „Lebensräume - Lebensformen. Der Quastenflosser“ in: Biologie in unserer Zeit, 4-93. VCH Verlagsgesellschaft Weinheim

Noch Material 4:



Quelle: <10>

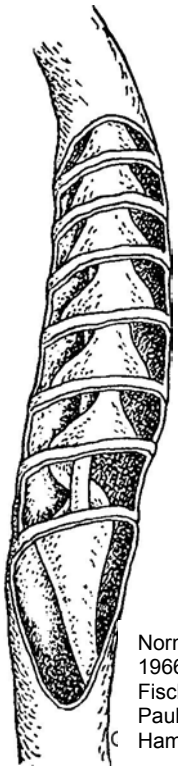
in ca. 200 m Tiefe

Tagsüber sitzen die Fische nahezu bewegungslos in Höhlen aus schwarzem Lavagestein, deren Wände mit kalkigweißen toten Muschenschalen übersät sind. Pflanzen gibt es in dieser Tiefe nicht mehr. Nachts jagt Latimeria im sauerstoffarmen und besonders salzreichen Tiefenwasser (bis 700 m). Vermutlich stöbert er Beutetiere (25-30 cm lange Fische) mithilfe seines elektrischen Sinns auf, der in dem sogenannten Rostralorgan vermutet wird: Dieses besteht aus mehreren mit Gallerte gefüllten Kanälen, die von der Nasenhöhle in den Schädel hineinführen. Auffallend sind die Augen, die bei Lichteinfall hellgrün leuchten: Dies kommt durch ein reflektierendes Gewebe zustande, das hinter der Retina sitzt. Latimeria ist farbenblind.

Im Vergleich zu anderen Fischen hat Latimeria sehr kleine Kiemen, das Herz besteht nur aus einer Kammer. Ein spezielles Schädelgelenk, das bisher nur bei Latimeria beobachtet werden konnte, ermöglicht eine extrem weite Öffnung des Mundes. Im Blut sind große Mengen Harnstoff gelöst. Wie alle Fische hat Latimeria große, kernhaltige rote Blutkörperchen Das Hämoglobin ähnelt dem der Kaulquappen. Die Muskelzellen verfügen über wenig Cytochrom. In Ruhe verbraucht Latimeria 3,8 ml Sauerstoff pro Kilogramm Körpergewicht; zum Vergleich: der Thunfisch benötigt 484 ml Sauerstoff.

Der Darm weist eine Spiralfalte auf, die die Resorption verlangsamt.

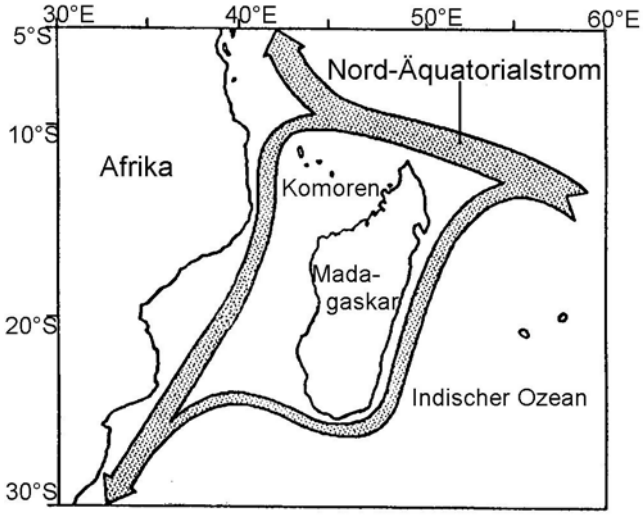
Latimeria ist lebendgebärend (Tragzeit 12-13 Monate), Größe der voll entwickelten Jungtiere bei Geburt ca. 35 cm.



Norman, J.R. 1966. Die Fische. Verlag Paul Parey, Hamburg

Darm von Latimeria, aufgeschnitten

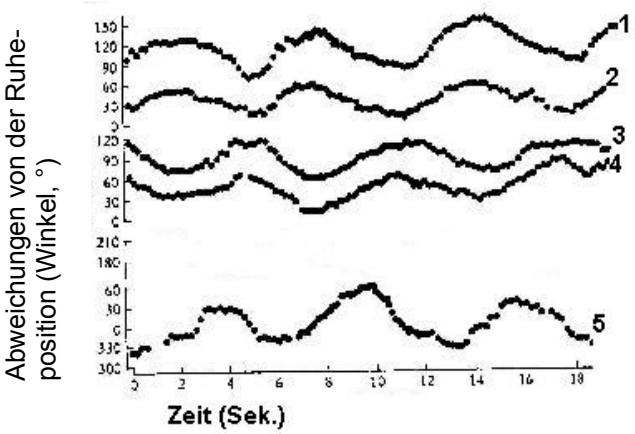
Fundorte: vor allem Komoren (s. Karte), neue Funde in Indonesien 110°E)



Quelle: Fricke, Hans. 1993. „Lebensräume - Lebensformen. Der Quastenflosser“ in: Biologie in unserer Zeit, 4-93. VCH Verlagsgesellschaft Weinheim

Material 5
Fortbewegung von Latimeria

„Alle Quastenflosser trollten sich, mehr segelnd als aktiv schwimmend, mit extrem langsamen Flossenbewegungen an den fast 45° geneigten Lavahängen entlang: Eilig hatten sie es nicht. ... Der Quastenflosser entpuppte sich als ein extrem träger Fisch, der nur in Ausnahmefällen den Boden berührte. Er ist ein Meister der Bewegungsmanöver: er kann rückwärts schwimmen, sogar auf dem Kopf oder sogar auf dem Schwanz stehen und selbst in Rückenlage schwimmen - nur am Boden kriecht er nicht.“



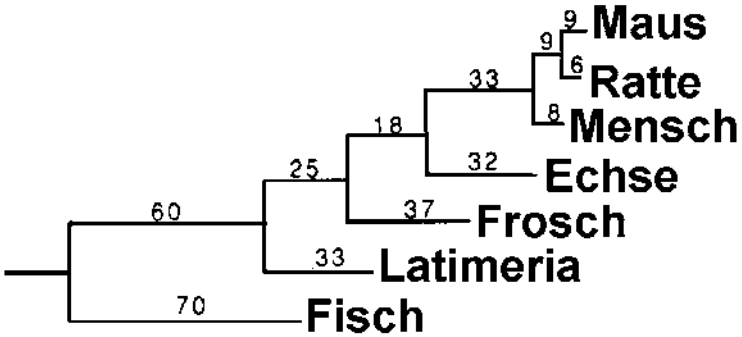
1 rechte Brustflosse
2 linke Bauchflosse
3 linke Brustflosse
4 rechte Bauchflosse
5 Schwanzflosse

Fricke, Hans. 1993. „Lebensräume - Lebensformen. Der Quastenflosser“ in: Biologie in unserer Zeit, 4-93. VCH Verlagsgesellschaft Weinheim

Schwimmbewegungen der einzelnen Flossen

Material 6
Molekulargenetische Untersuchung

Um die Verwandtschaftsbeziehungen zwischen den Fischen, Latimeria und den Landwirbeltieren zu klären, wurden jeweils die Gene untersucht, die die Bildung der Ribosomen kodieren. Hierzu wurden mithilfe von Restriktionsenzymen verschiedene Bereiche isoliert und dann zumeist mithilfe der PCR vervielfältigt.
Die Unterschiede im genetischen Material (Sequenzanalyse) wurden von einem Computerprogramm zu eigenem sogenannten Cladogramm verarbeitet: Auf der Basis der Unterschiede in der molekularen Struktur wurde ein Stammbaum erstellt.



Lesehilfe:
Zahl der Unterscheide zwischen Maus und Ratte: 15
Zahl der Unterschiede zwischen Maus und Mensch: 26
Zahl der Unterschiede zwischen Ratte und Mensch: 23

Quelle:
Musick, John A., Michael N. Bruton, Eugene K. Balon (eds). 1991.
The Biology of *Latimeria chalumnae* and evolution of coelacanths.
Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

Erwartungen

Nr.	Erwartete Leistung	AFB	BWE (%)
1	*<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Auf Latimeria bezogene Zusammenfassung der Kernaussagen Darwins, Ausführungen auf das Wesentliche reduziert:* <u>Inhalte</u>: Es muss Zwischenformen Fisch-Landwirbeltiere geben (allmähliche Übergänge) kurze Existenzdauer der Zwischenformen wie Latimeria, d.h. relativ geringe Anzahl von Individuen, die fossilisieren können Fossilisierung findet nicht immer statt, noch geringere Anzahl der Fossilien Unterschiedlicher Erhalt (Verlust von Fossilien) Unvollständige Erfassung möglicher fossiler Stätten	I	7
2	*<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Entwicklung einer geordneten Vorgehensweise:* *Vergleich bestimmter Merkmale* *Darstellung, z.B. als Tabelle* *Zusammenschau der Einzelergebnisse* *Schlussfolgerung unter dem Aspekt „missing link“* <u>Inhalte</u>: Gemeinsamkeiten mit Fischen, z.B. in Bezug auf Flossen (Lage und Zahl), Aufbau der Flossen (Flossenstrahlen), Körperform, Kiemendeckel, weitere beobachtbare Parallele. Gemeinsamkeiten mit Landwirbeltieren durch Flossen mit Knochenbasis, Vergleich mit Tetrapodengliedmaßen, Lage der Bauchflosse an Position Hinterbeine. Schlussfolgerung: Übergangsform plausibel, größere Nähe zu Fischen	I II	7 8
3	*<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Habitusbilder qualitativ beobachten und beschreiben* *Ursächliche Zusammenhänge erschließen und erklären, Verknüpfung unterschiedlicher Organisationsebenen (molekulare, zelluläre und organismische Ebene)* *Bewerten des Verfahrens* <u>Inhalte</u>: Erreicht wird: Keine Verwesung, Konservierung der Struktur Nicht erreicht: Abbild des ursprünglichen Bildes, denn Allgemeine Veränderung durch Schrumpfung (Trocknung, Verlust von Gewebewasser) Uneinheitlicher Schrumpfungsprozess durch langsames Eindringen, daher Verzerrung von Strukturen (Hinweis z.B. auf Biegung des Körpers) Unterschiedliche Reaktionen verschiedener Gewebe = Veränderungen von Proportionen (Hinweis z.B. auf Flossen) Herstellung der Form vor dem Trocknen: entsprechend den Vorstellungen des Präparators? (Stellung der Flossen) Biochemische Untersuchungen sind nicht mehr möglich	I II	8 8
4	*<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Zusammenstellung der ökologischen Faktoren unter Bezug auf den Text* *Entnahme von Information zu dem Aspekt der Anpassung* *Ursächliche Zusammenhänge erschließen und erklären unter Einbezug des Basiskonzeptes Struktur und Funktion, Fachsprachlich korrekte Darstellung von Angepasstheit* *Sinnvoll strukturierte Darstellung der vielfältigen Zusammenhänge* <u>Inhalte</u>:	I II	7 8

	Wesentliche Faktoren: • fehlendes Licht, daher Hinweise auf z.B. Auge mit Tapetum = Lichtverstärkung (geringes Licht), Farbenblind = Stäbchen für Dämmerungssehen, Rostralorgan: Ortung unabhängig vom Licht • geringer Sauerstoffgehalt: reduzierter aerober Stoffwechsel, wenig Cytochrom; • niedrige Temperatur: geringe Stoffwechselintensität -kleine Kiemen, Herz nicht gekammert. • geringes Nahrungsangebot: gute Aufnahme durch Beweglichkeit des Mundes, Spiralfalte = größere Oberfläche, verbesserte Resorption und Nutzung der Nahrung, Lebendgebärend: Fehlen von Plankton als Nahrungsgrundlage, eigenständige Jungformen hätten Nahrungsprobleme als Räuber • evtl. hoher Salzgehalt: Harnstoff im Blut = Osmoregulation oder Tarnung durch Färbung Die Aufgabe ist als erfüllt anzusehen, wenn die Angepasstheit in Bezug auf den gewählten Faktor plausibel dargestellt ist, es müssen nicht alle entsprechenden Merkmale aufgeführt werden.		
5	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.:* *Die Beziehung des Menschen zur Umwelt und seine besondere Rolle auf der Grundlage biologischer Kenntnisse kritisch reflektieren, hier die Verantwortlichkeit des Wissenschaftlers für sein Handeln* *Problematik der Einschätzung der Größe der Population aus dem Material ableiten* <u>Inhalte</u>: Konflikt von Forschung und Schutz Definition des Forschungsinteresses, Bewertung: z.B. Grundlagenforschung, besondere Anpassungen („Erfolg“ einer ungewöhnlichen Art) Schutzinteresse begründen (z.B. Verantwortung, Artenschutz, Bewahren für zukünftige Forschungstechnik) Schutzbedarf einschätzen: Geringe Zahl bisheriger Funde weist hin auf kleine Population Andererseits: Fund bei Komoren möglicherweise Einzelfunde, größere Population in Indonesien.	II III	5 3
6	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.* *Unbekanntes Diagramm auswerten,* *Zusammenhänge prägnant darlegen* *Kernaussagen herausstellen* *und verknüpfen mit Kenntnissen* *Abwägung der Aussagekraft, schlüssige Begründung* <u>Inhalte</u>: Beschreibung der Flossenbewegung: Brust und Bauchflosse diagonal, abwechselnd, entspricht Wirbeltier-(Kreuz-)gang. Präadaption? Allerdings nicht in der gleichen Position (Beine am Boden) Schwanzflosse scheint nicht in den Rhythmus eingebunden, evtl. Vortrieb? Also Parallelen und Unterschiede, entspricht der Vorstellung der Übergangsform	II III	8 4
7	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.:* *Fokussierte Darstellung von Kenntnissen* *Herausstellung der wesentlichen biologischen Prinzipien der Methoden* <u>Inhalte</u>: Modell der Untersuchungen: Jedes genetische Material unterliegt der Änderung, d.h. Zahl der Unterschiede = Aussage über Verwandtschaft. Auswahl der Ribosomen: rRNA sehr konservativ, wenige Abweichungen	I II	4 7

	PCR vervielfältigt kleine Mengen von Material Umsetzung der Sequenzdaten in Stammbaum durch Kombination der Daten. *<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Umsetzung des Cladogramms in die Fachsprache* *Qualitative und quantitative Auswertung des Cladogramms:* <u>Inhalte:</u> Große Zahl der Unterschiede zu anderen Tieren = stützt „Urahn“. Ebenso: Große Zahl der Unterschiede zu heutigem Fisch. *<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Überprüfung und Erweiterung der Modellvorstellung: „Latimeria als Übergangsform“:* <u>Inhalte:</u> Auch große Abweichungen zu hypothetischer „Urform“, größere Nähe zum Amphibium als zum Fisch, *<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Zusammenfassung der anatomisch-morphologischen Ergebnisse Vergleich und Abwägung, bewertende Gegenüberstellung der Erkenntnisse:* Inhalt: Daher relativiert sich die Aussage aus M2, Verstärkung von M5.	III	9
8	*<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Umgang mit dem Modell „missing link“* *Umgang mit dem Basiskonzept Variabilität und Angepasstsein* *Pointierte Zusammenfassung eigener Erkenntnisse* *Auseinandersetzung mit dem historisch gewachsenen Fachbegriff „lebendes Fossil“* *Abwägung und Begründung einer Entscheidung* <u>Inhalte</u>: Die Argumentation sollte aufgreifen: Mehrere gemeinsame Merkmale = interpretierbar als Position zwischen Fischen und Landwirbeltieren allerdings widersprüchliche Hinweise: größere Nähe zu Fischen oder Landwirbeltieren? Daher: Frage nach der Zuverlässigkeit der Aussagen Einerseits geringer Selektionsdruck „Tiefsee“, andererseits Angepasstheit an speziellen Lebensraum Tiefsee Schlüssige Entscheidung, z.B. ja, Begriff "Fossil" betont starke Ähnlichkeit mit Urform ODER Nein, Angepasstheit = Entwicklung ODER Nein Mischung der Gemeinsamkeiten könnte Angepasstheit darstellen	III	7

Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:

AFB I	AFB II	AFB III
33 %	44 %	23 %

1.1.3. Genetic Profiling (LK) 300 Minuten

Es handelt sich um eine fachpraktische Aufgabe innerhalb einer Prüfungsaufgabe.Mit weitere(n) Aufgabe(n) muss ein anderer Themenbereich angesprochen werden.
Themenbereich: Funktionszusammenhänge
Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Information und Kommunikation, Steuerung und Regulation
Unterrichtliche Voraussetzungen: Ab verschiedenen Beispielen im Schülerpraktikum: Protokolle zur Dokumentation experimentellen Arbeitens und Interpretation der Ergebnisse; Elektrophoretische Trennung von DNA-Molekülen im Praktikum; Mendel'sche Vererbungsgesetze; DNA: Bau, Codierung, Gene, etc.; PCR als Verfahren zur Vervielfältigung von DNA-Fragmenten ist behandelt, nicht jedoch der Verwandtschaftsnachweis mittels PCR.

Für eine Familie (Mutter, Vater, Tochter und Sohn) soll ein Verwandtschaftsnachweis durchgeführt werden: Es soll festgestellt werden, ob der Mann tatsächlich der biologische Vater der beiden Kinder ist.

Für diesen Test wird von einem bestimmten Genomabschnitt der verschiedenen Familienangehörigen ein genetischer Fingerabdruck analysiert. Dieses Verfahren umfasst zwei experimentelle Schritte: 1. Die Vervielfältigung des zu untersuchenden Genomabschnitts mittels Polymerase-Kettenreaktion (PCR) und 2. Erzeugen des Genetischen Fingerabdrucks der einzelnen Familienangehörigen durch Elektrophorese der vervielfältigten Genomabschnitte.
In der hier vorliegenden Prüfungsaufgabe erhalten Sie die bereits fertig gestellten Untersuchungsproben nach Abschluss der PCR. Ihre Aufgabe wird es sein, einen genetischen Fingerabdruck herzustellen. Sie sollen dazu die DNA-Fragmente dieser Proben mittels Gelelektrophorese analysieren und damit die Frage nach der Vaterschaft zu beantworten.

1. Gelelektrophoretische Analyse der PCR-Produkte
Führen Sie das Experiment entsprechend M 3 durch und fertigen Sie ein Protokoll an.

2. Auswertung des Experiments
Interpretieren Sie auf der Grundlage Ihres Protokolls das Versuchsergebnis: Erläutern Sie das hier verwendete Prinzip des Vaterschaftsnachweises und beantworten Sie dabei die Frage nach der Vaterschaft der beiden Kinder.
Hinweis: Sollte Ihnen die gelelektrophoretische Trennung der DNA-Fragmente missglückt sein, skizzieren und beschreiben Sie trotzdem das Gel-Bild. Diskutieren Sie die möglichen Fehlerquellen. Sie können die Auswertung in diesem Fall mit dem Gel-Bild vornehmen, das im verschlossenen Umschlag an Ihrem Arbeitsplatz bereit liegt. Beachten Sie vor dem Öffnen des Umschlags: Wenn Sie mit Ihrem Protokoll keinen ungeöffneten Umschlag abgeben können, gilt der praktische Prüfungsteil als nicht durchgeführt.

3. Verfahren der Polymerase-Kettenreaktion (PCR)
Erläutern Sie die Vorgänge, die bei den verschiedenen experimentellen Schritten der hier durchgeführten PCR abgelaufen sind.

4. Verfahren der gelelektrophoretischen Trennung
Beschreiben Sie das Prinzip der gelelektrophoretischen Trennung von DNA-Fragmenten am hier genannten Beispiel.

Material 1

Informations-Text zum genetischen Fingerabdruck: Theoretische Hintergründe des hier verwendeten Tests

Verwandtschaftsverhältnisse zwischen verschiedenen Arten oder Individuen einer Art können auf molekularer Ebene durch einen *genetischen Fingerabdruck* (engl. fingerprint) analysiert werden. Das Verfahren wird zunehmend in der Gerichtsmedizin und auch für Verwandtschaftsnachweise eingesetzt.
Beim genetischen Fingerabdruck macht man sich die Heterogenität eukaryotischer Genome zunutze: In den nicht-kodierenden DNA-Abschnitten findet man häufig mehrfache Wiederholungen bestimmter DNA-Sequenzen. Diese DNA-Abschnitte können bis zu mehreren hundert Mal hintereinander wiederholt sein. Man bezeichnet diese DNA-Abschnitte als *variable number of tandem repeats* oder kurz *VNTR* (deutsch: variable Anzahl benachbarter Sequenzwiederholungen).

Jedes Individuum besitzt in Länge und Sequenz charakteristische, einzigartige VNTR-Abschnitte. Die VNTR-Abschnitte werden wie Gene vererbt, sie werden wie Allele von Vater und Mutter entsprechend den MENDEL'SCHEN Gesetzen auf die Nachkommen weitergegeben. Sie können daher als genetische Marker für die Genomkartierung oder für die Erstellung von Stammbäumen eingesetzt werden.

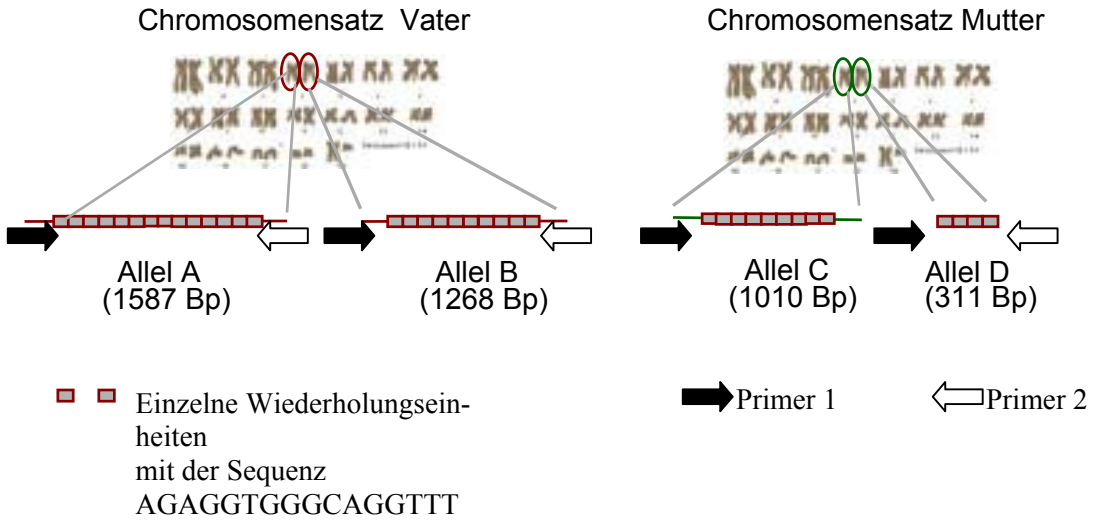
Material 2

Spezifische Vervielfältigung eines VNTR-Abschnitts mit Hilfe der Polymerase-Kettenreaktion (PCR)

Um einen genetischen Fingerabdruck zu erzeugen, wird zunächst DNA der einzelnen Familienmitglieder aus deren Mundschleimhaut isoliert. Bestimmte VNTR-Sequenzen werden dann zunächst mittels *Polymerase-Kettenreaktion (PCR)* spezifisch vervielfältigt.

Bei der spezifischen Vervielfältigung einer bestimmten VNTR-Sequenz werden Primer eingesetzt, die jeweils an den flankierenden DNA-Bereichen der betreffenden Regionen binden. Im vorliegenden Fall liegt die zu untersuchende VNTR-Sequenz auf Chromosom 4.

Vater und Mutter tragen jeweils zwei unterschiedliche Ausprägungen dieser VNTR-Sequenz. Die beiden Allele des Vaters werden hier "A" und "B", die der Mutter "C" und "D" genannt. Die PCR-Primer sind als dunkle bzw. helle Pfeile dargestellt, die Pfeilspitze kennzeichnet das 3´-Ende eines Primers.



Material 3
Gelelektrophoretische Analyse der PCR-Produkte: Genetischer Fingerabdruck

Arbeitsschritte
Stellen Sie aus dem 50-fach konzentrierten Tris-Acetat-EDTA-Puffer (TAE-Puffer) 500 ml Elektrophoresepuffer her.
Kontrollieren Sie den pH-Wert des Puffers. Gehen Sie im Protokoll kurz auf die Bedeutung des pH-Werts für das Gelingen der Elektrophorese ein.
Stellen Sie mit dem TAE-Puffer ein 0,8%iges Agarose-Gel her. Benötigt werden 100 ml. Die Suspension wird im Mikrowellengerät solange erhitzt, bis die Agarose vollständig gelöst ist. Die Agaroselösung wird dann in eine mit einem "Kamm" bestückte Flachgelapparatur gegossen. Nach Erstarren der Agaroselösung wird das Gel mit 1x TAE-Puffer (ca. 0,5 cm) überschichtet und der Kamm entfernt.

Entnehmen Sie aus den Untersuchungsproben jeweils 40-50 µl in ein neues Reaktionsgefäß. Geben Sie die entsprechende Menge des 5-fach konzentrierten Gel-Ladepuffers (blau) zu; Mischen Sie den Ansatz.
Tragen Sie soviel wie möglich von den Versuchsansätzen, mindestens jedoch 20 µl der Ansätze auf das Gel auf.
Die Elektrophorese wird für ca. eine Stunde bei ca. 100 V durchgeführt.
Das Gel wird mit 0,03%iger Methylenblau gefärbt. Legen Sie das Gel dazu in eine Färbeschale und überschichten Sie es für genau 3 Minuten mit der Färbelösung. Schwenken Sie die Färbewanne während des Färbeprozesses, um das Gel homogen zu färben. Schütten Sie nach 3 Minuten die Färbelösung wieder in die Flasche zurück. Spülen Sie dann das Gel mit ausreichend destilliertem Wasser, so dass keine Reste an Färbelösung mehr vorhanden sind und legen es in den Kühlschrank. Nach ca. 15 Minuten werden die DNA-Banden sichtbar, eventuell muss auch etwas länger gewartet werden.

Erwartungen

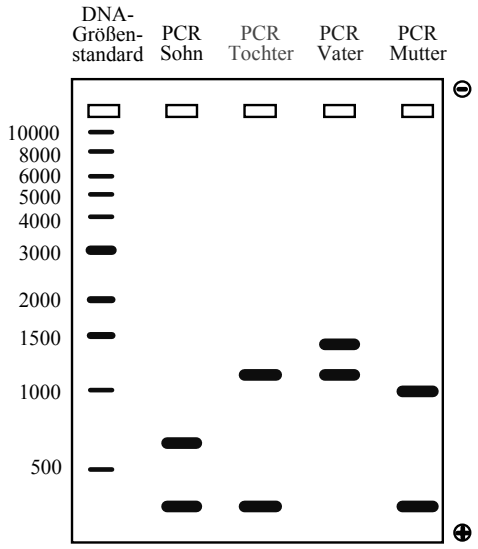
Nr.	Erwartete Leistung	AFB	BWE (%)
Experimentelles Arbeiten <u>Vorbemerkung</u>**:** Alle benötigten Chemikalien können im Set als Experimental-Kit erworben oder entsprechend der Materialliste selbst bereitgestellt werden werden. Die PCR wird mit den im Kit enthaltenen DNA-Proben durchgeführt. In diesem Aufgabenbeispiel ist dieser Schritt aus Zeitgründen vorbereitet und muss von den Schülerinnen und Schüler nicht praktisch durchgeführt werden. Bei entsprechend langer Prüfungszeit kann auch die PCR als praktischer Prüfungsteil einbezogen werden. Die benötigten Reagenzien und Geräte sind (ungeordnet) auf einem Tisch bereitgestellt. <u>*Kompetenzen*</u> *Experimente planen, durchführen, protokollieren, auswerten, Fehlerbetrachtung. Hypothesen bilden und überprüfen, Prognosen entwickeln.* *Geeignete Arbeitstechniken und Methoden für biologische Untersuchungen auswählen und anwenden* *Biologische Phänomene beobachten, beschreiben, quantitativ erfassen, analysieren, vergleichen und erklären* *Problemanalysen und Lösungsstrategien sachgerecht entwickeln*			
1.	Differenzierung in der Beschreibung von Durchführung, Beobachtung und der Interpretation des Beobachteten Aussagekraft der Beschreibung Stringenz der Interpretation Gliederung, Übersichtlichkeit, Logik der Argumentation Konzentration auf Wesentliches ggf. nachvollziehbare Dokumentation und Analyse von Problemen	II	25
	Lösungen in notwendiger Genauigkeit angesetzt Banden klar und gerade Trennung ausreichend Bild eindeutig interpretierbar (Erwartetes Gel-Bild und Bewertungshilfen s.u.)	II	20
2.	Darstellung unter Berücksichtigung der durch die Wahl der Primer bedingten Spezifität der PCR. Ist der Mann der biologische Vater der Tochter? Ja. Begründung: Die Tochter besitzt sowohl ein Allel der Mutter (Allel D) wie auch ein Allel des Vaters (Allel B). Ist der Mann der biologische Vater des Sohnes? Nein. Begründung: Der Sohn besitzt zwar ein Allel der Mutter (Allel D), jedoch keines der beiden Allele des Vaters. Das unbekannte Allel muss somit von einem anderen biologischen Vater stammen.	III	20

3.	*<u>Kompetenzen</u> u.a.:* *Materialien sachgerecht und kritisch auswählen und begründet einsetzen* *Einbeziehung der Vorkenntnisse, Verknüpfung mit eigenem experimentellem Arbeiten* <u>Inhalte</u>: in vitro Erzeugung von Kopien einer DNA-Sequenz. DNA-Vervielfältigung durch wiederholt ablaufende, dreistufige Reaktion: Denaturierung, Hybridisierung von Primern und Neusynthese von DNA besteht. Die Spezifität der Vervielfältigung des hier untersuchten VNTR-Abschnitts ist durch die Spezifität der Primer-Bindung bedingt. Der PCR-Reaktionsansatz enthält als DNA-Matrize die DNA aus Mundschleimhautzellen. Weiter im Ansatz enthalten: Eine (temperaturstabile) DNA-Polymerase, zwei ca. 15-20 Basen lange, gegenläufig orientierte DNA-Oligonukleotide (Primer), die der DNA-Polymerase als Starter dienen sowie die vier Desoxyribonukleotide dATP, dCTP, dGTP und dTTP. Die Zahl der amplifizierten DNA-Moleküle steigt exponentiell mit der Anzahl der Vermehrungszyklen (2n).	I II	15 5
4.	<u>Inhalte</u>: Elektrophorese: Wanderung geladener Teilchen in einem elektrischen Feld. (lineare) DNA-Moleküle durchlaufen im elektrischen Feld eine Trägermatrix und werden aufgrund ihres konstanten Ladungs-/ Masse- Verhältnisses analog ihrer Größe aufgetrennt. Die Laufrichtung ist abhängig von der Ladung der Moleküle: Beim gegebenen pH-Wert liegen die DNA-Moleküle deprotoniert vor, wandern also zur Katode. Die Durchlaufgeschwindigkeit der DNA-Moleküle durch die Poren der Trägermatrix ist dabei umgekehrt proportional zu ihrer Molekülmasse. Die DNA im Gel kann mit Methylenblau angefärbt werden.	I	15

Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:

AFB I	AFB II	AFB III
30 %	50 %	20 %

Erwartetes Gel-Bild:



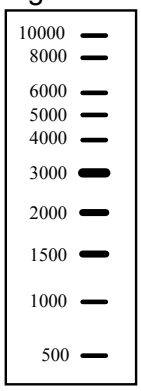
Fehlersuche und Bewertungshilfen

Nachfolgend sind einige der gängigsten Fehler bzw. Probleme aufgeführt, die bei diesem Experiment auftreten können. Auf die Erwähnung technischer bzw. systematischer Fehler wie z. B. falsches Pipettieren, falsche Berechnung von Verdünnungen etc. wurde hier verzichtet.

Beobachtung	Möglicher Fehler
Auf dem mit Methylenblau gefärbten Gel ist weder der DNA-Größenstandard noch PCR Amplifikate zu sehen.	• Das Gel ist nicht ausreichend gefärbt. • Das Gel war zu dick. • Polung falsch
Das mit Methylenblau gefärbte Gel kann nicht mehr entfärbt werden.	• Das Gel wurde zu lange gefärbt.
Die Banden im Gel sehen "ausgefranst", unscharf oder ungleichmäßig aus.	• Die Spannung bzw. Stromstärke war zu hoch. • Die Pufferkonzentration war falsch. • Die Pufferkonzentration im Gel und in der Gelkammer gleich sind.
Die DNA-Banden sind nicht ausreichend voneinander getrennt.	• Die Elektrophorese wurde zu früh beendet.

<u>Hintergrundinformation:</u> Chemikalien und Puffer (im Kit enthalten)

DNA Längenstandard (Längenangabe in Basenpaaren):



Im DNA-Längenstandard erscheint die Bande der Länge 3000 Bp heller als die übrigen Banden

- Gel-Ladepuffer (5x): 30 % Saccharose; 0,1% Bromphenolblau; 0,1% Orange G; 0,1% Xylencyanol
- Restriktionsenzym-Puffer: 50 mM Tris/HCl, pH 7,5; 10 mM $MgCl_2$; 100 mM NaCl
- 1x TAE-Puffer: 36 mM Tris/HCl ; pH 7,6, 30 ml Essigsäure, 1 mM EDTA
- Methylenblau-Lösung: 0,03%

Geräte

Dem Kit liegen 1 ml Minipipetten bei, die an Stelle von Mikroliterpipetten eingesetzt werden können und mit denen Sie - in Kombination mit den Pipettenspitzen - alle benötigten Volumina pipettieren können. Das Volumen, das Sie in die Pipettenspitze aufgezogen haben, können Sie direkt an der Minipipette (am unteren Ende der schwarzen Gummidichtung) ablesen.

- Waage (Gramm-genau)
- pH-Meter mit Zubehör
- Mikrowellengerät oder Kochwasserbad
- regelbares Netzgerät (mind. 100 V)
- Flachbettgelkammer zur Agarosegelelektrophorese mit Zubehör
- ***Eisfach (zur Vorbereitung: Lagerung der Enzyme)
- zur Vorbereitung, bzw. wenn auch die PCR praktischer Prüfungsteil sein soll: Thermocycler bzw. 3 Wasserbäder mit 52°C, 72°C und 95°C

1.2. Aufgaben für den Grundkurs

1.2.1. Phenylketonurie 100 Minuten

Es handelt sich um eine Aufgabe innerhalb einer Prüfungsaufgabe. Mit weitere(n) Aufgabe(n) muss ein anderer Themenbereich angesprochen werden.
Themenbereich: Funktionszusammenhänge und deren molekulare Grundlagen
Reflexionselement: Gesundheit
Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Steuerung und Regelung, Stoff- und Energieumwandlung, Variabilität und Angepasstheit
Unterrichtliche Voraussetzungen: PKU nur oberflächlich behandelt, Erbgänge, Stammbäume, Mutation, Enzym, Proteinbiosynthese

Phenylketonurie, abgekürzt PKU, ist eine angeborene Stoffwechselstörung, die in Deutschland bei einem von etwa 10000 Neugeborenen auftritt. Bei der gegenwärtigen Geburtenrate muss mit etwa 60 Neuerkrankungen pro Jahr gerechnet werden. Schätzungsweise leben mindestens 2500 PKU-Betroffene in Deutschland.
Alle eiweißhaltigen Lebensmittel tierischer und pflanzlicher Herkunft enthalten die essentielle Aminosäure Phenylalanin.
Normalerweise wird Phenylalanin in der menschlichen Leber in Gegenwart eines Enzyms in eine andere Aminosäure, das Tyrosin, umgewandelt.
Bei den PKU-Betroffenen ist aufgrund einer Mutation dieses Enzym gar nicht oder nur teilweise aktiv. Dadurch unterbleibt ganz oder teilweise die Umwandlung von Phenylalanin in Tyrosin. Phenylalanin und einige andere Stoffwechselprodukte häufen sich in Blut und Geweben an und verursachen schließlich u.a. eine Hirnschädigung, wenn die PKU nicht in den ersten Lebenswochen entdeckt und sofort behandelt wird.
In Deutschland und in vielen anderen Ländern gibt es ein "Neugeborenen-Screening", das am 3. bis 5. Lebenstag alle Neugeborenen erfasst. Im Verdachtsfall setzen sofort Nachuntersuchungen und dann die Behandlung ein.
Bisher - und sicher auch noch in absehbarer Zukunft - besteht bei den Betroffenen die einzige Behandlungsmöglichkeit in einer phenylalaninarmen Diät.

Beziehen Sie diese allgemeinen Informationen zur PKU und die weiteren Materialien in ihre Bearbeitung ein!

1. Das Ehepaar M. hat zwei gesunde Töchter und einen an Phenylketonurie erkrankten Sohn.
   Leiten Sie aus dem Stammbaumschema (Material 1) den vorliegenden Erbgang unter Einbeziehung geeigneter Personen ab. Geben Sie für die Familie M. die jeweils möglichen Genotypen an.
   Erläutern Sie, warum andere Erbgänge nicht in Frage kommen.

2. Bei den drei Kindern (12, 13, 14) wurde der Tyrosingehalt im Blut gemessen. Die Werte sind in der Grafik (Material 2) dargestellt.
   Ordnen Sie die Kurven den drei Kindern zu und erklären Sie die Abhängigkeit von Tyrosingehalt und Allelkombination.
   Stellen Sie eine Hypothese auf, welche der drei Kurven den Eltern zuzuordnen ist.

3. Zur Früherkennung der PKU wird bei Neugeborenen der Guthrie-Test durchgeführt (Material 3).

3.1 Stellen Sie eine Hypothese dazu auf, welchem der drei Kinder der Familie M dieses Testergebnis zuzuordnen ist!

3.2 Stellen Sie die in Material 3 genannte kompetitive Hemmung der beim Guthrie-Test verwendeten Bakterien mit Hilfe eines erklärenden Textes unter Einbeziehung von zu erstellenden, beschrifteten Skizzen dar.

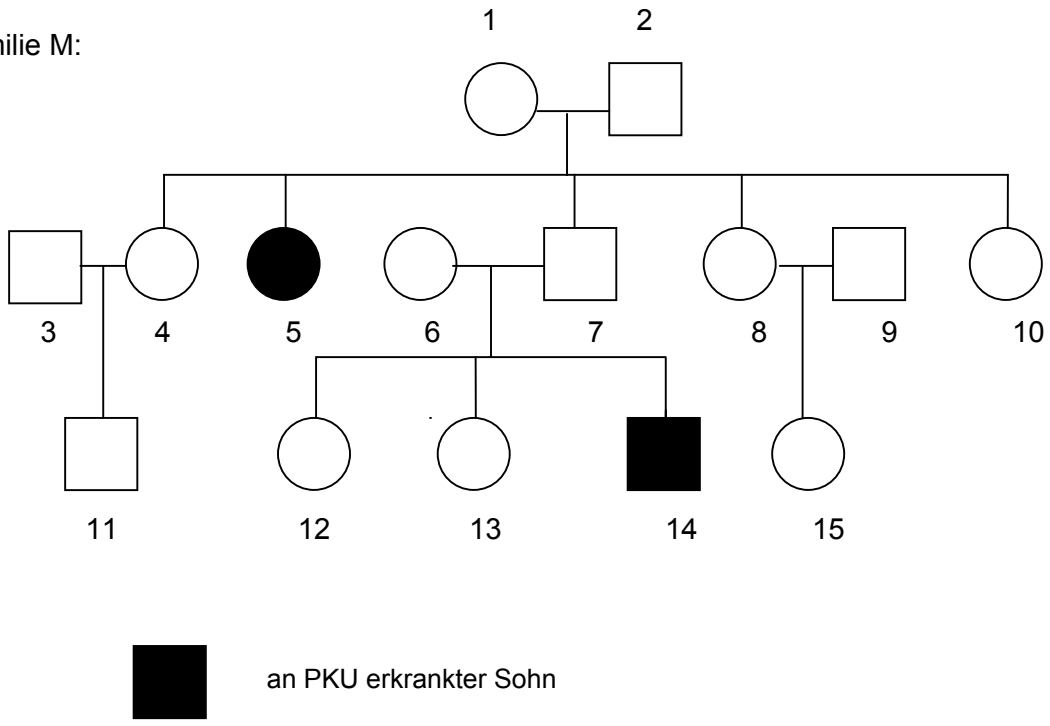
4. Phenylketonurie wird durch eine Punktmutation im Chromosom 12 des Menschen hervorgerufen.

4.1 Erklären Sie anhand der Vorgänge am Ribosom die Folgen der Punktmutation. Unterstützen Sie Ihre Ausführungen durch eine entsprechend anzufertigende Zeichnung.

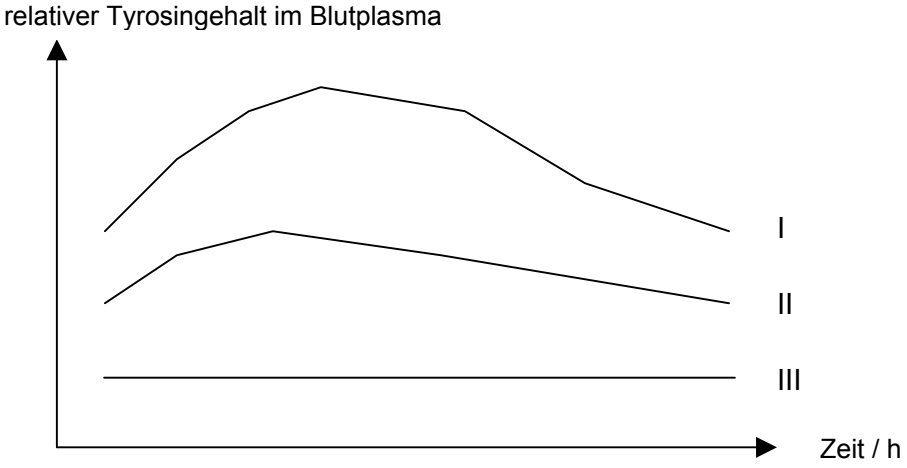
4.2 Ergänzen Sie das unvollständige Schema zum Phenylalaninstoffwechsel (Material 4) so, dass ein zwar vereinfachtes aber doch vollständiges Schema entsteht.

Verwenden Sie dazu folgende Begriffe: *Phenylalanin, Eiweißnahrung, Phenylbrenztraubensäure, Verdauungsenzyme, Phenylalaninhydroxylase*

Material 1:
Stammbaum der Familie M:



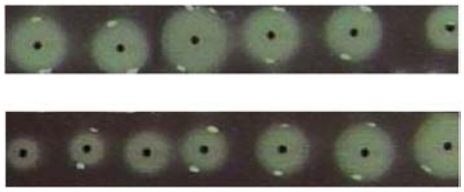
Material 2:
Bei allen drei Kindern der Familie M. wurde ein biochemischer Test durchgeführt. Dabei wurde allen drei Kindern eine genormte Phenylalaningabe verabreicht. Das Diagramm zeigt die jeweilige Tyrosinkonzentration im Blutplasma im Laufe von 8 Stunden.



Verändert nach: Daumer, K., Genetik, Biologie für die gymnasiale Oberstufe, 7. Auflage, Bayerischer Schulbuch-Verlag, München 1994, S. 67

Material 3:
Guthrie-Test:
Die Früherkennung von PKU wird beim Neugeborenen mit dem Guthrie-Test durchgeführt. Dabei wird aus der Ferse des Säuglings Blut entnommen. Je ein Tropfen Blut wird auf mehrere auf einem Filterpapier vorgezeichnete Kreise gebracht, so dass Vorderseite und Rückseite durchtränkt werden. Nach dem Trocknen des Filterpapierstreifens wird dieser in Cellophan verpackt und in ein Untersuchungslabor gesandt.
Dort werden die Trockenblutproben auf Agarplatten aufgelegt, die mit dem Bakterienstamm *Bacillus subtilis* beimpft sind. Diese Bakterien sind beim Wachstum auf Phenylalanin angewiesen, da deren Phenylalaninsynthese durch einen kompetitiven Inhibitor blockiert wurde. Durch die Gegenwart von Phenylalanin in diesen Proben wird die Wirkung des kompetitiven Inhibitors aufgehoben.

Die folgende Abbildung zeigt einen Ausschnitt aus einer Agarplatte, auf der die Wachstumshöfe der Bakterien sichtbar sind.

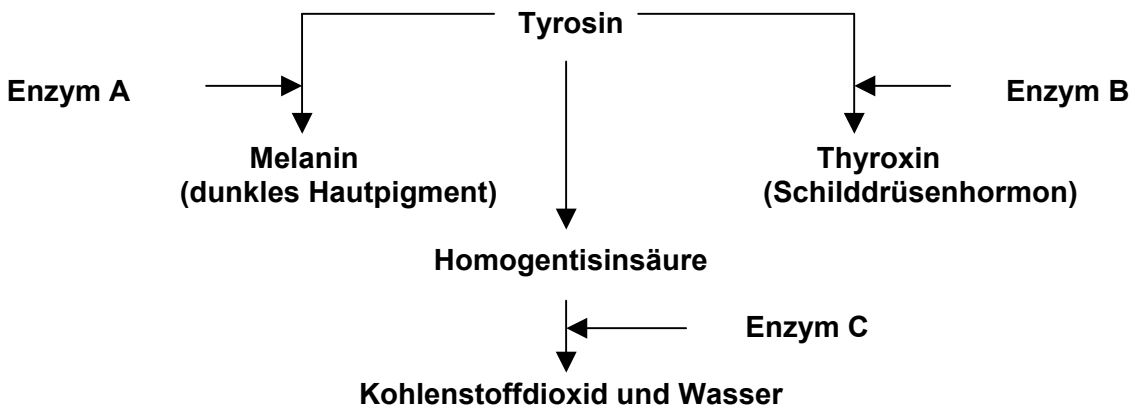


Wachstumshöfe der Bakterien nach Auflage eines Filterpapierstreifens

Vergleichsprobe: Phenylalanin steigender Konzentration

Verändert nach: http://lernen.mzc.univie.ac.at:8008/

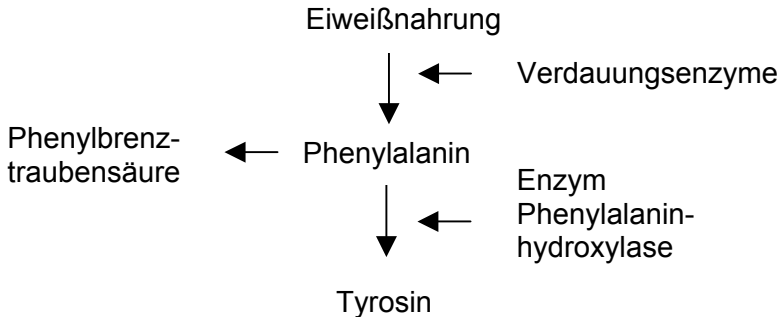
Material 4:
Stark vereinfachtes und unvollständiges Schema zum Phenylalaninstoffwechsel im menschlichen Organismus:



Aus: Starke, A., Erler, H., Biologie heute SII – Arbeitsheft Ökologie/Genetik/Immunbiologie, Schroedel Verlag, Hannover 1998, S. 47

Erwartungen

Nr.	erwartete Leistung	AFB	BWE %
1	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.:* *Kenntnisse in Sachzusammenhängen anwenden und verknüpfen; Hypothesen bilden und überprüfen; Regeln als Arbeitsmittel verwenden.* <u>Inhalte</u>: Die Krankheit wird rezessiv autosomal vererbt. Personen: 6Aa, 7Aa, 12AA/Aa, 13AA/Aa, 14aa Ausscheiden der anderen Erbgänge Autosomal dominant: Pers. 6 o. 7 und auch 1 o. 2 müssten PKU zeigen. x-chr. rezessiv: Pers. 5 kann nur PKU zeigen, wenn Pers. 2 ebenfalls PKU zeigen würde; außerdem ist dem Stammbaum insgesamt nicht zu entnehmen, dass ein Geschlecht bevorzugt PKU zeigt.	II	20
2	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.:* *Informationsquelle erschließen und nutzen, verständlich darstellen und diskutieren; zusätzlich Sachverhalte auf der Grundlage von Diagrammen erklären, Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven und Sachzusammenhängen betrachten* <u>Inhalte</u>: Pers. I: Nach Gabe von Ph. Anstieg des Tyr.-Spiegels, dann jedoch kontinuierlich Rückgang des Tyr.-Spiegels; Ph-Stoffwechsel voll funktionsfähig; Allelkombination AA. Pers. II: Grundsätzlich niedrigerer Tyr.-Spiegel, der nach Gabe von Ph. schwächer ansteigt als bei Pers. I; Ph.-Stoffwechsel nicht voll funktionsfähig; Allelkombination Aa. Pers.III: Tyr.-Spiegel während der gesamten Untersuchung konstant; defekter Ph.-Stoffwechsel; Allelkombination aa. Eltern müssen demnach der Kurve II zugeordnet werden.	II III	5 15
3.1	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.:* *biologische Phänomene beschreiben und erklären* <u>Inhalte:</u> Größe der Höfe nach Auflage des Papierstreifens zeigen ein starkes Wachstum der Bakterienkolonien an, was für eine Aufhebung der komp. Hemmung spricht und damit auf eine hohe Phe.-Konzentration im Blut der getesteten Pers. hinweist. Es muss sich um den erkrankten Sohn handeln.	II	10

3.2	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.:* *biologische Phänomene begrifflich präzise darstellen; Veranschaulichung von Sachverhalten* <u>Inhalte:</u> Substratähnliche Stoffe; können an aktives Zentrum eines Enzyms ebenso binden wie das eigentliche Substrat; wenn Hemmstoffe in höherer Konzentration vorhanden als das Substrat, Erliegen der Reaktion; Zunahme des Substrats bedeutet Ansteigen der Reaktion; Konkurrenz beider Stoffe um das aktive Zentrum ist kompetitive Hemmung. Zwei, eventuell auch nur eine Skizze unter Verwendung folgender Begriffe in der Beschriftung: Enzym, Substrat, aktives Zentrum, Enzym-Substrat-Komplex, Hemmstoff, Enzym-Hemmstoff-Komplex, Endprodukte, Konkurrenz v. Hemmstoff und Substrat, Schlüssel-Schloss-Prinzip	I II	10 10
4.1	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.:* *Grundlegende Erklärungskonzepte anwenden; Sachverhalte zeichnerisch darstellen;* <u>Inhalte:</u> Vorgänge am Ribosom und Punktmutation zeichnerisch darstellen. Zwei Zeichnungen, event. eine Zeichnung. Zu berücksichtigende Begriffe in den Zeichnungen: Ribosom, Bindungsstellen P u. A, Codon, Anticodon, mRNA, tRNA, Aminosäure, Triplett, Base, Punkmutation. Der Einbau einer falschen Aminosäure aufgrund des veränderten genetischen Codes muss deutlich werden.	I II	15 5
4.2	<u>*Kompetenzen*</u> *u.a.:* *Modellvorstellungen verstehen und ergänzen* <u>Inhalte:</u> Korrekte Vervollständigung des Schemas.  	II	10

Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:

AFB I	AFB II	AFB III
25 %	60 %	15 %

1.2.2. Ein ausgewogenes Düngungskonzept 100 Minuten

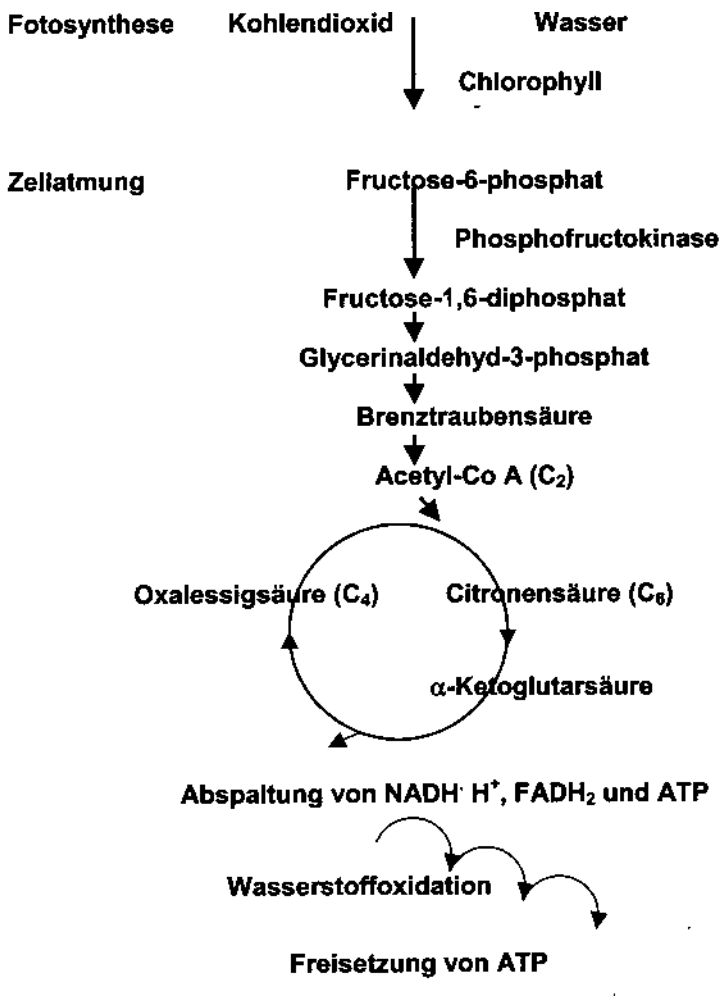
Es handelt sich um eine Aufgabe innerhalb einer Prüfungsaufgabe, mit weitere(n) Aufgabe(n) muss ein anderer Themenbereich angesprochen werden.
Themenbereich: Funktionszusammenhänge und vernetzte Systeme
Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Stoff- und Energieumwandlung, Steuerung und Regelung
Reflexionselement: Nachhaltige Entwicklung
Unterrichtliche Voraussetzungen: Fotosynthese, Chemosynthesen an Beispielen, Wesen und Ablauf von Zellatmung im Überblick (ohne Formeln); Reduktion von Nitrat-Ionen zu Ammonium-Ionen in der Pflanze, enzymatische Reaktionen, Folgen von Nährstoffeinträgen in *Fließ*gewässer und Selbstreinigung

Zirka 40 % der Gesamtfläche der Europäischen Union wird landwirtschaftlich genutzt. Durch die Pflanzenproduktion werden den Böden erhebliche Mengen an Nährstoffen entzogen, die durch Düngung ersetzt werden. Der Anteil an mineralischem Dünger ist territorial unterschiedlich, macht aber insgesamt etwa die Hälfte aus. Düngung führte und führt auch heute zu erheblichen Umweltbelastungen. Der Trend geht in der Landwirtschaft derzeit verstärkt dahin, produktive Methoden, die langfristig und umweltschonend sind, einzusetzen. Eine Reihe von EU-Initiativen zielen auf die Reduktion von Nährstoffeinträgen und Schadstoffen die Umwelt ab, die durch die Düngung landwirtschaftlicher Flächen bedingt sind.

Hinweis: Beziehen Sie die folgenden Materialien in Ihre Darstellungen ein!

1. Die durch Düngung zur Verfügung gestellten Nährstoffe werden von der Pflanze unter anderem benötigt, um die für ihre Proteinbiosynthese benötigen Aminosäuren zu synthetisieren. Skizzieren und erläutern Sie kurz ausgehend von der Stickstoffdüngung die Zusammenhänge zwischen den beteiligten Stoffwechselprozessen, indem Sie das vorgegebene Schema in Material 1 ergänzen bzw. erweitern!

2. Leiten Sie sachgerechte Argumente für einen effizienten Einsatz von Mineraldünger aus den Materialien ab! Berücksichtigen Sie dabei ökonomische und ökologische Aspekte! Erläutern Sie in diesem Zusammenhang die angesprochenen physiologischen Hintergründe!



Material 1

Glutaminsäure – eine primäre Aminosäure

Glutaminsäure wird in einem endothermen Prozess durch Aminierung von α–Ketoglutarsäure synthetisiert. Dazu wird als Reduktionsmittel NADPH + H^+ benötigt. Durch Übertragung ihre Aminogruppen auf weitere Kohlenstoffverbindung können weitere Aminosäuren gebildet werden.

Steuerung durch negative Rückkopplung:

Phosphofructokinase ist ein allosterisches Enzym mit spezifischen Bindungsstellen für Inhibitoren und Aktivatoren. Steigt der Citronensäurespiegel in den Mitochondrien, gelangt ein Teil davon ins Zellplasma und hemmt, ebenfalls wie eine erhöhte Konzentration an ATP die Aktivität dieses Enzyms. ADP wiederum wirkt aktivierend auf das Enzym.

Material 2

Verfügbarkeit von Nährstoffen

Viele Mineralsalz-Ionen haften durch elektrische Anziehung an der Oberfläche von Bodenpartikeln. Kationen wie Mg_2^+ K^+, Ca_2^+ und NH_4^+ sind an der Oberfläche von negativ geladenen Tonmineralien adsorbiert. Anionen wie NO_3^-, $H_2PO_4^-$ und SO_4^- hingegen sind in der Regel nicht so fest an Bodenteilchen adsorbiert. Für die Pflanzen verfügbar werden sie erst, wenn sich die Mineralsalz-Ionen in der Bodenlösung befinden. Erst durch die von der Wurzel abgegebenen Wasserstoffprotonen werden die haftenden Kationen von der Oberfläche der Tonminerale verdrängt und verfügbar. Dieser Kationenaustausch kann nur in einem bestimmten pH-Bereich vonstatten gehen; durch ein Puffersystem kann der pH-Wert im Boden in diesem Rahmen relativ konstant gehalten werden. Bei Werten unter pH = 3 (z.B. durch sogenannte saure Niederschläge) versagt dieses Puffersystem.

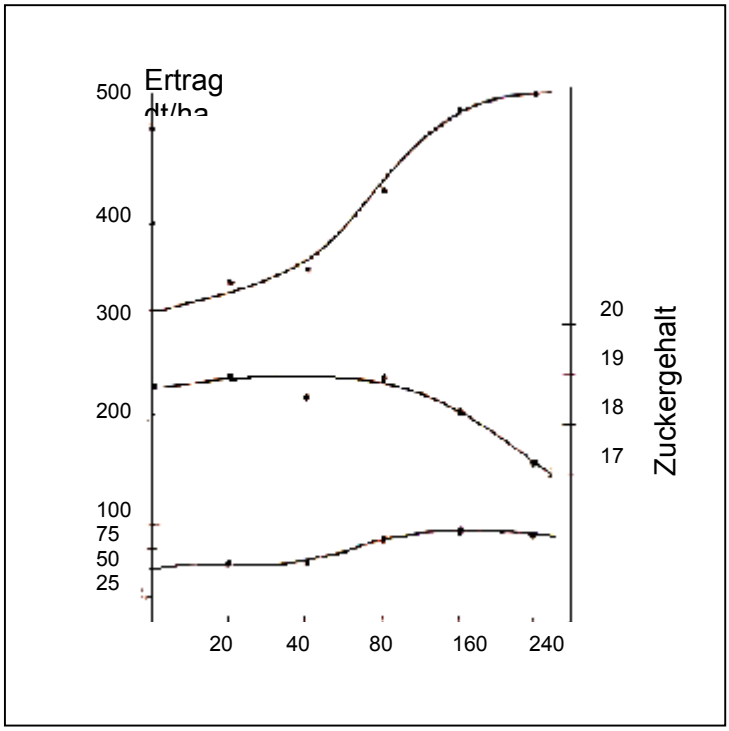
Material 3

		Rohfett	Rohprotein
Düngung kg N / ha	Kornertrag dt / ha	dt / ha	dt / ha
0	20,7	8,1	4,3
50	26,4	10,2	5,7
100	26,9	10,2	6,1

Aus: Landwirtschaft – angewandte Wissenschaft; aus: Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 245

Stickstoffsteigerung, Ertrag und Qualität von Winterraps nach Amberger, 1977

Die Samen der Rapspflanze sind Rohstofflieferant für Rapsöl (Grundlage für Margarine und Salatöl.



Veränd. nach Landwirtschaft – angewandte Wissenschaft; aus: Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 245

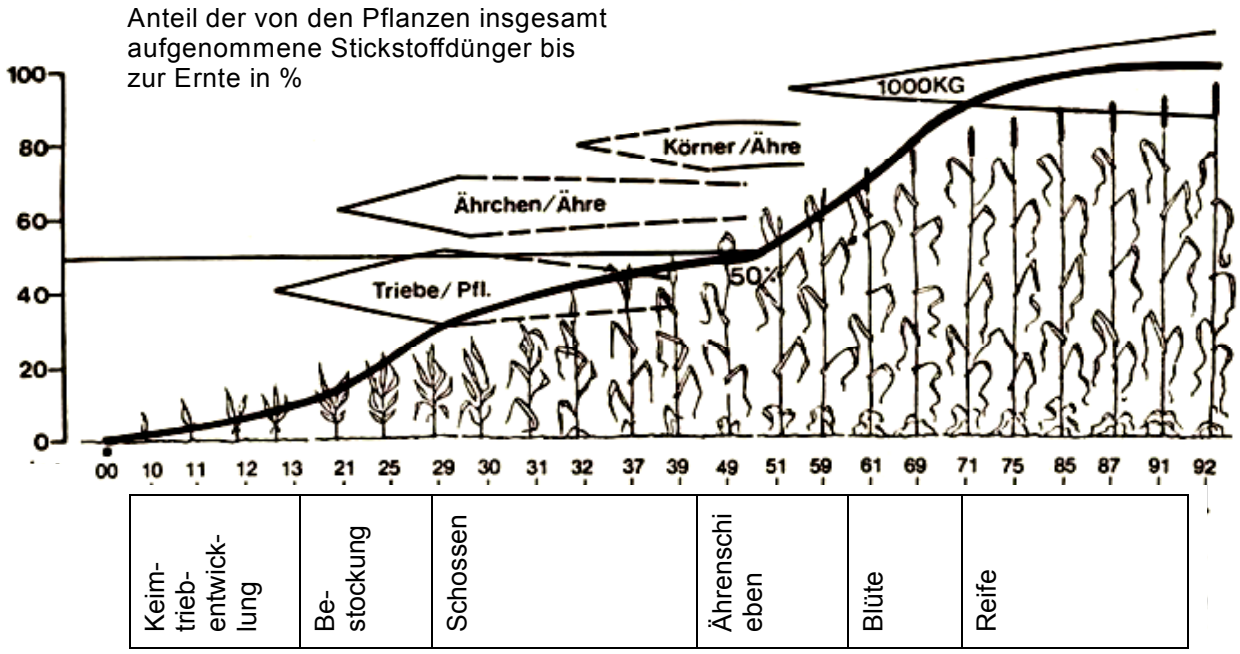
Einfluss der Stickstoffdüngung auf Ertrag und Qualität der Zuckerrübe nach Amberger, 1977

Material 4

ENTEC – Düngen mit einer neuen Technologie

Entec (Handelsname) ist ein Düngemittel mit hohem Ammonium-, und geringem Nitrat-Anteil. Die hier verwendete Ammoniumverbindung ist für Pflanzen nur schwer verfügbar. Es enthält eine Substanz, die die Aktivierung des Bodenbakterien Nitrosomonas (nitrifizierende Bakterien) hemmt. Unabhängig von der Bodentemperatur und –feuchte wirkt die Substanz 4 – 10 Wochen.

Material 5:



00	Trockenes Saatkorn	30	Schossbeginn	61	Blüh-Beginn
07	Austritt der Keimscheibe	31	1-Knoten-Stdium	65	Voll-Blüte
10	Auflaufen	32	2-Knoten-Stadium	69	Blüh-Ende
11	1-Blatt-Stadium	37	Erscheinen des letzten Blattes	71	Kornbildung
12	2-Blatt-Stadium	38	Blatthäutchen-Stadium	75	Milchreife
21	Bestockungsbeginn	49	Öffnen der Blattscheide	85	Teigreife
25	Hauptbestockung	51	Beginn des Ährenschiebens	86	Gelbreife
29	Bestockungsende	55	Mitte des Ährenschiebens	91	Vollreife
		59	Ende des Ährenschiebens	92	Totreife

Aus: Landwirtschaft – angewandte Wissenschaft; aus Schriftenreihe des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Heft 245

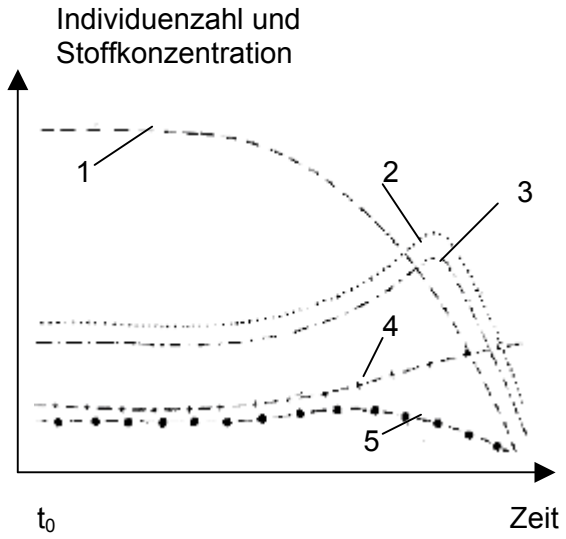
Entwicklungsstadien und Stickstoffaufnahme bei Mais

Material 6

Düngeraufwand dt / ha	Düngerkosten DM / ha	Getreideertrag dt / ha
2	90	49,5
4	180	58
6	270	63
8	360	66
10	450	67
12	540	67,5

Aufwand – Nutzen Aus: Balis online: Kostenrechnung – Durchschnittliche Kosten
http://www.infofarm.de/unterricht/material/

Material 7
In der Nähe landwirtschaftlich genutzter Felder wurde im Juli das Wasser eines angrenzenden Sees untersucht.



Entwicklungen in einem See nach gesteigerter Nährstoffzufuhr

1 Sauerstoffgehalt
2 Produzenten
3 Konsumenten
4 anaerobe Destruenten
5 aerobe Destruenten
t_0 Einleitung von mineralischem Dünger zum Zeitpunkt

Verändert nach: Bils/Dürr, Quelle & Meyer 1989

Erwartungen

Nr.	erwartete Leistung	AFB	BWE (%)
1	<u>*Kompetenzen u.a.:*</u> *Reproduktion von Wissen über grundlegende Stoffwechselvorgänge* *Darstellen der Zusammenhänge zwischen den beteiligten Stoffwechselwegen in einer Schemazeichnung, die die Prinzipien der Verflechtung herausstellt, prägnante Beschreibung der wesentlichen Zusammenhänge* *Umgang mit Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung* <u>*Inhalte:*</u> Darstellen des Zusammenhangs in Skizze und prägnante Erläuterung: - Fotosynthese – Bildung von Kohlenhydraten - Zellatmung – dissimilatorischer Abbau von Kohlenhydraten, Abzweig von Zwischenprodukten für Synthese von Aminosäuren - Aufnahme von NH_4^+ oder NO_3^- aus Düngemittel (evt. vorherige Umwandlung durch Bodenbakterien), Bildung von Glutaminsäure durch Aminierung der α- Ketoglutarsäure (aus Citronensäurezyklus) unter Einwirkung von $NH_4^{+,}$, Nutzung von ATP aus Zellatmung und $NADPH^{\cdot}H^+$ aus Fototsynthese, Synthese weiterer Aminosäuren durch Transaminierung; Verwendung der gebildeten Aminosäuren als Bausteine für Proteinbiosynthese.	I II	10 % 10%
2	<u>*Kompetenzen, v.a.:*</u> *Sie strukturieren ihre Darstellung, die sachlogisch, schlüssig, prägnant und transparent ist. Sie geben eine verständliche, übersichtliche und strukturierte, auf das Wesentliche reduzierte, fachwissenschaftlich fundierte Zusammenschau der Ergebnisse im Hinblick auf einen effizienten Einsatz von Mineraldüngung durch landwirtschaftliche Betriebe unter Sicht auf eine nachhaltige Nutzung.* Die im Folgenden gewählte Struktur ist **eine** Möglichkeit. Eine alternative Möglichkeit ist z.B. die Gliederungen nach Pro- und Kontra-Argumenten zu ökonomischen und ökologischen Aspekten. Die Prüflinge leiten Argumente unter Beachtung der geforderten Aspekte ab. Sie werten Material aus, verknüpfen gezielt die gewonnenen Informationen sinnvoll miteinander und erfassen Beziehungen zwischen biologischen Erkenntnissen und ihren Anwendungen. Sie verwenden ihr Wissen, erklären die biologischen Befunde und benutzen die aus dem Material gewonnenen Informationen unter kritischem Abwägen zielorientiert zur Argumentation unter Beachtung der verschiedenen Aspekte. <u>Inhalte</u>*:* Abwägen der Argumente unter Sicht auf folgende Ziele: - optimales Verhältnis von Ertrag und Gewinn - Vermeidung von ökologischen Schäden	II	15 %
	Das bedeutet aus ökonomischer Sicht, z.B. - Begrenzung der Menge an Düngemitteln auf das erforderliche Maß: Zusammenfassen der Information	I	10

	Für Ertragssteigerung Einsatz von Stickstoffdünger nötig: Die Synthese von Glutaminsäure unter Verbrauch von Stickstoffdünger wirkt sich auf den Verbrauch von α - Ketoglutarsäure aus, wodurch sich die Konzentration an Citronensäure verringert, was wiederum zur Aktivierung der Glykolyse führt (positive Rückkopplung, fehlender Stickstoff würde als minimierender Faktor wirken.). Steigerung der Ausbeute an *gewünschten* Produkten wie Zucker, Rohprotein und Rohfett aber nur bis zu einer bestimmten Erhöhung des Einsatzes von Stickstoffdünger möglich, dann Stagnierung oder z.T. Verringerung der Ausbeute (bezüglich Qualität), darüber hinausgehender Düngemitteleinsatz wäre ohne Gewinn. Hinweis: Einbeziehung des physiologischen Hintergrunds aus M 3, Erläutern unter Verwendung von M 1).	III	10
	- Einsatz von Düngemitteln zu genau ermittelten Zeitpunkten: Auswertung des Materials	I	5
	weil Pflanzen erhöhte Nährsalzmengen in bestimmten Wachstumsstadien benötigen, z.B. in Wachstumsphasen (Zunahme an Substanz) und in der Zeit der Samenreifung (Bildung von Speicherstoffen). Hier muss Dünger zur Verfügung stehen. Zeitlich darüber hinaus durchgeführte Düngungen bringen keinen Gewinn. Hinweis: Einbeziehung des physiologischen Hintergrunds aus M 5).	II	5
	- Ausbringen von Dünger, der sich relativ langsam im Boden löst und über einen längeren Zeitraum für Pflanzen verfügbar ist, geringe Düngemittel*verluste* durch Auswaschung. z.B. Entec: Sofortige zur Verfügungstellung leicht löslicher Nitrat-Ionen, die von Pflanze aufgenommen werden. Ammonium-Ionen sind an Tonpartikel gebunden. Schrittweiser Abbau der Substanz, die nitrifizierende Bakterien hemmt, zeitlich verzögerte Tätigkeit der Chemosynthetiker, die Umwandlung von Ammonium-Ionen zu Nitrat-Ionen bewirken. Verfügbarkeit des Düngers über längeren Zeitraum. - Hinweis: Einbeziehung des physiologischen Hintergrunds aus M 4.	III	10
	- Einstellung des erforderlichen pH-Wertes des Bodens, da sonst Mineralsalz-Ionen nicht verfügbar sind. Darüber hinaus kann ein zu niedriger pH-Wert zur Zerstörung der Puffersysteme, Störung der Nährsalzionenaufnahme durch Pflanzen – Ertragsminderung führen.	II	5
	Das bedeutet aus ökologischer Sicht, z.B. - Versauerung durch saure Niederschläge führen zur Freisetzung von Kationen, die an Tonmineralen haften, geringe Bindungsmöglichkeit der zugeführten Mineralsalzionen an Bodenteilchen, hoher Auswaschungsgrad Gewässerbelastung, Eutrophierung	II	5
	- Überhöhter oder zeitlich nicht optimaler Düngemitteleinsatz: keine „Bindung“ an Bodenpartikel, Auswaschung v.a. leicht löslicher Ionen (z.B. Nitrat-Ionen) in Gewässer	I	5
	- Folgen für Gewässer: Ursache-Wirkungs-Beziehung zwischen Nährstoffeintrag - verstärktem Wachstum der Pflanzen und Bildung eines Algenteppichs „Algenblüte“ - Verringerung der Lichtintensität in unteren Wasserschichten - Absterben der in unteren Schichten lebenden Pflanzen und der unteren Algenschicht – Absinken gro-	II	10

	ßer Mengen organischer Substanz auf den Boden – Unvollständiger Abbau der organischen Substanz durch Destruenten – Fäulnisprozesse durch Anaerober unter Sauerstoffmangel und Bildung von H_2S bzw. NH_3, (Faulgase) - Absterben vieler Lebewesen des Gewässers Hinweis: Verwendung der physiologischen Hintergründe bezüglich Veränderungen in Gewässern - Material 7		

Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:

AFB I	AFB II	AFB III
30 %	50 %	20 %

1.2.3. Meeresalgen	90 Minuten
Arbeitszeitverlängerung (Experiment) 30 Minuten	
Es handelt sich um eine Aufgabe innerhalb einer Prüfungsaufgabe. Mit weitere(n) Aufgabe(n) muss ein anderer Themenbereich angesprochen werden. **Themenbereich:** Funktionszusammenhänge, vernetzte Systeme **Basiskonzepte:** Struktur und Funktion, Kompartimentierung, Stoff- und Energieumwandlung, Variabilität und Angepasstheit **Unterrichtliche Voraussetzungen:** (Dünnschicht-)Chromatographie in Theorie und Praxis, Photosynthese, akzessorische und photosynthetisch aktive Pigmente, Aufbau der (Thylakoid-)Membran	

Von der Wasserlinie bis in größere Tiefen bilden verschiedene Klassen von Algen den Aufwuchs. Auf den ersten Blick unterscheiden die Algen sich in der Farbe: im flachen Wasser und im Spritzwasser fällt die strahlende Farbe der Grünalgen ins Auge, der mattere Farbton der Braunalgen dominiert in etwas tieferem Wasser, während die nahezu schwarzroten Rotalgen als charakteristisch für noch tiefere Standorte gelten.
In Material 1 ist mit dem Meersalat, Ulva lactuca, eine häufige Grünalge und mit Ceramium rubrum, dem Horntang, eine charakteristische Rotalge abgebildet.

Pigmentzusammensetzung von Rotalgen
Die verschiedenen Farben der Algen werfen die Frage auf, welche unterschiedlichen Pigmentzusammensetzungen vorliegen. Zur Klärung dieser Frage soll eine Chromatographie durchgeführt werden.
1. Stellen Sie das Verfahren der Chromatographie in seinen Grundzügen dar.
2. Führen Sie eine Dünnschichtchromatographie durch.
Folgende Materialien stehen Ihnen zur Verfügung:

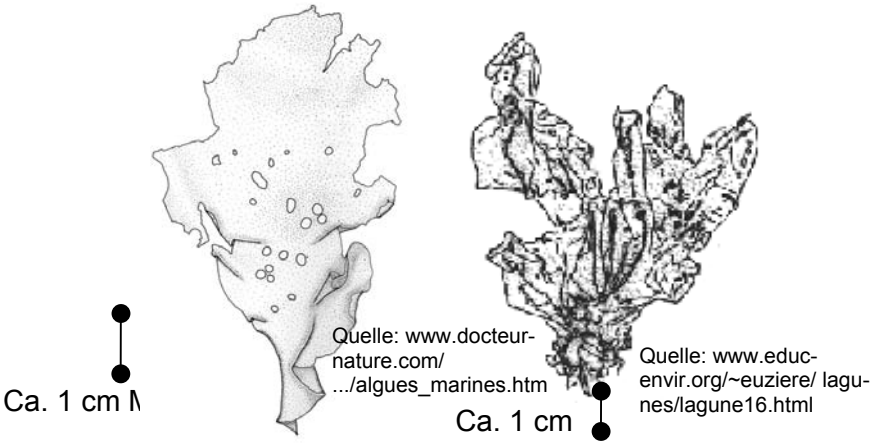
- Extrakt von Rotalgen (in Alkohol)
- Tropfpipette zum Auftragen der Extrakte (Achtung: Nur kleine Menge verwenden!)
- Dünnschichtplatte (oder ggf. Kieselgel)
- Schere
- Laufmittel, z.B. Gemisch aus Isopropanol und Petrolbenzin (1:10)
- Geeignetes Gefäß
- Dunkles Tuch zum Abdecken des Versuchsaufbaus

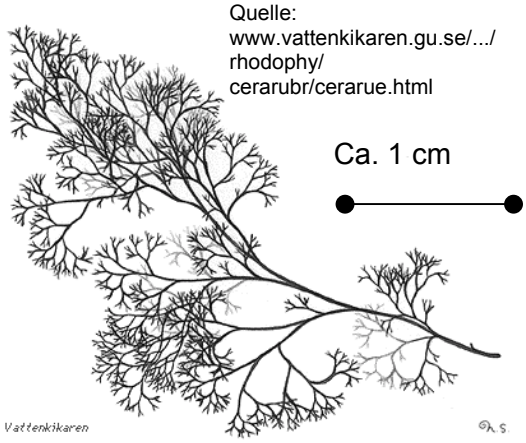
Achtung: Die Startlinie muss oberhalb des Laufmittels liegen!
Erläutern Sie die Ergebnisse Ihrer Chromatographie, führen Sie in dem Zusammenhang eine Methodendiskussion (Aussagekraft der Ergebnisse).
3. Ermitteln Sie mit Hilfe von Material 2 A und B drei der nachgewiesenen Pigmente; beschreiben Sie an einem Beispiel Ihre Vorgehensweise.
Hinweis: Wenn Ihnen das Experiment misslingt, können Sie – gegen Punktabzug - eine vorgefertigte Chromatographie erhalten. Um dennoch für den Durchführungsteil Punkte zu erhalten, diskutieren Sie die wahrscheinlichen Fehlerursachen in Ihrem Versuch!

<u>Pigmente in der Zelle</u>
4. Nur bei Rotalgen kommen Phycobiline (Phycoerythrin (PE), Phycocyanin (PC) und Allophycocyanin (APC)) vor. Anders als Chlorophylle sind diese Pigmente jedoch nicht in die Membran eingebunden, sie sitzen, gekoppelt an ein spezifisches Anker-Protein, auf der Membran und bilden ein sogenanntes Phycobilisom. (M 3)
Erklären Sie, welche Funktion das Phycobilisom besitzt.

<u>Photosynthese im Meerwasser</u>
5. Der Botaniker ENGELMANN bereits ca. 1890 die in Material 4 dargestellte Spektralverteilung des Lichts im Wasser beobachtet. Hieraus hatte er geschlossen, dass Rotalgen bevorzugt in größerer Tiefe als Grünalgen vorkommen müssten.
Diskutieren Sie seine Annahme, beziehen Sie dabei auch Material 5 ein.

Material 1
Habitus von Grün- und Rotalgen

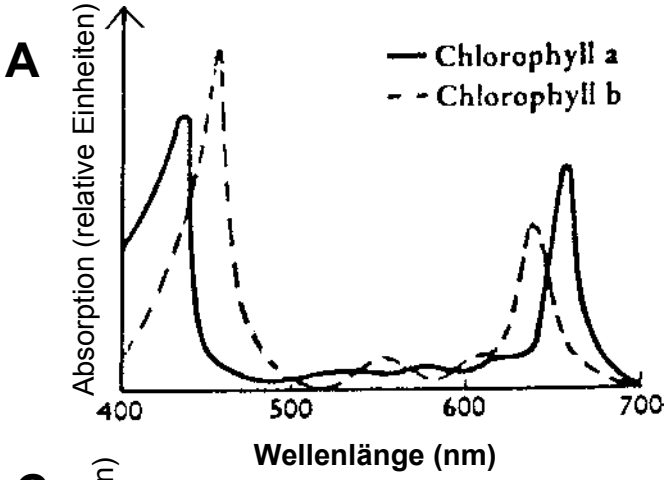


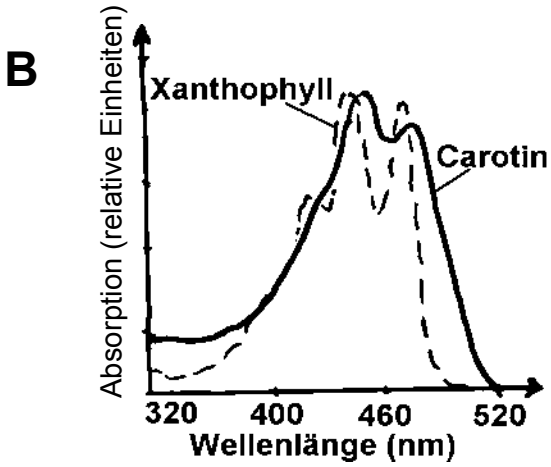


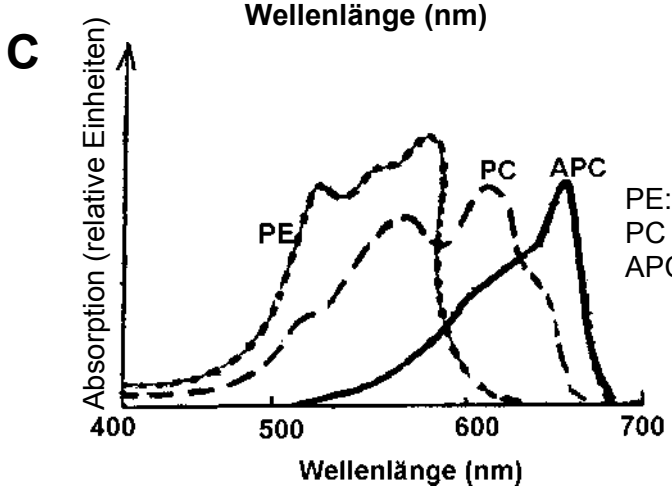
Ulva lactuca, der Meersalat, ist leuchtend grün.
Einzelne „Blätter“ (links) sind sehr zart, sie bestehen in flachem Wasser nur aus einer doppelten Zellschicht. Auffallend sind, insbesondere bei gutem Licht, Gasblasen auf der Oberflächen.
Meist sind mehrere „Blätter“ an der Basis verwachsen, sodass eine Art „Busch“ entsteht (s. rechts)

Ceramium rubrum, der Horntang, ist von bräunlich-roter Farbe. Die Ästchen sind sehr fein, jedes endet mit einer sehr feinen „Gabel“.

Material 2
Absorptionsspektren verschiedener Pigmente







PE: Phycoerythrin
PC Phycocyanin
APC: Allophycocyanin

Abbildungen verändert nach

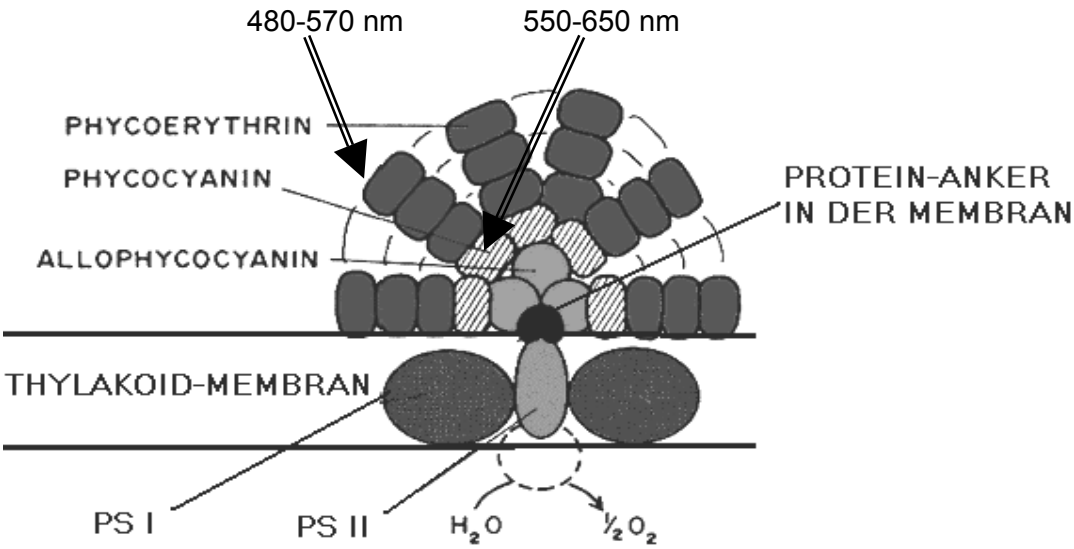
Kremer, Bruno P.: Die Chromatische Adaptation der Meeresalgen. Biologie in unserer Zeit 13 (4), 1983,

Lüning, Klaus: Meeresbotanik: Stuttgart 1985,

www.biologie.uni-hamburg.de/b-online/e20/20b.htm (September

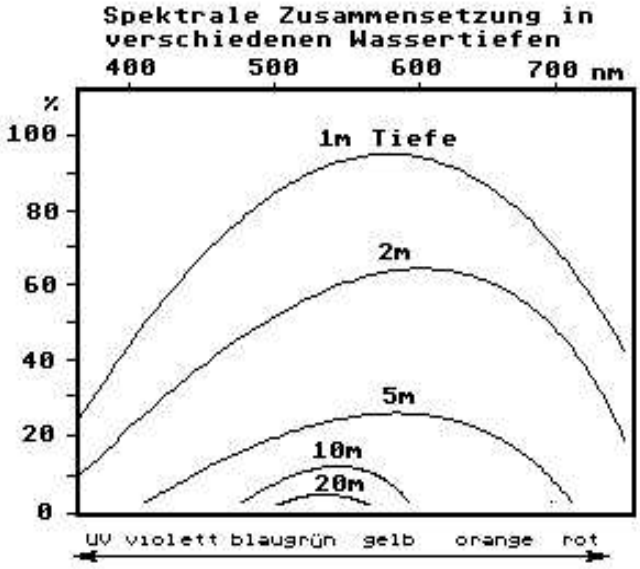
Licht

Material 3
Bau eines
Phycobilisomes



Quelle: www.jochemnet.de/fiu/bot4404/ BOT4404_12.html , verändert nach http://ccsun57.cc.ntu.edu.tw/~ibs/summer/chap19.ppt (Sept. 2003)

Material 4
Spektralverteilung
des Lichts
in Meerwasser

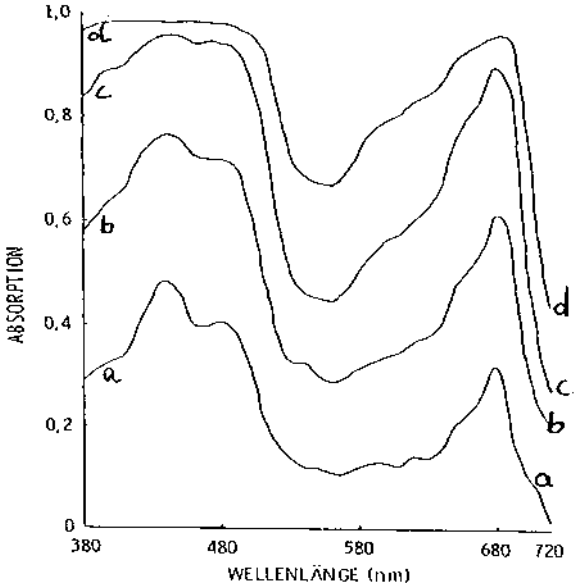


Material 5
Ulva lactuca in verschiedenen Habitaten

Pflanze	Dicke	Pigment/Fläche
a	0,03 mm	2,5 nanomol cm^{-2}
b	0,07 mm	7,5 nanomol cm^{-2}
c	0,07 mm	16,2 nanomol cm^{-2}
d	0,07 mm	39,1 nanomol cm^{-2}

Angaben aus Lüning, Klaus: Meeresbotanik: Stuttgart 1985

Abbildung rechts:
Absorption der verschiedenen Exemplare von Ulva



verändert nach Lüning, Klaus: Meeresbotanik: Stuttgart 1985

Erwartungen:

Nr.	Erwartete Leistung	AFB	BWE (%)
1	<u>*Kompetenzen u.a.*</u>*:* *Komprimierte, fachsprachlich korrekte Zusammenfassung* <u>Inhalte:</u> Trennung von Stoffgemischen, mobile und stationäre Phase, Polarität als Ursache für die Bildung verschiedener Banden	I	10
2	<u>*Kompetenzen u.a.*</u>*:* *Verständnis für das Verfahren der Chromatographie, saubere Durchführung des Experiments, Koordination der eigenen Arbeit,* <u>Inhalte</u>: Skizzieren der Ergebnisse durch maßstabsgerechte Zeichnung der Banden oder durch Angabe der Rf-Werte. Folgende Pigmente treten auf: Carotin, Lutein, Xantophyll, Chlorophyll a . Aussagekraft: Systematisches Problem: Farbflächen = Möglicherweise keine vollständige Auftrennung, ODER Frage der Vergleichbarkeit von Chromatogrammen: z.B. Abhängigkeit der Laufstrecke von Laufmitteln Bei einer angemessenen Diskussion können Fehler in der Versuchsdurchführung z.T. kompensiert werden!	I II II	5 10 5
3	<u>*Kompetenzen u.a.*</u> *Verständnis der Graphen, Umsetzung von Daten und Farbwahrnehmung* <u>Inhalte</u> Zuordnung der Banden zu den Pigmenten Feststellung der Farbe anhand der Absorptionsspektren: Bezug auf die Anteile des nicht-absorbierten Lichtes Unterscheidung auch von Farbtönen, d.h. Verhältnis der Anteile	II	20
4	<u>*Kompetenzen u.a.*</u>*:* *Identifizieren eines Prozesses in einer schematisierten, abstrahierten Darstellung, zielorientierte Reproduktion von Grundwissen aus dem Bereich der Photosynthese, Herstellung von Zusammenhängen zwischen molekularer und abiotischer Ebene* <u>Inhalte</u>: Funktion des Phycobilisoms: Verknüpfung von PE und PC mit den Photosystemen I und II (Chlorophyll a) Phycobilisom = Lichtsammelsystem, Weiterleitung der absorbierten Strahlungsenergie an Chlorophyll a, dort, d.h. in der Membran, Lichtreaktion (s. Hinweis auf Wasserspaltung) Größere Energieausbeute durch zusätzliche Nutzung grünen Lichts Differenzierung zwischen PC und PE, Weiterleitung verbunden mit Energieverlust, d.h. nur von PE zu PC zu Chlorophyll	I II	10 10
5	<u>*Kompetenzen u.a.*</u>*:* *Nachvollziehen eines Erklärungsmodells, Verknüpfung von Information aus verschiedenen Quellen, Bezug molekulare / organistische Ebene – Ökosystem, verbindende Betrachtung 2er Faktoren (Quantität /Qualität von Licht), kritische Diskussion eines Erklärungsmodells* <u>Inhalte</u> M 4 zeigt, dass grünes Licht in relativ geringem Maße absorbiert wird, daher auch in größerer Tiefe zur Verfügung steht. Grünalgen können grünes Licht nicht nutzen („Grünlücke“), Rotalgen sehr wohl (PC und PE).	II	10

	M 5: Variationen bei Ulva lactuca, möglicherweise Anpassung an Schwachlicht (s. geringe Lichtstärke in der Tiefe). Hohe Pigmentdichte → fast schwarz, d.h. Licht aller Wellenlängen wird absorbiert. Damit ist auch die Grünalge Ulva einem Standort im tieferen Wasser angepasst, die These Engelmann wird damit relativiert.	III	15

Zuordnung zu den Anforderungsbereichen:

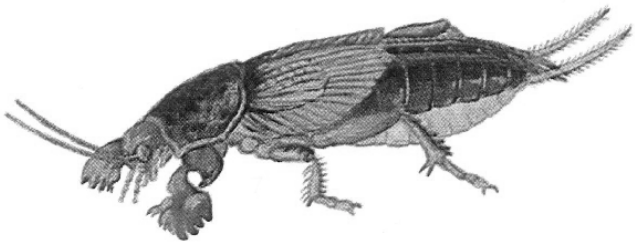
AFB I	AFB II	AFB III
25 %	60 %	15 %

1.2. Aufgaben für die mündliche Prüfung

2.1. Grillen

Themenbereich: Funktionszusammenhänge, Evolution
Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Information und Kommunikation
Unterrichtliche Voraussetzungen: Erfahrungen im Umgang mit einer Software zur Analyse von Lauten, Differenzierung von Sonagramm und Oszillogramm, Analyse von Lauten am Beispiel, Einsatz bioakkustischer Verfahren im Experiment, Kosten-Nutzen-Analyse im Zusammenhang mit Verhaltensweisen

Hausgrille (Heimchen)



Maulwurfsgrille

Feldgrille

Männliche Heimchen (Hausgrillen), Feldgrillen und Maulwurfsgrillen zirpen zur Paarungszeit und locken damit Weibchen an. Das Zirpgeräusch entsteht dadurch, dass die Flügel übereinander bewegt werden, sodass die so genannte „Schrillleiste“ des einen Flügels über die „Schrillkante“ des anderen Flügels streicht.
Heimchen, Feldgrillen und Maulwurfsgrillen können im Sommer in Hörweite zueinander leben.

1. Vergleichen Sie die Gesänge der verschiedenen Grillenmännchen.
2. Diskutieren Sie proximate und ultimate Erklärungen der artspezifischen Lockgesänge.
3. Ermitteln Sie einen Versuch, mit dem geklärt werden kann, welche Parameter des Gesangs für die Artspezifität verantwortlich sind.

Material: Notebook mit Soundkarte und Lautsprecher, für die Vorbereitung ein Kopfhörer; Audiorecorder-Programm, das die Grillengesänge als Oszillogramm und als Sonagramm wiedergibt (z.B. Goldwave). Im Prüfungsraum ist ein Beamer vorhanden.
Als zusätzliche Information ist eine Videoaufnahme stridulierender Grillen vorhanden.

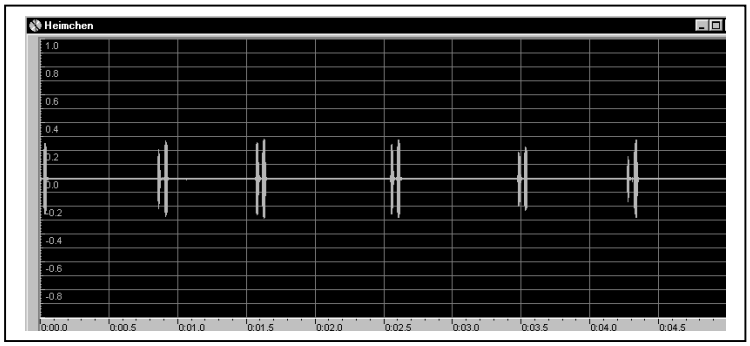
Mögliche Themen für das Prüfungsgespräch (2. Teil der mündlichen Prüfung)
Evolution, z.B. Kosten-Nutzen-Analyse, konvergente Entwicklungen (z.B. Maulwurf – Maulwurfsgrille)
Ökologie, z.B. ökologische Nischen, Angepasstheit
Neurophysiologie, z.B. neuronale Ebene (Hörorgane, Schallwahrnehmung, Schallübertragung, etc.

Erwartungen

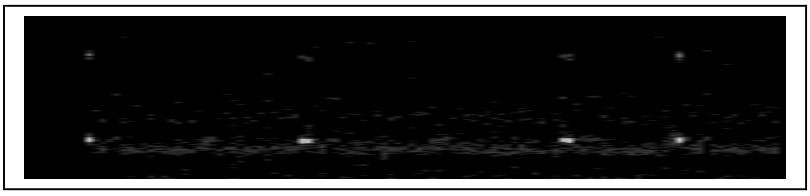
	Erwartete Leistung	AFB
1	*Kompetenzen u.a.:* *Nutzung des Programms, genaue und differenzierende Beobachtung der Daten, pointierter Vergleich.* Inhalte: Darstellung der Tierlaute mit „Goldwave“ als Oszillogramm und Sonagramm. Vergleich von Tonhöhe, Lautstärke, Pausenlängen in Oszillogramm und Sonagramm: Die einzelnen Zirplaute (Verse) der Grillen, die wir als Ganzes hören, bestehen aus Kurzlauten (Silben). Durch Aneinanderreihung von Versen (Blöcke der Kurzlaute) entstehen Strophen. Bei Heimchen und Feldgrille bestehen die Strophen des Lockgesangs jeweils aus Versen mit annähernd regelmäßigen Pausen. Der Lockgesang der Maulwurfsgrille zeigt keinen derartigen Rhythmus, er besteht aus einem gleichmäßigem Zirpen ohne Pausen.	I
2	*Kompetenzen u.a.:* *Unterscheidung von funktionaler und kausaler Betrachtungsweise* *Gezielte Reaktivierung und Anwendung in einem neuen Zusammenhang. Herstellen des Zusammenhangs zwischen Verhaltensweise, Bewegungsenergie und Evolutionstheorie, Anwendung des Erklärungsmodells „Kosten-Nutzen-Prinzip“.* Inhalte: Aufnahme der Information „Lockgesang“ führt zu artspezifischer Reaktion der Weibchen. Bei artfremden Gesang keine Anlockung, keine Kreuzung zwischen Partnern verschiedener Arten. Betrachtung des Zusammenhangs von Energieverbrauch und Zirpen: Höhere Spezifität des Lockgesanges ist verbunden mit einem geringen Energieaufwand für die Bewegung der Flügel, daher möglicherweise Zuwachs an Fitness!	II
3	*Kompetenzen u.a.:* *Experimente planen, durchführen, auswerten* Inhalte: Am Computer können Lockgesänge neu zusammengebaut werden. Mögliche Fragestellungen u.a. : • Ist die Anzahl der Kurzlaute in einem Vers Auslöser für die Zuwendung der Weibchen? • Ist die Verslänge der Auslöser? • Ist die Pausendauer artspezifisch? • Ist das Verhältnis von Verslänge zur Pausendauer artspezifischer Auslöser? Entwurf eines Versuchsaufbaus und Entwicklung von Hypothesen, geeigneter Messverfahren und begründeter Prognosen. Kontrollversuch.	III

Ausschnitte aus der Computerpräsentation zur Darstellung der Lockgesänge:

Heimchen (4sec):

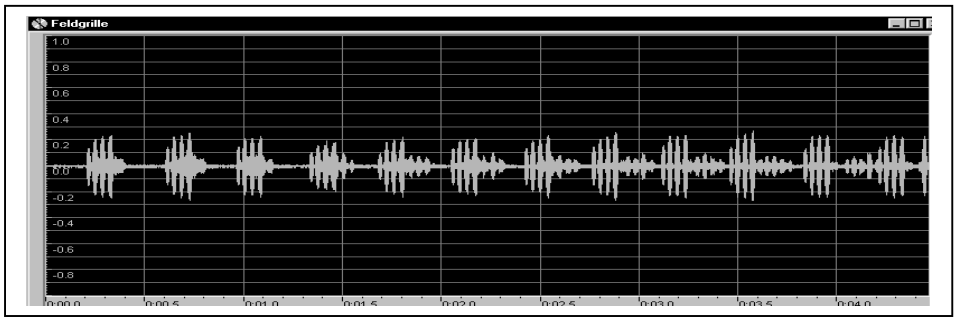


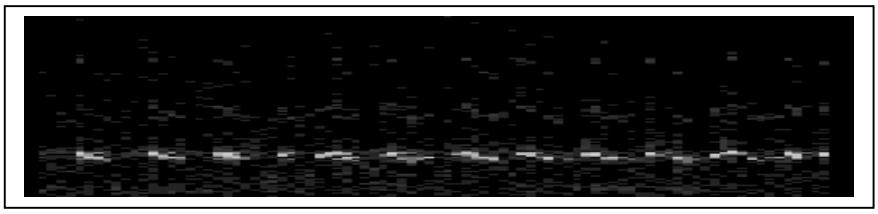
Oszillogramm



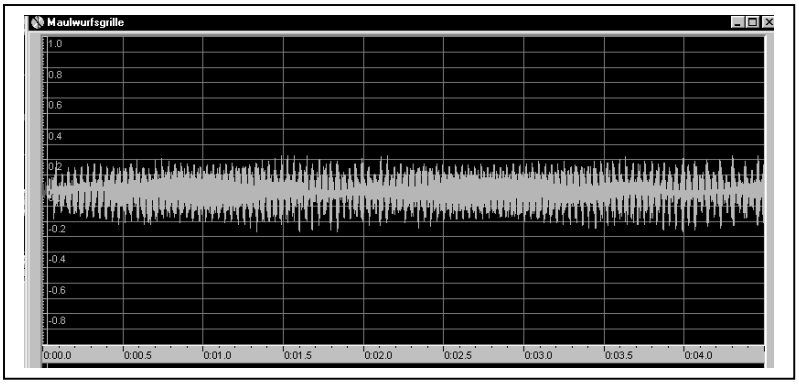
Sonagramm

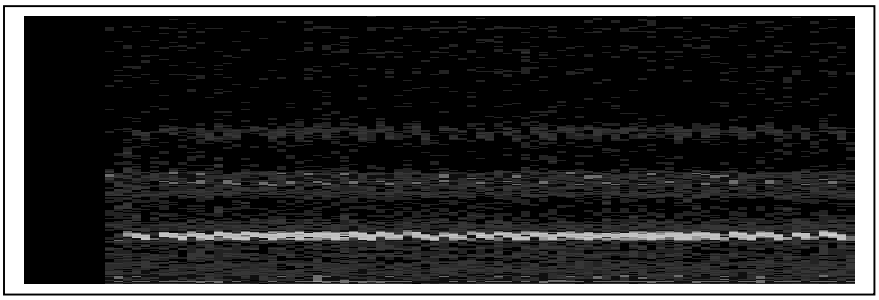
Feldgrille (4sec):





Maulwurfgrille (4 sec):



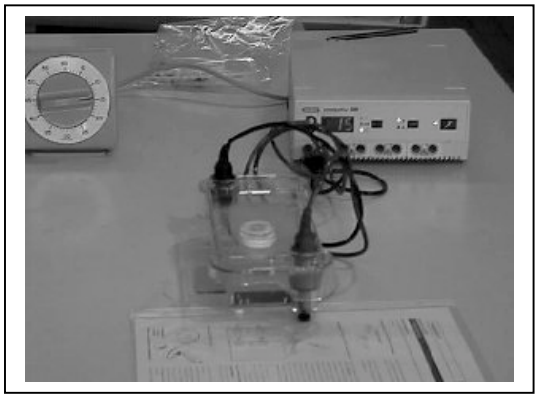


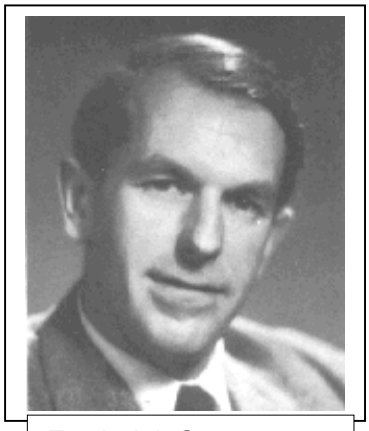
Quellen:
Bioakustische Versuche aus dem Internet: www.uni-koblenz.de/~odsgroe
Knaurs Tierreich in Farben : Insekten, Droemersche Verlagsanstalt, München, 1959
Stokes, "Praktikum der Verhaltensforschung", VEB, Gustav Fischer Verlag, Jena, 1971
Natura 2, Biologie für Gymnasien, Klett Verlag, Stuttgart, 2001
Signale und Kommunikation, Spektrum der Wissenschaft, Reihe Verständliche Forschung, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1993
Akustische Kommunikation bei Grillen, R. Gerasch, Unterricht Biologie Nr. 41, 4. Jahrg., Januar 1980

Bildnachweise :
Maulwurfsgrille: werre.jpg über www.adikom.ch/werre.htm
Feldgrille und Heimchen:: J. Zahradnik, „Der Kosmos.Insektenführer“, Franckh`sche Verlagshandlung, W. Keller & Co. Stuttgart,1980, S. 107 Abb. 1 und Abb. 3

2.2. DNA-Sequenzierung nach SANGER

Themenbereich: Funktionszusammenhänge
Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Variabilität und Angepasstheit
Unterrichtliche Voraussetzungen: Aufbau der DNA, Replikation der DNA, Elektrophorese, PCR, Anwendungsbeispiel, z.B. gentechnische Herstellung von Insulin





Frederick Sanger

1. Erklären Sie die Methode zur DNA-Sequenzierung nach SANGER. Ermitteln Sie dabei die Basensequenzen der auf der beiliegenden Folie dargestellten Probe!

2. Beschreiben Sie Anwendungsbeispiele für diese Methode!

Hinweis: Sollten Sie Schwierigkeiten mit dem Verständnis der SANGER-Methode haben, können Sie den roten Umschlag öffnen und eine Hilfe (Folie) finden. Sie haben dann aber den problemlösenden Teil der Aufgabe nicht selbständig bearbeitet.

Mögliche Themen für das Prüfungsgespräch (2. Teil der mündlichen Prüfung)
Genetik, z.B.
- Physiologie und Genetik von Erbkrankheiten wie z.B. Chorea Huntington

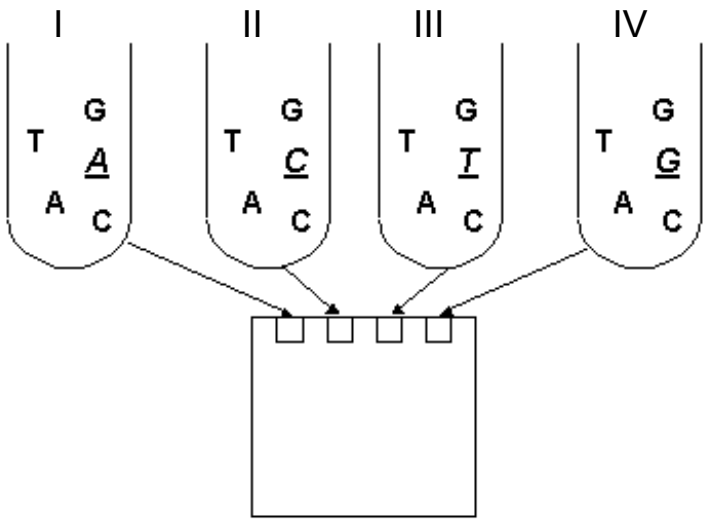
Evolution, z.B.
- Indizien für stammesgeschichtliche Verwandtschaft

Material 1
Das Verfahren der DNA-Sequenzierung mit der Kettenabbruchmethode nach SANGER wird durchgeführt, um die Reihenfolge (Sequenz) der Basen in einen unbekannten Genabschnitt zu bestimmen.
Ausgehend von einem Primer wird an einem Einzelstrang („Matrize„) ein komplementärer Strang erstellt, aus dem man auf die ursprüngliche Sequenz der Matrize zurückschließen kann. Die Methode basiert auf der Sequenzierung des unbekannten Genabschnittes in unterschiedlich lange Fragmente.
Die zu untersuchende Probe wird zu diesem Zweck zunächst in vier Proben aufgeteilt. Alle vier Reaktionsgefäße enthalten neben dem Primer das Enzym Polymerase zur Synthese eines DNA-Stranges und die vier Nukleotide der Basen A, C, G und T. In den vier verschiedenen Reaktionsgefäßen ist außerdem jeweils ein modifiziertes Nucleotid (dd**A**TP, dd**C**TP, dd**G**TP oder dd**T**TP) enthalten. Diesen modifizierten Nucleotiden - 2',3'-**Di**desoxynukleosidtriphosphate (**dd**NTPs) - fehlt die zur weiteren Kettenverlängerung notwendige 3'-Hydroxylgruppe.

Das zufällige Auftreten der Kettenabbruch-Reaktionen an der entsprechenden Position der DNA (dd**T**TP gegenüber A; dd**C**TP gegenüber G und so weiter) führt zu unterschiedlich großen DNA-Fragmenten. Durch die Größenauftrennung in einer Gelelektrophorese und Sichtbarmachung der einzelnen Banden durch Autoradiographie oder Fluorographie werden die entstehenden Fragmente erkennbar gemacht. So laufen z.B. in der Spur A alle Fragmente, die mit A enden, entsprechend ihrer Länge in Richtung Anode. Das Ablesen dieser so genannten Sequenzleitern führt zu der entsprechenden Sequenzinformationen.

Folie 1

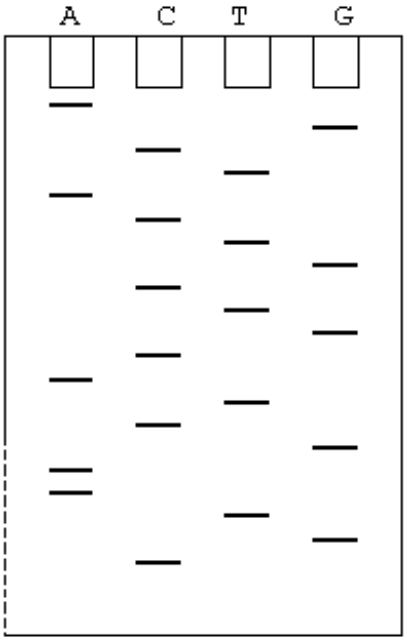
Schema der Sanger-Sequenzierung



Reaktionsgefäße

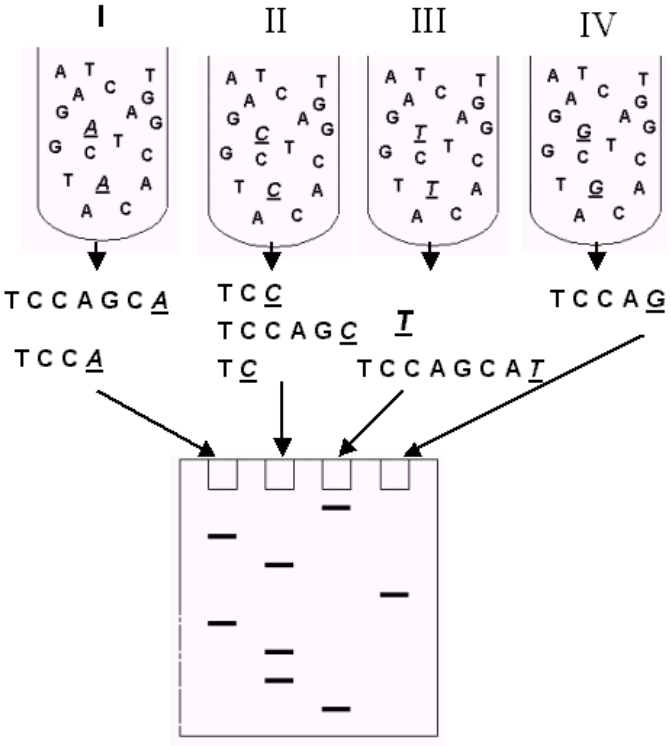
Unterstrichen ist jeweils die Base, für die auch ddNTP-Nukleotide in das Reaktionsgefäß gegeben wurden.

Ergebnis der Sanger-Sequenzierung



Hilfsmaterial (roter Umschlag)

Hier ist die Sanger-Methode durch eine Beispielzeichnung auf einer OH-Folie illustriert. Ein acht Basen langes DNA-Fragment ist sequenziert, das entsprechende Gel ist dargestellt.



Unterstrichen ist jeweils das ddNTP-Nukleotid

I : Reaktionsgefäß mit ddATP
II : Reaktionsgefäß mit ddCTP
III: Reaktionsgefäß mit ddGTP
iV: Reaktionsgefäß mit ddTTP

Erwartungen

Nr.	Erwartete Leistung	AFB
1	*Kompetenzen u.a.:* *Strukturierte, auf die Technik bezogene Reproduktion von grundlegenden Kenntnissen, Erschließen der gegebenen Information, Zusammensetzen von Einzelinformation zu einem Modell über die Funktionsweise des Verfahrens, Erprobung des Modells am Beispiel* Inhalte Darstellung der grundlegenden Verfahrensschritte wie Elektrophorese; Beschreibung der einzelnen Schritte des Verfahrens; Begründung für die Entstehung unterschiedlich langer Fragmente in den einzelnen Reaktionsgefäßen; Zusammensetzung der Ergebnisse in den verschiedenen Reaktionsgefäßen. Ergebnis: Die endständigen Nukleotide sind auf Grund der Methode bekannt. Es wird von unten gelesen (schnellstes Abbruchnukleotid) und zum Matrizenstrang ergänzt: Gel: Probe A: CGTAAGCTACGTCGT CATCGA (von oben gelesen: AGCTACTGCTGCATCGAATGC) sequenzierte Matrize: Probe A: GCATTCGATGCAGCAGTAGCT (von oben gelesen: TCGATGACGACGTAGCTTACG)	I III (bei Benutzung der Hilfe II)
2	*Kompetenzen u.a.:* *Schlüssige Darstellung von Anwendungsbeispielen* Inhalte: Anwendungsbeispiele: Fingerprinting als kriminalistische Methode Verwandschaftsnachweise Krankheitsanalyse, auch im Zusammenhang PID, Heterozygotentest. Frage der Zuverlässigkeit der Ergebnisse Ungewissheit der Aussagen Umgang mit Wissen über Wahrscheinlichkeit des Krankheitsausbruchs	II

Literatur:

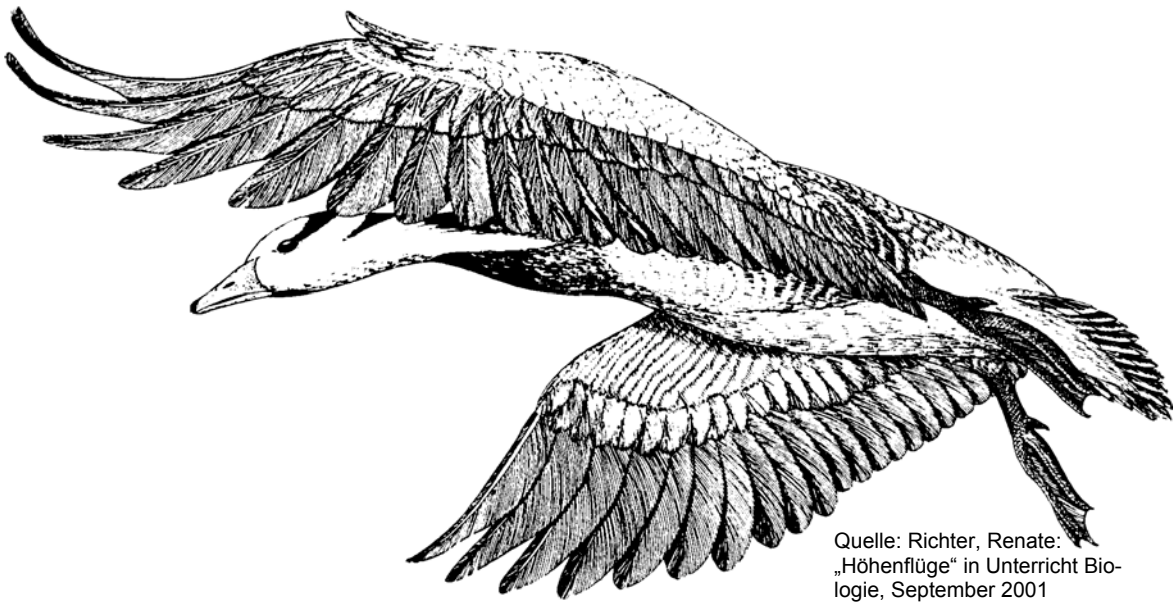
Gassen, Martin, Sachse: Der Stoff aus dem die Gene sind, J. Schweitzer Verlag, München, 1986

Bildnachweise:

Sanger: Sanger.gif aus www.ulb.ac.be/sciences/cudec/ ressources/Sanger.gif
Eppendorfpipette an der Geltasche : b_science_07.jpg aus www.proteo.de/pages/ science_03.html;
Elektrophorese : dnaana1.jpg aus www.uni-koblenz.de/~odsgroe/ dnaanaly.htm

2.2. Up and away (für bilingualen Kurs)

Themenbereich: Funktionszusammenhänge und Entwicklungsprozesse - Evolution
Basiskonzepte: Struktur und Funktion, Variabilität und Angepasstheit, Geschichte und Verwandtschaft, Stoff- und Energieumwandlung
Unterrichtliche Voraussetzungen: Organsysteme der Säugetiere, Zellatmung, Gaspartialdruck, Gegenstromprinzip, Oberflächenvergrößerung, Proteinaufbau, Feststellung von Verwandtschaftsbeziehungen auf der Basis molekulargenetischer Untersuchungen.



Quelle: Richter, Renate: „Höhenflüge“ in Unterricht Biologie, September 2001

Bar-headed Geese (right) migrate from Indian swamps to the Himalaya region each summer. This means that they have to fly as high as nine thousand metres.
Up there, the temperature is as low as –50° C; the air pressure is about 1/3 of the air pressure at sea level. With increasing altitude, the birds` physiological data reach extremes: the pulse rate rises to 400/min, the ventilation reaches 1 breath per second.

1. Explain these physiological data in the context of the environmental conditions.

2. Respiration

Birds seem to be able to take up oxygen more efficiently than mammals. In contrast to mammals` lungs, their lungs consist of a multitude of small tubes, through which the inhaled air flows. These tubes are surrounded by a network of fine blood vessels.

Use figure 1 to explain how the extremely effective exchange of gases works.

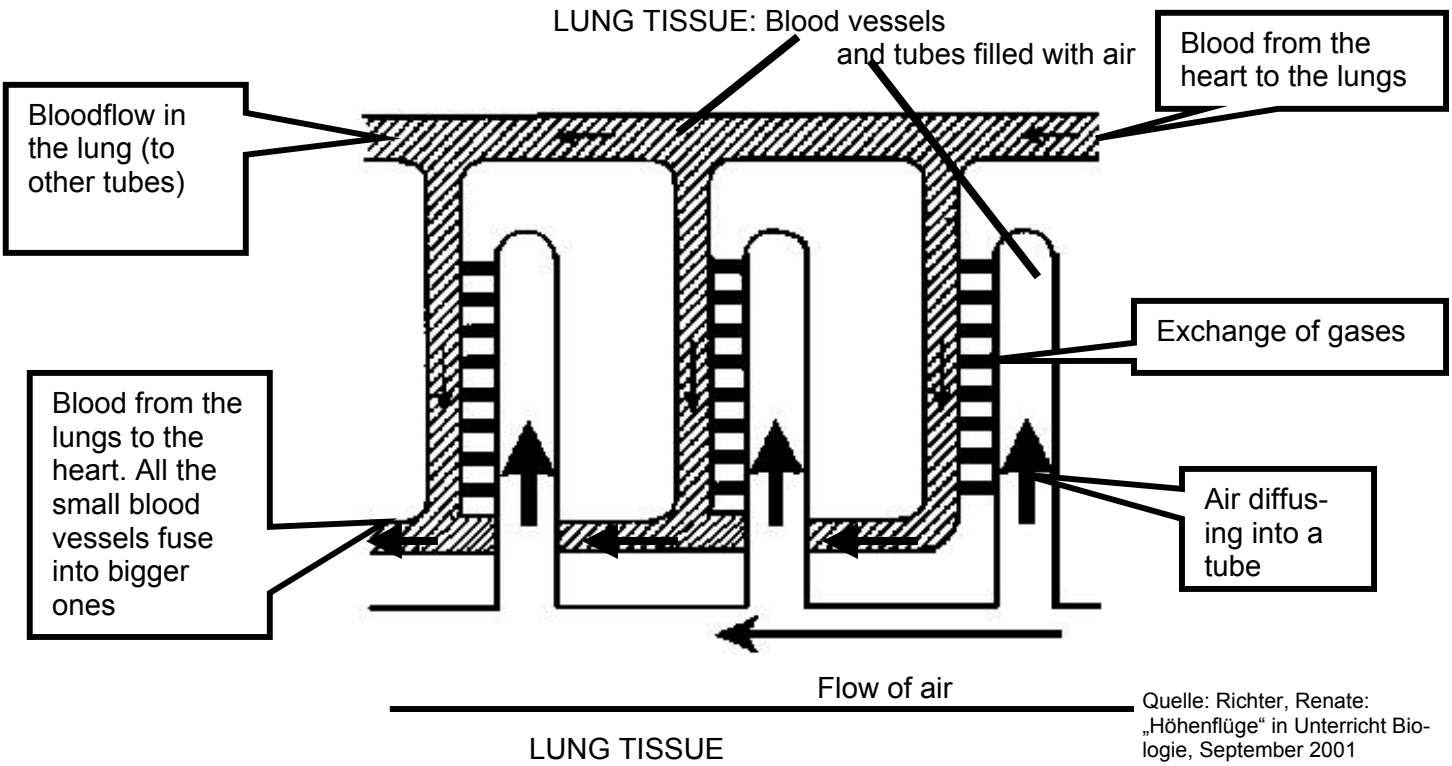
3. Hemoglobin

The basic structure of hemoglobin is the same in most animals (see fig. 3): One Hb-molecule is composed of 4 polypeptide chains, 2 α-and 2 β-chains. These chains interact and thus keep the molecule stable (quarternary structure).
Barheaded geese (and other birds reaching high altitudes) have - in addition to the normal hemoglobin - a special variant of hemoglobin, which is less stable and thus has a higher oxygen affinity. Barheaded geese´s hemoglobin has alanin in position 119 of the α-chains, whereas other species of geese, living at sea level, have prolin in this position.
Position 119 of the α-chains interacts with position 55 of the β-chains.

Interpret the information on the barheaded geese´s hemoglobin with special regard to the evolutional development of geese`s altitude tolerance.

Mögliche Themen für das Prüfungsgespräch (2. Teil der mündlichen Prüfung)
Ecosystems
trophic levels, conservation
Physiology
How muscles work, Storage of energy

Fig. 1 Exchange of gases



Quelle: Richter, Renate: „Höhenflüge“ in Unterricht Biologie, September 2001

Fig- 2: The Genetic Code

		SECOND BASE									
		U		C		A		G			
FIRST BASE	U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U	THIRD BASE
		UUC		UCC		UAC		UGC		C	
		UUA	Leu	UCA		UAA	Stop	UGA	Stop	A	
		UUG		UCG		UAG	Stop	UGG	Trp	G	
	C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U	
		CUC		CCC		CAC		CGC		C	
		CUA		CCA		CAA	Gln	CGA		A	
		CUG		CCG		CAG		CGG		G	
	A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U	
		AUC		ACC		AAC		AGC		C	
		AUA		ACA		AAA	Lys	AGA	Arg	A	
		AUG	Met or Start	ACG		AAG		AGG		G	
	G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U	
		GUC		GCC		GAC		GGC		C	
		GUA		GCA		GAA	Glu	GGA		A	
		GUG		GCG		GAG		GGG		G	

Neil A. Campbell, Mitchell, Reece: Biology, Concepts and Connections. 1994

Fig. 3: Structure of a hemoglobin molecule

White: α-chains
Grey: β-chains

Quelle: Richter, Renate: „Höhenflüge“ in Unterricht Biologie, September 2001

Erwartungen

Nr.	Erwartete Leistung	AFB
1	Low air pressure = low oxygen partial pressure = low supply with oxygen. Increased ventilation = taking up oxygen Increased pulse rate: distribution within the body High metabolic rate (=exertion): heat generation (danger of deep-freezing)	I II
2	Explanation including oxygenated / deoxygenated blood exchange of gases countercurrent exchange serial order efficient use (high concentration gradient) Effectiveness no residual air, increased diffusion surface area	II III
3	Interaction of chains = stability = binding of oxygen 1 amino acid 1 base-mutation evolutionary process Facilitated binding of oxygen (low partial pressure) = advantage Dilemma: impaired release of oxygen. Higher tolerance of hypoxia in tissue? Effect softened by two types of he-moglobin	II III

ANHANG:

Checkliste zur Überprüfung einer Prüfungsaufgabe in Hinblick auf formale Vorgaben

Kriterien	**Umsetzung**		
FÜR DIE PRÜFUNGSAUFGABE GILT: Semesterübergriff			
Anforderungsbereiche: II > I > III			
Themenbereiche (2 von 3 verpflichtend) Funktionszusammenhänge (Physiologie und Zellbiologie)			
Vernetzte Systeme - Ökologie und Nachhaltigkeit			
Entwicklungsprozesse – Evolution und Zukunftsfragen			
Kompetenzen (verpflichtend) Wissen – Anwendung von Kenntnissen			
Methoden			
Kommunikation			
Konzepte			
FÜR JEDE AUFGABE GILT: Teilaufgaben der Aufgabe im geschlossenen thematischen Zusammenhang			
Materialbezug der Aufgabe			
Komplexität, Selbstständigkeit der Bearbeitung angemessen für GK bzw. LK			
Basiskonzepte (Berücksichtigung) Kompartimentierung			
Struktur und Funktion			
Steuerung und Regelung			
Information und Kommunikation			
Stoff- und Energieumwandlung			
Reproduktion			
Variabilität und Angepasstheit			
Geschichte und Verwandtschaft			
Aufbau:			
Teilaufgaben sind voneinander unabhängig lösbar			
Bei Experimenten werden Lösungen ggf. bereitgestellt			
Hinführung zum Thema, Progression in der Aufgabe			
Zahl der Arbeitsaufträge			
Nachvollziehbarer Erwartungshorizont			