

Schriftliche Abiturprüfung Biologie

Hinweise und Beispiele zu den
schriftlichen Prüfungsaufgaben 2011



Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für
Schule und Berufsbildung

Impressum

Herausgeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Schule und Berufsbildung

Amt für Bildung

Hamburger Straße 31, 22083 Hamburg

Referat: Mathematisch-naturwissenschaftlich-technischer Unterricht

Referatsleitung: Werner Renz, LIF 16

Fachreferent: Jörgfried Kirch

Alle Rechte vorbehalten

Hamburg 2010

Inhaltsverzeichnis

Vorwort

1	Regelungen für die schriftliche Abiturprüfung	
1.1	Anzahl der Aufgaben und Bearbeitungszeit	5
1.2	Themenbereiche	5
2	Aufgaben	
2.1	Aufgabenstellung	5
2.2	Aufgabenarten	6
2.3	Kompetenzbereiche	7
2.4	Anforderungsbereiche	7
2.5	Hinweise zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe	9
2.6	Liste der Operatoren	9
2.7	Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen (Erwartungshorizont)	11
2.8	Checkliste	11
2.9	Termine	14
3	Bewertung von Prüfungsleistungen	
3.1	Allgemeine Hinweise	14
3.2	Kriterien der Bewertung	15
3.3	Benotung	15
3.4	Korrekturverfahren und Korrekturzeichen	17
4	Aufgabenbeispiele	
4.1	Aufgabenbeispiele auf grundlegendem Anforderungsniveau	18
4.1.1	Molekulargenetik und Gentechnik: Vogelgrippe	18
4.1.2	Ökologie und Nachhaltigkeit: Borkenkäfer	22
4.1.3	Evolution und Zukunftsfragen: Stechmücken	26
4.2	Aufgabenbeispiele auf erweitertem Anforderungsniveau	
4.2.1	Molekulargenetik und Gentechnik: Rauchen und Krebs	30
4.2.2	Ökologie und Nachhaltigkeit: Nakuru-See	32
4.2.3	Evolution und Zukunftsfragen: Bartenwale	37

Vorwort

Liebe Kolleginnen und Kollegen,

mit der im März 2009 geänderten Ausbildungs- und Prüfungsordnung zum Erwerb der Allgemeinen Hochschulreife (APO-AH) wurde in Hamburg, nach 6 Jahren mit zentraler Aufgabenstellung, für das Fach Biologie das Abitur mit dezentraler Aufgabenstellung wieder eingeführt. Damit soll den Anforderungen der Profiloberstufe Rechnung getragen werden.

Die vorliegende Handreichung wendet sich an alle Kolleginnen und Kollegen, die Aufgaben für die schriftliche Abiturprüfung im Fach Biologie erstellen.

Dabei wird im Wesentlichen das Ziel verfolgt, die Umsetzung der neuen „Richtlinie für die Aufgabenstellung und Bewertung der Leistungen in der Abiturprüfung, Anlage 23 Biologie“ zu unterstützen, indem organisatorische Zusammenhänge dargestellt und mögliche Aufgabenstellungen beschrieben werden.

Die für diese Handreichung erstellten Aufgaben orientieren sich an den Aufgaben für die zentrale Prüfung. Sie enthalten verbindlich definierte Arbeitsaufträge (Operatoren). Diese werden nicht nur von der Einheitlichen Prüfungsordnung Biologie (EPA) gefordert, sondern haben sich auch als Unterstützung für die Bearbeitung der Aufgaben als sehr hilfreich erwiesen. Die hier vorgestellten Aufgabenbeispiele sollen deutlich machen, wie gängiges Material in die neue Struktur der Abituraufgaben eingepasst werden kann.

Im Rahmen des Zentralabiturs Biologie sind über 120 Aufgaben erstellt worden. Um diesen Fundus für Sie nutzbar zu machen, wurde im Internet ein Raum eingerichtet, in dem diese Aufgaben sowie alle aktuellen Richtlinien, Hinweise und Unterstützungen der Behörde für Schule und Berufsbildung (BSB) und des Landesinstituts für Lehrerbildung (LI) hinterlegt wurden. Aus urheberrechtlichen Gründen ist es notwendig, die Daten mit einem Passwort zu schützen. Wie Sie einen persönlichen Zugang zu diesem Raum erhalten, ist im Folgenden beschrieben.

Rufen Sie diese Adresse auf: <http://hamburg.schulcommsy.de> und beantragen Sie, soweit Sie noch keinen Zugang zu Schulcommsy besitzen, eine Kennung („Neue Kennung beantragen“). Nachdem Sie die Zugangsdaten erhalten haben, beantragen Sie einen Zugang zum Raum „Abituraufgaben Biologie“ und bekommen dann ein individuelles Passwort. Nach Erhalt der Zugangsberechtigung stehen Ihnen alle in diesem Raum hinterlegten Materialien und Aufgaben zum Herunterladen und zur Anpassung an Ihre individuellen Bedürfnisse zur Verfügung.

In der Hoffnung, dass die vorliegende Handreichung und das Online-Angebot bei der Erstellung eigener Abituraufgaben hilfreich für Sie sind, wünsche ich Ihnen eine erfolgreiche Arbeit.

Jörgfried Kirch
Fachreferent Biologie (LIF 16)

1 Regelungen für die schriftliche Abiturprüfung

1.1 Anzahl der Aufgaben und Bearbeitungszeit

Eine Prüfungsaufgabe für die schriftliche Abiturprüfung ist die Gesamtheit dessen, was der Prüfling zu bearbeiten hat. Die Prüfungsaufgabe im Fach Biologie besteht aus zwei voneinander unabhängigen Aufgaben. Jede dieser Aufgaben ist durch einen einheitlichen thematischen Zusammenhang definiert. Die Aufgabenstellungen sollen eine vielschichtige Auseinandersetzung mit komplexen Problemen zulassen.

Dem Amt für Bildung sind drei voneinander unabhängige, etwa gleichgewichtige Aufgaben einzureichen, die sich jeweils auf unterschiedliche Kurshalbjahre beziehen. Davon erhalten die Prüflinge zwei Aufgaben zur Bearbeitung.

Die Bearbeitungszeit beträgt für die Prüfung auf grundlegendem Niveau 240 Minuten, für die Prüfung auf erhöhtem Niveau 300 Minuten. Zur Durchführung von Schülerexperimenten kann die Prüfungszeit um maximal 60 Minuten erweitert werden.

1.2 Themenbereiche

Die Prüfungsaufgabe bezieht sich auf mindestens zwei der folgenden fünf Themenbereiche des Rahmenplans Biologie und darf sich nicht auf die Inhalte nur eines Kurshalbjahres der Studienstufe beschränken:

- Stoffwechsel und Energieumsatz
- Molekulargenetik und Gentechnik
- Ökologie und Nachhaltigkeit
- Evolution und Zukunftsfragen
- Neurobiologie und Selbstverständnis

2 Aufgaben

2.1 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung ist gemäß der *Richtlinie für die Aufgabenstellung und Bewertung der Leistungen in der Abiturprüfung* so beschaffen, dass die Prüflinge in allen drei Anforderungsbereichen Fähigkeiten, Fertigkeiten und Kenntnisse nachweisen können.

Aus der Formulierung der Aufgaben heraus ist Umfang und Art der geforderten Leistung erkennbar.

Aufgabenstellungen, die ausschließlich die Wiedergabe von Gelerntem verlangen, entsprechen nicht dem Zweck der Prüfung.

Jede der Aufgaben ist in Teilaufgaben gegliedert, die nicht beziehungslos nebeneinander stehen, sondern einen inneren Zusammenhang haben. Teilaufgaben können in der Regel unabhängig von Ergebnissen vorhergehender Teilaufgaben bearbeitet werden.

Die Gliederung der einzelnen Aufgabe hilft den Prüflingen, Teilleistungen zu erbringen, falls sie die ganze Aufgabe nicht lösen können.

Die Aufgaben erfordern inhalts- und methodenbezogene Kenntnisse und Fähigkeiten in den genannten Anforderungsbereichen. Die Aufgaben für Kurse auf grundlegendem und erweitertem Anforderungsniveau sind so beschaffen, dass die Prüflinge nicht nur erlernte Fertigkeiten und Kenntnisse wiederzugeben haben, sondern

dass sie die selbstständige Anwendung des Gelernten auf neue Fragestellungen in neuen Zusammenhängen nachweisen können.

Die Aufgaben für Kurse auf erweitertem Niveau geben mehr Raum, eigene Problemlösungen zu entfalten, die Lösungshilfsmittel zweckmäßig zu wählen und selbstständige Lösungsansätze alternativ zu entwickeln und in ihrer Tragfähigkeit zu beurteilen.

2.2 Aufgabenarten

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

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)

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.

Fachpraktische Aufgabe

Eine fachpraktische Abiturprüfung ist eine besondere Form der schriftlichen Abiturprüfung, 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 Abiturprüfung nicht realisieren. Die fachpraktische Aufgabe sollte deshalb so ausgelegt sein, dass Schülerinnen und Schüler Kompetenzen nachweisen können.

Die fachpraktische Abiturprüfung besteht aus einem praktischen Teil, der in einen daran anknüpfenden schriftlichen Teil einmündet.

Fachpraktische Aufgaben können zum Beispiel sein:

- Ökologische Untersuchungen
- Auswertung von mikrobiologischen Experimenten mit entsprechenden Nachweisreaktionen
- Versuche zur Molekularbiologie und zur Enzymatik

Nicht zugelassen sind:

- ausschließlich aufsatzartig zu bearbeitende Aufgaben
- Aufgaben, die eine überwiegend mathematische Bearbeitung erfordern
- Aufgaben ohne Kontextorientierung
- übernommene Aufgaben (z. B. von Verlagen) ohne Zuschnitt auf den Kurs bzw. ohne Berücksichtigung der spezifischen unterrichtlichen Voraussetzungen

Die Formulierungen der Aufgabenstellung sollten Art und Umfang der geforderten Leistungen erkennbar machen.

2.3 Kompetenzbereiche

Es ist zu gewährleisten, dass mit einer Aufgabe die Kompetenzbereiche *Fachkenntnisse*, *Fachmethoden*, *Kommunikation* und *Bewertung* abgedeckt 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.

Im Folgenden werden die fachspezifischen Anforderungsbereiche festgelegt:

		Anforderungsbereiche		
		I	II	III
Kompetenzbereiche	Fachkenntnisse	einfache Sachverhalte wiedergeben	Sachverhalte eines abgegrenzten Gebietes anwenden	Wissen problembezogen erarbeiten, einordnen, nutzen und bewerten
	Fachmethoden	einfache Fachmethoden beschreiben und nutzen	Fachmethoden situationsgerecht anwenden	Fachmethoden problembezogen auswählen und anwenden
	Kommunikation	einfache Sachverhalte in vorgegebenen Formen darstellen	Kommunikationsformen situationsgerecht auswählen und anwenden	Kommunikationsformen situationsgerecht auswählen und anwenden
	Bewertung	einfache Bezüge angeben	einfache Bezüge herstellen und Bewertungsansätze wiedergeben	Bezüge herstellen und Sachverhalte bewerten

2.4 Anforderungsbereiche

Die Anforderungen in der Abiturprüfung unterscheiden sich nach der Art, der Komplexität und dem Grad der Selbstständigkeit der geforderten Leistung; sie verlangen unterschiedliche Arbeitsweisen. Zur Erhöhung der Transparenz und Vergleichbarkeit lassen sich drei Anforderungsbereiche beschreiben, ohne dass in der Praxis der Aufgabenstellung die drei Anforderungsbereiche immer scharf voneinander getrennt werden können. Daher ergeben sich bei der Zuordnung der Teilaufgaben zu Anforderungsbereichen Überschneidungen.

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.

Der Anforderungsbereich I umfasst

- 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

- 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 unbekanntem Untersuchungsergebnissen unter bekannten Aspekten,
- die Beurteilung und Bewertung eines bekannten biologischen Sachverhalts,
- die Unterscheidung von Alltagsvorstellungen und wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Der Anforderungsbereich III umfasst

- 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. die 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 Material bezogene 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.

2.5 Hinweise zum Erstellen einer Prüfungsaufgabe

Die Prüfungsaufgabe ist so anzulegen, dass vom Prüfling Leistungen sowohl von möglichst großer Breite (Kompetenzbereiche) als auch von angemessener Tiefe (Anforderungsbereiche) zu erbringen sind.

Eine Prüfungsaufgabe muss sich auf alle vier im Rahmenplan Biologie beschriebenen Kompetenzbereiche erstrecken. Daher sollen Kontexte als Ausgangspunkt genommen werden, wobei die Aufgabenstellung nicht unnötig komplex werden sollte. Aus den Kontexten leiten sich biologisch relevante Themen und Fragestellungen ab.

Jede Aufgabe muss sich auf alle drei in 2.4 beschriebenen Anforderungsbereiche erstrecken. Dadurch wird eine Beurteilung ermöglicht, die das gesamte Notenspektrum umfasst.

Die Berücksichtigung mehrerer Themengebiete in einer Aufgabe ist erwünscht. Es wird empfohlen, durch eine geeignete Vernetzung der Fragestellungen die Bedeutungs- und Beziehungshaftigkeit der Biologie zum Ausdruck zu bringen.

Jede Aufgabe ist in Teilaufgaben gegliedert, die einen inneren Zusammenhang aufweisen, sich aber dennoch möglichst unabhängig voneinander bearbeiten lassen. Die Aufgliederung einer Aufgabe darf nicht so detailliert sein, dass dadurch ein Lösungsweg zwingend vorgezeichnet wird. Eine Aufgabe hat nicht viele Teilaufgaben, soll somit nicht zu kleinschrittig sein. Ausdrücklich erwünscht sind offene Aufgabenstellungen, die mehrere Lösungswege ermöglichen. Bei aufeinander aufbauenden Teilaufgaben sollte der Schwierigkeitsgrad zum Ende der Aufgabe hin zunehmen.

Die Teilaufgaben einer Aufgabe sollen so unabhängig voneinander sein, dass eine Fehlleistung in einem Teil nicht die Bearbeitung der anderen Teilaufgaben unmöglich macht. Falls erforderlich, können Zwischenergebnisse in der Aufgabenstellung enthalten sein. Experimentelle Anteile sind ausdrücklich erwünscht. Bei experimentellen Aufgabenstellungen ist für den Fall des Misslingens vorab eine Datensicherung vorzunehmen. Die Prüfungsaufgabe soll mehr Denk- als Rechenaufgabe sein und Zeichnungen als Lösungen fördern, so dass die biologische Sachargumentation im Vordergrund steht.

2.6 Liste der Operatoren

Aus der Aufgabenstellung gehen Art und Umfang der geforderten Leistung hervor. Es sind Operatoren zu verwenden. Neben den Definitionen enthalten die folgende Auflistung und Tabelle auch Zuordnungen zu den Anforderungsbereichen I, II und III (vgl. *Richtlinie für die Aufgabenstellung und Bewertung der Leistungen in der Abiturprüfung*), wobei die konkrete Zuordnung auch vom Kontext der Aufgabenstellung abhängen kann und eine scharfe Trennung der Anforderungsbereiche nicht immer möglich ist:

analysieren – angeben – anwenden – auswerten – begründen – benennen – beobachten – berechnen – beschreiben – bestimmen – beurteilen – bewerten – darstellen – einordnen – entwickeln – erklären – erläutern – erörtern – gegenüberstellen – interpretieren – herausarbeiten – nennen – prüfen – skizzieren – übertragen – untersuchen – vergleichen – zeichnen – zuordnen

Operatoren	Anforderungsbereich	Definitionen
analysieren, untersuchen	II-III	Unter gezielten Fragestellungen Elemente und Strukturmerkmale herausarbeiten und als Ergebnis darstellen
angeben, nennen	I	Ohne nähere Erläuterungen wiedergeben oder aufzählen
anwenden, übertragen	II	Einen bekannten Sachverhalt, eine bekannte Methode auf eine neue Problemstellung beziehen
auswerten	II	Daten oder Einzelergebnisse zu einer abschließenden Gesamtaussage zusammenführen
begründen	II-III	Einen angegebenen Sachverhalt auf Gesetzmäßigkeiten bzw. kausale Zusammenhänge zurückführen
benennen	I	Elemente, Sachverhalte, Begriffe oder Daten (er)kennen und angeben
beobachten	I-II	Wahrnehmen unter fachspezifischen Gesichtspunkten
berechnen	I-II	Ergebnisse von einem Ansatz ausgehend durch Rechenoperationen gewinnen
beschreiben	I-II	Strukturen, Sachverhalte oder Zusammenhänge unter Verwendung der Fachsprache in eigenen Worten veranschaulichen
bestimmen	II	Einen Lösungsweg darstellen und das Ergebnis formulieren
beurteilen	III	Hypothesen bzw. Aussagen sowie Sachverhalte bzw. Methoden auf Richtigkeit, Wahrscheinlichkeit, Angemessenheit, Verträglichkeit, Eignung oder Anwendbarkeit überprüfen
bewerten	III	Eine eigene Position nach ausgewiesenen Normen oder Werten vertreten
darstellen	I-II	Zusammenhänge, Sachverhalte oder Arbeitsverfahren strukturiert und gegebenenfalls fachsprachlich einwandfrei wiedergeben oder erörtern
einordnen, zuordnen	II	Mit erläuternden Hinweisen in einen Zusammenhang einfügen
entwickeln	II-III	Eine Skizze, eine Hypothese, ein Experiment, ein Modell oder eine Theorie schrittweise weiterführen und ausbauen
erklären	II-III	Rückführung eines Phänomens oder Sachverhalts auf Gesetzmäßigkeiten
erläutern	II-III	Ergebnisse, Sachverhalte oder Modelle nachvollziehbar und verständlich veranschaulichen
erörtern	III	Ein Beurteilungs- oder Bewertungsproblem erkennen und darstellen, unterschiedliche Positionen und Pro- und Kontra- Argumente abwägen und mit einem eigenen Urteil als Ergebnis abschließen
herausarbeiten	II-III	Die wesentlichen Merkmale darstellen und auf den Punkt bringen
interpretieren	II-III	Phänomene, Strukturen, Sachverhalte oder Versuchsergebnisse auf Erklärungsmöglichkeiten untersuchen und diese gegeneinander abwägend darstellen
prüfen	III	Eine Aussage bzw. einen Sachverhalt nachvollziehen und auf der Grundlage eigener Beobachtungen oder eigenen Wissens beurteilen
skizzieren	I-II	Sachverhalte, Strukturen oder Ergebnisse kurz und übersichtlich darstellen, mit Hilfe von z. B. Übersichten, Schemata, Diagrammen, Abbildungen, Tabellen
vergleichen, gegenüberstellen	II-III	Nach vorgegebenen oder selbst gewählten Gesichtspunkten Gemeinsamkeiten, Ähnlichkeiten und Unterschiede ermitteln und darstellen
zeichnen	I-II	Eine hinreichend exakte bildhafte Darstellung anfertigen

2.7 Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen (Erwartungshorizont)

Die Leistungserwartungen werden in einem Erwartungshorizont formuliert, der Grundlage für die Korrektur und Beurteilung sowie Grundlage des abschließenden Gutachtens ist. Der Erwartungshorizont enthält konkrete Angaben zu möglichen Arbeitsschritten und Arbeitsergebnissen sowie deren Zuordnung zu den Anforderungsbereichen. Im Erwartungshorizont werden somit auch Umfang und Tiefe des für das Bearbeiten der Aufgaben vorausgesetzten Wissens, die geforderte Fachterminologie sowie Art und Qualität der geforderten Selbstständigkeit deutlich.

Da die einzelnen Arbeitsschritte des Prüflings nicht immer scharf voneinander zu trennen sind, vielmehr in einer Wechselbeziehung zueinander stehen können und sollen, muss sich die Beurteilung nicht nur auf punktuelle Einzelleistungen, sondern vor allem auf in sich schlüssige Lösungswege und Begründungsansätze beziehen.

Die Beurteilung der Leistungen geht aus von den Anforderungen, die in der Aufgabenstellung enthalten und im Erwartungshorizont ausgewiesen sind. Dabei kommt der Selbstständigkeit bei der Bearbeitung der Aufgabe besondere Bedeutung zu. Bei der Bewertung sind auch solche Lösungen angemessen zu berücksichtigen, die in der Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen nicht ausdrücklich vorgesehen sind.

Es ist zudem das eingeführte Lehrbuch anzugeben und der vorangegangene Unterricht, aus dem die vorgeschlagene Aufgabe erwachsen ist, so weit darzustellen, wie dies zum Verständnis der Aufgabe notwendig ist. Der Erwartungshorizont wird dargestellt, die einzelnen Teilaufgaben werden darin gewichtet und den Anforderungs- und Kompetenzbereichen zugeordnet

2.8 Checkliste

Zur Erleichterung der Kommunikation zwischen Aufgabenstellern und Themenprüfern ist die folgende Checkliste entwickelt worden, welche die Erstellung und Prüfung von Abituraufgaben erleichtern soll.

Ergebnisse der Aufgabenprüfung: Aufgabensteller/in Spalte A, Themenprüfer/in Spalte B	A	B
--	---	---

1. Aufgabenstellung

Prüfungsaufgabe

Nr.		✓	✓
1.	Die Richtlinie für die Aufgabenstellung und Bewertung der Leistungen in der Abiturprüfung sowie der aktuelle Rahmenplan wurden gelesen und zur Kenntnis genommen.		
2.	Die Prüfungsaufgabe bezieht sich auf mindestens zwei der folgenden fünf Themenbereiche des Rahmenplans Biologie: <ul style="list-style-type: none"> • Stoffwechsel und Energieumsatz • Molekulargenetik und Gentechnik • Ökologie und Nachhaltigkeit • Evolution und Zukunftsfragen • Neurobiologie und Selbstverständnis 		

3.	Die Prüfungsaufgabe bezieht sich auf die Inhalte mehr als eines Halbjahres der Studienstufe.		
4.	Jede dieser Aufgaben ist durch einen einheitlichen thematischen Zusammenhang definiert. Die Aufgabenstellung lässt eine vielschichtige Auseinandersetzung mit komplexen Problemen zu.		
5.	Die einzelnen Aufgaben sind voneinander unabhängig; sie sind gleichgewichtig und erfordern einen vergleichbaren zeitlichen Umfang für die Bearbeitung, so dass das Amt für Bildung eine unabhängige Auswahl vornehmen kann.		
6.	Die einzelnen Aufgaben wurden mit einem gängigen digitalen Schreibsystem erstellt, besitzen eine ähnliche Struktur und ein ähnliches Layout.		
7.	Die Aufgaben wurden von einer Fachlehrkraft der Schule gegengelesen und auf Fehler hin überprüft.		

Einzelne Aufgaben

8.	Die einzelnen Aufgaben sind den Prüflingen auch in Teilen unbekannt und den Schülerinnen und Schülern der Schule in den schriftlichen Abiturprüfungen der letzten zwei Jahre nicht vorgelegt worden.		
9.	Die einzelnen Aufgaben wurden im Unterricht weder behandelt, noch stehen sie einer bearbeiteten Aufgabe so nahe, dass ihre Bearbeitung keine selbstständige Lösung mehr darstellt.		
10.	Die einzelnen Aufgaben sind repräsentativ für die mit der Lerngruppe behandelten Sachverhalte und geübten Methoden.		
11.	Die einzelnen Aufgaben besitzen eine Kurzbezeichnung in Form einer prägnanten Benennung des Gegenstandes.		
12.	Die einzelnen Aufgaben sind in Teilaufgaben gegliedert, die in einem inneren Zusammenhang stehen, aber unabhängig voneinander bearbeitet werden können.		
13.	Die einzelnen Aufgaben ermöglichen Leistungen in den Anforderungsbereichen I, II und III, mit einem Schwerpunkt im Anforderungsbereich II und einem deutlich höheren Anteil im Anforderungsbereich I als im Anforderungsbereich II.		
14.	Die einzelnen Aufgaben sind kontextorientiert und ermöglichen die Anwendung von Basiskonzepten.		
15.	Die einzelnen Aufgaben ermöglichen dem Prüfling den Nachweis seiner Fähigkeiten in den Kompetenzbereichen Fachkenntnisse, Fachmethoden, Kommunikation und Bewertung.		
16.	Die einzelnen Aufgaben erfordern entweder die Bearbeitung fachspezifischen Materials, die Auswertung und Deutung von Versuchsergebnissen aus einem vorgeführten oder in der Aufgabenstellung beschriebenen Experiment oder die Durchführung, Auswertung und Deutung von Schülerexperimenten.		

Teilaufgaben

17.	Die Teilaufgaben sind als Arbeitsaufträge (Operatoren) und nicht als Frageform formuliert, so dass die Leistungserwartungen deutlich werden.		
-----	--	--	--

18.	Die Teilaufgaben strukturieren die Aufgabe so, dass die methodische Eigenständigkeit der Schülerinnen und Schüler nicht bzw. nicht zu stark eingeschränkt ist.		
19.	Die prozentualen Wichtungen der Teilaufgaben sind in der Aufgabenstellung ausgewiesen und orientieren sich an den Zuordnungen der verwendeten Operatoren zu den Anforderungsbereichen (siehe Operatorenliste).		
20.	Die Teilaufgaben sind so formuliert, dass es keine inhaltlichen Überschneidungen gibt.		
21.	Bei experimentell angelegten Teilaufgaben ist die Verlängerung der Bearbeitungszeit angegeben.		
22.	Bei experimentell angelegten Teilaufgaben liegen die Versuchsergebnisse in schriftlicher Form vor. Diese werden der Schülerin / dem Schüler bei Misslingen des Experiments vorgelegt.		

2. Materialien

23.	Das Material ist frei von Fehlern.		
24.	Die technische Wiedergabe des Materials, insbesondere der Abbildungen, ist einwandfrei. Texte sind gut lesbar.		
25.	Das Material bezieht sich auf einzelne Aufgaben/Teilaufgaben.		
26.	Die Materialmenge lässt eine angemessene Bearbeitung innerhalb der zur Verfügung stehenden Arbeitszeit zu.		
27.	Eine sachgemäße Anordnung des Materials erleichtert die Übersichtlichkeit.		
28.	Die Materialien sind durchnummeriert, wenn mehrere Materialien enthalten sind.		
29.	Längere Texte enthalten Zeilennummern.		
30.	Die einzelnen Aufgaben enthalten Angaben zu den verwendeten Quellen und Literaturhinweise.		
31.	Die bei der Bearbeitung zugelassenen Hilfsmittel sind in der Aufgabenstellung ausgewiesen.		

3. Unterrichtliche Voraussetzungen

32.	Die unterrichtlichen Voraussetzungen sind konkret im Zusammenhang mit den einzelnen Aufgaben/-teilen beschrieben, so dass eine Einschätzung des Schwierigkeitsgrades und des Zusammenhangs von Unterricht und Aufgabe möglich ist. Allgemeine Hinweise auf den Rahmenplan reichen nicht aus.		
-----	--	--	--

4. Erwartungshorizont

33.	Im Erwartungshorizont sind Kernpunkte der Bearbeitung der jeweiligen Aufgabe so formuliert, dass auch der Korreferent hinreichend konkrete Anhaltspunkte für die Beurteilung der Leistung des Prüflings erhält.		
-----	---	--	--

34.	Der Erwartungshorizont enthält nachvollziehbare Zuordnungen der Anforderungsbereiche I, II, III zu den einzelnen Aufgabenteilen.		
35.	Der Erwartungshorizont enthält einen vollständig ausgeführten Lösungsweg der Teilaufgaben mit Zwischenschritten, Teilergebnissen, Reaktionsgleichungen, Rechenwegen usw..		
36.	Der Erwartungshorizont enthält bei komplexen Fragestellungen kurz skizzierte Alternativvorschläge richtiger Lösungswege.		

5. Bewertungsmaßstab für „gut“ und „ausreichend“

37.	Die Kriterien zur Bewertung von erbrachten Leistungen mit „Gut“ und „Ausreichend“ werden ausgeführt.		
-----	--	--	--

6. Vorsatzblätter und Anlagen

38.	Vorsatzblätter enthalten den Namen der Referentin bzw. des Referenten. (Die freiwillige Angabe der Telefonnummer erleichtert das direkte Nachfragen ohne den Weg über das Schulbüro oder die Schulleitung).		
39.	Vorsatzblätter enthalten an der Stelle „Aufgabe (Kurzbezeichnung)“ eine <i>prägnante Benennung des Gegenstandes der Aufgabe</i> (nicht das Semesterthema als Bezeichnung verwenden).		
40.	Vorsatzblätter enthalten ggf. den Antrag auf Verlängerung der Arbeitszeit um 30 Minuten bzw. 60 Minuten bei Aufgaben mit aufwändigem experimentellen Anteil.		

2.9 Termine

Die Aufgaben werden von den Referentinnen und Referenten zu dem festgesetzten Termin in dreifacher Ausfertigung bei der Schulleitung abgegeben.

Die schriftliche Abiturprüfung findet zu Beginn des 4. Semesters der Studienstufe statt.

Für die Korrektur stehen folgende Zeiten zur Verfügung:

1. Erstkorrektur durch die Referentin/den Referenten: Ende März/Anfang April
2. Weitergabe an die Zweitkorrektorin/den Zweitkorrektor : Anfang April
3. Rückgabe der Arbeiten und der Gutachten durch die Zweitkorrektorin/den Zweitkorrektor: Anfang Mai

Die genauen Termine sind im so genannten „Abiturfahrplan“ für den entsprechenden Abiturjahrgang festgelegt, der über die Oberstufenkoordinatorin/den Oberstufenkoordinator weitergeleitet wird.

3 Bewertung von Prüfungsleistungen

3.1 Allgemeine Hinweise

Aus der Korrektur und Beurteilung der schriftlichen Arbeit (Gutachten) geht hervor, welcher Wert den von der Schülerin bzw. dem Schüler erbrachten Lösungen, Untersuchungsergebnissen oder Argumenten beigemessen wird und wie weit 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, die sich an der unter 3.3 angeführten Tabelle orientiert.

3.2 Kriterien der Bewertung

Die Beurteilung der von den Prüflingen erbrachten Prüfungsleistungen erfolgt unter Bezug auf die im Erwartungshorizont beschriebenen Leistungen. Den Beurteilenden steht dabei ein Beurteilungsspielraum zur Verfügung. Liefern Prüflinge zu einer gestellten Aufgabe oder Teilaufgabe Bearbeitungen, die in der Beschreibung der erwarteten Prüfungsleistungen nicht erfasst waren, so sind die erbrachten Leistungen angemessen zu berücksichtigen. Dabei darf der vorgesehene Bewertungsrahmen für die Teilaufgabe nicht überschritten werden.

Grundlage für die Bewertung der Prüfungsarbeiten ist die Reinschrift. Enthält diese etwas Falsches, der Entwurf aber das Richtige, so ist der Entwurf nur dann zu werten, wenn es sich offensichtlich um einen Übertragungsfehler handelt. Ist die Reinschrift nicht vollständig, so kann der Entwurf nur dann ohne Abzug von Notenpunkten herangezogen werden, wenn er zusammenhängend konzipiert ist und die Reinschrift etwa drei Viertel des erkennbar angestrebten Umfangs umfasst. Falls Teile des Entwurfs für die Bewertung herangezogen werden, ist dies in der Reinschrift mit „siehe Entwurf“ zu vermerken.

Da die einzelnen Arbeitsschritte des Prüflings nicht immer scharf voneinander zu trennen sind, vielmehr in einer Wechselbeziehung zueinander stehen können und sollen, muss sich die Beurteilung nicht nur auf punktuelle Einzelleistungen, sondern vor allem auf in sich schlüssige Lösungswege und Begründungsansätze beziehen.

Bei der Bewertung der Leistungen soll neben der Richtigkeit der Antworten die Darstellung sowie die Schlüssigkeit der Argumentation berücksichtigt werden. Vor allem erläuternde, kommentierende und begründende Texte sind unverzichtbare Bestandteile der Bearbeitung. Fehlende Erläuterungen, mangelhafte Gliederung, Unsicherheiten in der Fachsprache und Ungenauigkeiten in Darstellungen sind als fachliche Fehler zu werten.

Für die Bewertung kommt folgenden Aspekten besonderes Gewicht zu:

- Umfang und Differenziertheit der dargestellten Kenntnisse
- Qualität der Darstellung (Aufbau, Gedankenführung, gewählte Darstellungsformen)
- Schlüssigkeit der Argumentation
- Komplexität des Urteilsvermögens und Differenziertheit der Reflexion
- Umfang der Selbstständigkeit
- fachliche Korrektheit
- Sicherheit im Umgang mit Fachsprache und Methoden des Faches
- Erfüllung standardsprachlicher Normen und formaler Aspekte

In einem abschließenden Gutachten wird die Prüfungsleistung beurteilt und mit einer Gesamtnote bewertet. Auf eine detaillierte Fehlerangabe wird verzichtet, vielmehr wird die Beurteilung der Prüfungsleistung in Bezug auf den Erwartungshorizont und die o. g. Kriterien der Bewertung zusammenfassend begründet.

3.3 Benotung

Die Festlegung der Schwelle zur Note „ausreichend“ (5 Punkte) und die Vergabe der weiteren Noten sind Setzungen, die in besonderem Maße der pädagogischen Erfahrung und Verantwortung der Beurteilenden unterliegen.

Die Note „ausreichend“ (5 Punkte) wird erteilt,

wenn annähernd die Hälfte (mindestens 45 %) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden sind. Dazu müssen auch Leistungen im Anforderungsbereich II erbracht werden. Dieses ist der Fall, wenn je nach Aufgabenstellung

- Sachverhalte korrekt wiedergegeben und in Teilen korrekt angewendet werden,
- einfache Fachmethoden korrekt beschrieben und in Teilen korrekt angewendet werden,
- vorgegebene Kommunikations- und Darstellungsformen korrekt angewendet werden,

- einfache Bezüge aufgezeigt werden,
- die Darstellung erkennbar geordnet und sprachlich verständlich ist.

Die Note „gut“ (11 Punkte) wird erteilt,

wenn annähernd vier Fünftel (mindestens 75 %) der erwarteten Gesamtleistung erbracht worden sind. Dabei muss die Prüfungsleistung in ihrer Gliederung, in der Gedankenführung, in der Anwendung fachmethodischer Verfahren sowie in der fachsprachlichen Artikulation den Anforderungen voll entsprechen. Ein mit „gut“ beurteiltes Prüfungsergebnis setzt voraus, dass neben Leistungen in den Anforderungsbereichen I und II auch Leistungen im Anforderungsbereich III erbracht werden. Dieses ist der Fall, wenn je nach Aufgabenstellung

- Sachverhalte und Fachmethoden korrekt dargestellt und in abgegrenzten Gebieten korrekt angewendet werden,
- Kenntnisse und Fachmethoden stellenweise zur Lösung von Problemen selbstständig herangezogen werden,
- Kommunikations- und Darstellungsformen korrekt angewendet und in Teilen selbstständig ausgewählt werden,
- Bezüge hergestellt und Bewertungsansätze wiedergegeben werden,
- die Darstellung in ihrer Gliederung und Gedankenführung klar strukturiert und nachvollziehbar ist sowie den allgemeinen und fachsprachlichen Anforderungen voll entspricht.

Als Orientierung für die Notenfindung gilt die folgende Tabelle:

erbrachte Leistung	Notenpunkte
$\geq 95 \%$	15
$\geq 90 \%$	14
$\geq 85 \%$	13
$\geq 80 \%$	12
$\geq 75 \%$	11
$\geq 70 \%$	10
$\geq 65 \%$	9
$\geq 60 \%$	8
$\geq 55 \%$	7
$\geq 50 \%$	6
$\geq 45 \%$	5
$\geq 40 \%$	4
$\geq 33 \%$	3
$\geq 26 \%$	2
$\geq 19 \%$	1
$< 19 \%$	0

Bei erheblichen Mängeln in der sprachlichen Richtigkeit sind bei der Bewertung der schriftlichen Prüfungsleistung zudem je nach Schwere und Häufigkeit der Verstöße bis zu zwei Notenpunkte abzuziehen. Dazu gehören auch Mängel in der Gliederung, Fehler in der Fachsprache, Ungenauigkeiten in Zeichnungen sowie falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text.

3.4 Korrekturverfahren und Korrekturzeichen

Vorzüge und Mängel sind gleichermaßen zu kennzeichnen. Die Kennzeichnung muss dabei die Bedeutung des Vorzuges charakterisieren bzw. Art und Schwere des Mangels und sich auf die erwarteten Teilleistungen beziehen.

Um Transparenz zu erzeugen, sind qualifizierende textliche Erläuterungen im Sinne der unter 3.2 genannten Kriterien erforderlich.

Sprachlich-formale Mängel werden wie folgt gekennzeichnet:

- A Ausdruck
- Gr Grammatik
- R Rechtschreibung
- Sb Satzbau
- Z Zeichensetzung
- un unleserlich

Inhaltliche Mängel werden wie folgt gekennzeichnet:

- Bg fehlende/falsche Begründung
- Bl fehlender/falscher Beleg
- f falsch
- (f) Folgefehler (wird nicht mit Punktabzug bewertet)
- Fsp Fachsprache/Fachbegriff fehlt oder wurde falsch verwendet
- Th Thema/Aufgabenstellung nicht beachtet
- ug ungenau
- uv unvollständig
- Zsh falscher Zusammenhang
- W Wiederholung

Weitere Fehler bzw. Unschärfen sind ohne Verwendung von Abkürzungen zu kennzeichnen, wie z. B. „lückenhaft“, „unscharf“, „ab hier unbrauchbar“.

4 Aufgabenbeispiele

4.1 Aufgabenbeispiele auf grundlegendem Anforderungsniveau

4.1.1 Molekulargenetik und Gentechnik: Vogelgrippe

Seit Herbst 2005 beobachtet man, dass sich die ursprünglich aus Asien stammende Vogelgrippe mit dem Vogelzug immer weiter ausbreitet. Vorwiegend werden Wasservögel wie Gänse und Enten infiziert. Das Virus wird wie andere Grippeerreger durch Tröpfcheninfektion übertragen. Die Krankheitserscheinungen bei den Vögeln ähneln denen einer menschlichen Grippe mit sehr hohem Fieber und allgemeiner Schwäche, woran die Tiere schließlich verenden.

Die Tatsache, dass das Vogelgrippevirus dem menschlichen Grippevirus sehr ähnlich ist und Erbmaterial zwischen den Viren ausgetauscht werden kann, macht das gemeinsame Auftreten der Vogelgrippe und der Grippe beim Menschen besonders problematisch.

Material 1

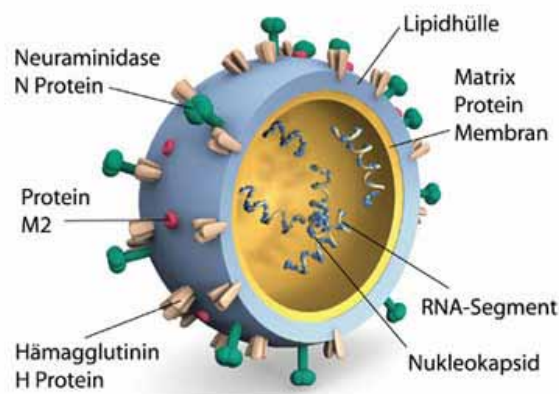


Abb. 1: Aufbau eines humanen Influenza A-Virus bzw. eines Vogelgrippevirus

Das Vogelgrippevirus ist wie ein humanes Influenza A-Virus aufgebaut. Das Erbmaterial liegt in mehreren Abschnitten (RNA-Segmente) vor und ist an Proteine gebunden. Das Virus besitzt ein Enzym (RNA-Polymerase), das die virale RNA in mRNA umschreibt.

Die Hülle des Virus besteht aus einer inneren Eiweißhülle (Matrix-Protein-Membran) und einer äußeren Lipidhülle. In der äußeren Lipidhülle befinden sich drei unterschiedliche Proteinkomplexe, die Neuraminidase (N Protein), das Hämagglutinin (H Protein) und das Matrixprotein (Protein M2). Diese drei Proteinkomplexe kommen in verschiedenen Varianten vor, die sich im Laufe der Zeit verändern können.

Das kursierende humane Influenza-Virus besitzt die Hämagglutinin-Varianten 1 bzw. 3 (H1 bzw. H3) und die Neuraminidase-Varianten 1 bzw. 2 (N1 bzw. N2) auf seiner Oberfläche. Gegen diese Varianten sind Impfstoffe entwickelt worden. Das Vogelgrippevirus weist jedoch die Hämagglutinin-Variante 5 und die Neuraminidase-Variante 1 auf (Virustyp H5N1).

Das Hämagglutinin ist für die Aufnahme des Virus in die Schleimhautzellen des Atmungssystems verantwortlich. Das Protein sorgt dafür, dass die Virushülle mit der Zellmembran beispielsweise von Nasenschleimhautzellen des Wirtsorganismus verschmilzt.

Die Neuraminidase bewirkt, dass sich neu synthetisierte Viren von der Zelloberfläche der Wirtszelle lösen können, indem die Neuraminidase enzymatisch Sialinsäure abbaut, welche die neuen Viren an die Zelloberfläche bindet. Die Neuraminidase ist ein aus 469 Aminosäuren bestehendes Enzym, welches sich im aktiven Zentrum an die Sialinsäure bindet und diese Bindung zur Wirtszelle „kappt“.

Das Protein M2 ist ein Tunnelprotein, das eine wichtige Rolle bei der Vermehrung des Virus spielt.

Die Varianten H1 bis H16 können alle Geflügel befallen, wobei H5 und H7 als besonders gefährlich gelten. Humane Infektionen wurden bislang von den Varianten H1 bis H3 ausgelöst.

Material 2

Das körpereigene Immunsystem erkennt bestimmte Proteinstrukturen an der Oberfläche von Viren und kann diese dann mit verschiedenen Mechanismen bekämpfen. Die beiden zurzeit einzig wirksamen Medikamente sind die Neuraminidase-Hemmer Relenza und Tamiflu, die sich in das aktive Zentrum der Neuraminidase setzen und dieses blockieren.

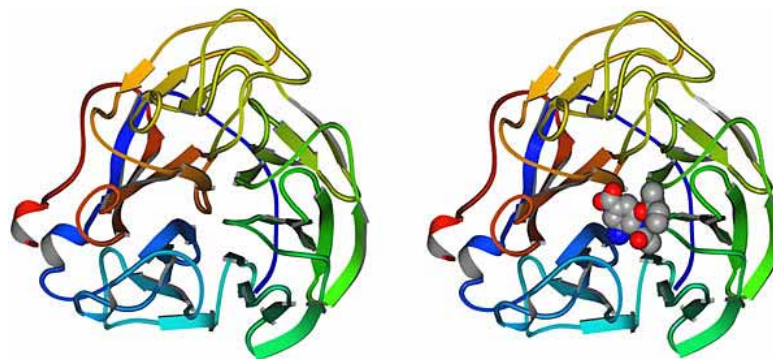


Abb. 2: Enzym Neuraminidase mit freiem aktiven Zentrum (links) und blockiert durch Neuraminidase-Hemmer wie Relenza oder Tamiflu (rechts)

Material 3

Anfang 2005 wurde von einem vietnamesischen Mädchen berichtet, das sich mit dem Vogelgrippevirus infiziert hatte. Aus ihrem Blut wurden die Viren bzw. deren RNA isoliert, mittels PCR vervielfältigt und sequenziert. Dann wurde untersucht, ob sich Veränderungen an der Neuraminidase nachweisen ließen. An der 1. Base der Triplet-Position Nr. 274 wurde eine Mutation erkannt: Histidin wurde durch Tyrosin ersetzt. Dieser DNA-Bereich galt bisher als unveränderlich.

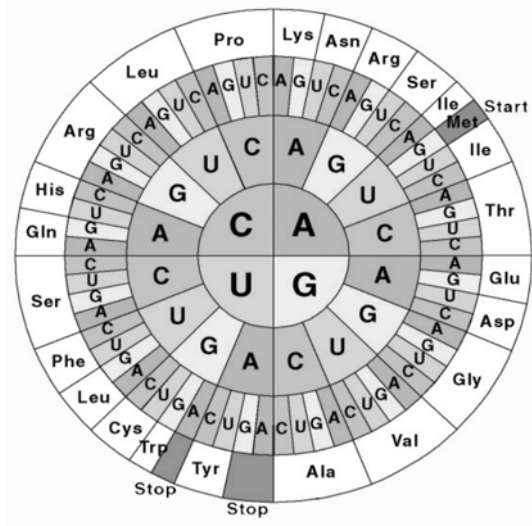
Material 4

Abb. 3: Code-Sonne

Aufgaben

- Beschreiben Sie die Vorgehensweise und Vorgänge der PCR-Methode. (30%)
- Bestimmen Sie den in Material 3 beschriebenen Mutationstyp. (20%)
- Erläutern Sie die möglichen Auswirkungen der in Material 3 genannten Mutation auf die Wirksamkeit der Medikamente Relenza und Tamiflu unter Berücksichtigung von Material 2. (30%)
- Beurteilen Sie die Gefahr bei einem gemeinsamen Auftreten von Vogelgrippe und der für den Menschen gefährlichen Grippe Influenza A. (20%)

Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für die Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten.

- Die Polymerase-Kettenreaktion ist eine Methode, DNA zu vervielfältigen. In ihren momentanen Anwendungsgebieten benötigt PCR mehrere grundlegende Komponenten:
 - DNA mit den zu vervielfältigenden Abschnitten
 - zwei Primer, die auf den beiden Einzelsträngen der DNA jeweils den Startpunkt der DNA-Synthese festlegen
 - DNA-Polymerase, wie die Taq-Polymerase, die bei hohen Temperaturen nicht zerstört wird, um den festgelegten Abschnitt zu kopieren

- Desoxynukleotidtriphosphate, die Bausteine für den von der DNA-Polymerase synthetisierten DNA-Strang

Die Polymerase-Kettenreaktion findet in drei Schritten statt.

Denaturierung: Zunächst wird die doppelsträngige DNA erhitzt, um die Stränge zu trennen. Die Wasserstoffbrückenbindungen, welche die beiden DNA-Stränge zusammenhalten, werden aufgebrochen.

Hybridisierung: Nach der Trennung der Stränge wird die Temperatur gesenkt, so dass die Primer sich an die einzelnen DNA-Stränge anlagern können.

Polymerisation: Schließlich füllt die DNA-Polymerase die fehlenden Stränge mit freien Nukleotiden auf. Sie beginnt am 3'-Ende des angelagerten Primers und folgt dann dem DNA-Strang.

Der Operator „beschreiben“ weist auf die Anforderungsbereiche I-II hin.

Die Wiedergabe bekannter Zusammenhänge entspricht dem Anforderungsbereich I.

Anforderungsbereich I

30%

- b) Damit anstelle des Histidins in der Neuraminidase Tyrosin eingebaut wird, muss an der 1. Base des 274. Triplets des Neuraminidase-Gens (820. Base des Gens) auf der viralen RNA eine Punktmutation von G nach A stattgefunden haben.

Der Operator „bestimmen“ weist auf den Anforderungsbereich II hin.

Anforderungsbereich II

20%

- c) Histidin wurde durch Tyrosin ersetzt. Die Mutation hat damit die Primärstruktur der Neuraminidase verändert. Die Folgen können unterschiedlicher Art sein. Je nach Funktion des Bereiches, in dem der Austausch stattfand, kann sich die Mutation auf die räumliche Struktur des Enzyms auswirken oder nicht. Falls die Mutation zu einer Veränderung der räumlichen Struktur des aktiven Zentrums der Neuraminidase führt, kann die Wirksamkeit der Medikamente Relenza und Tamiflu eingeschränkt oder sogar vollständig verloren gegangen sein. Die Medikamente Relenza und Tamiflu sind Neuraminidasehemmer, die sich in das aktive Zentrum der Neuraminidase setzen und das Enzym blockieren. Die Neuraminidase bewirkt, dass sich neu synthetisierte Viren von der Zelloberfläche der Wirtszelle lösen können, indem sie enzymatisch Sialinsäure abbaut, die die neuen Viren an die Zelloberfläche bindet. Die Neuraminidase ist ein aus 469 Aminosäuren bestehendes Enzym, welches sich im aktiven Zentrum an die Sialinsäure bindet und diese Bindung zur Wirtszelle „kappt“.

Der Operator „erläutern“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Die Anwendung von bekannten Sachverhalten auf ein unbekanntes Beispiel entspricht dem Anforderungsbereich II.

Anforderungsbereich II

30%

- d) Dadurch, dass die beiden Grippeviren sehr ähnlich sind und Erbmaterial untereinander ausgetauscht werden kann, ist bei gegenseitigem Kontakt die Gefahr außerordentlich groß, dass neue hochinfektiöse Varianten von Viren entstehen.

Das kursierende humane Influenza A-Virus besitzt die Hämagglutinin-Varianten 1 bzw. 3 (H1 bzw. H3) und die Neuraminidase-Varianten 1 bzw. 2 (N1 bzw. N2) auf seiner Oberfläche. Heute verwendete Impfstoffe sind dementsprechend entwickelt worden. Das aktuelle Vogelgrippevirus weist jedoch die Hämagglutinin-Variante 5 und die Neuraminidase-Variante 1 auf (Virustyp H5N1).

Ein für den Menschen ursprünglich harmloses Vogelgrippevirus kann z. B. durch Aufnahme der Hämagglutinin-Varianten 1 bzw. 3 hochgradig infektiös werden. Der Vogelzug ist problematisch, weil potenziell gefährliche Viren schnell und unkontrolliert verbreitet werden. Gleichzeitig kann sich aufgrund von Strukturveränderungen der Viren die Möglichkeit verringern, pathogene Viren mit Medikamenten oder durch Impfungen zu bekämpfen.

Der Operator „beurteilen“ weist auf den Anforderungsbereich III hin.

Quellenangaben

Martens, T. (2006): Vogelgrippe und Resistenzbildung. In: Unterrichtsmaterialien Biologie, Stark Verlag, Freising

de.wikipedia.org/wiki/Polymerase-Kettenreaktion (Zugriff am 21.4.2010)

www.roche.com/pages/facetten/16/grippe.htm (Zugriff am 21.4.2010)

www.medizin.de/gesundheit/deutsch/952.htm (Zugriff am 21.4.2010)


4.1.2 Ökologie und Nachhaltigkeit : Borkenkäfer

Seit den 1980er Jahren beobachtet und erforscht man das Phänomen Waldsterben. Neben der Luftverschmutzung werden vor allem Pilzkrankungen und Insekten für das Waldsterben verantwortlich gemacht. Von besonderer Bedeutung sind die auftretenden Massenentwicklungen von Borkenkäfern wie dem Buchdrucker *Ips typographus* und dem Kupferstecher *Pityogenes chalographus* in Monokulturen. Beide Borkenkäferarten haben sich auf Fichten spezialisiert und gefährden die Fichtenkulturen in erheblichem Ausmaß. Dabei ist Tschechien aufgrund seiner vielen Fichtenbestände besonders betroffen.



Abb. 1: Fraßgänge des Buchdruckers

Material 1

Art		Größe und Alter	Baumart	Hauptflugzeit	Anzahl der Generationen pro Jahr	Brutbild	Überwinterung
Buchdrucker <i>Ips typographus</i>		4,2 – 5,5 mm einjährig	Fichte: vorwiegend dickrindige, untere Stammbereiche	April – Mai und Juli – Sept.	2 – 3 pro Weibchen 30 – 60 Eier	ein- bis mehrarmige Längsgänge (Stimmgabel)	Bodenstreu und in den Fraßgängen
Kupferstecher <i>Pityogenes chalographus</i>		1,6 – 2,9 mm einjährig	Fichte: vorwiegend dünnrindige, obere Stammbereiche	April – Juli	1 - 2 pro Weibchen bis zu 40 Eier	sternförmige Gänge, 3 - 6-armig	Brutgänge und in abgefallener Rinde am Boden

Material 2

Borkenkäfer: Kleine Insekten mit großer Wirkung

Borkenkäfer sind „sekundäre Schädlinge“. Sie finden nur in kränkenden und absterbenden Bäumen günstige Entwicklungsbedingungen. Geschwächte Nadel- und Laubbäume dienen ihnen als Brutstätte. In trockenen und heißen Sommern und nach konstant milden oder konstant kalten Wintermonaten - das heißt bei lang anhaltenden gleichen Temperaturen - sowie bei ausreichendem Brutmaterial kommt es zur Massenvermehrung der Borkenkäfer.

Die Populationsdichte der Käfer kann dann so stark ansteigen, dass auch gesunde Bäume dem Angriff der Borkenkäfer nicht mehr standhalten können. Die Bäume sterben schließlich ab.

Material 3

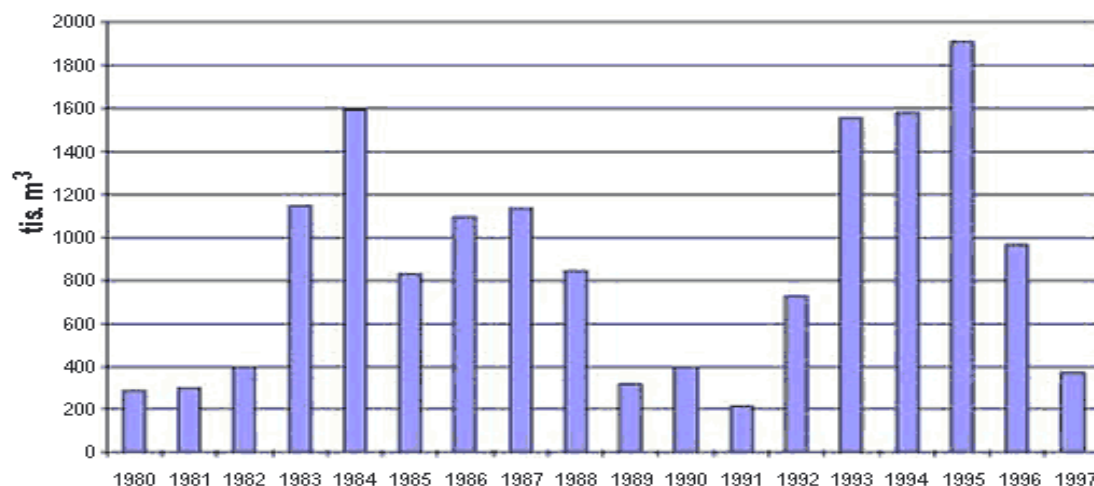


Abb. 2: Menge des von Borkenkäfern befallenen Holzes in Tschechien in den Jahren 1980 bis 1997

Das Diagramm stellt die von Borkenkäfern befallene Holzmenge dar. Damit ist auch indirekt die Populationsentwicklung von Borkenkäfern über mehrere Jahre hinweg aufgezeigt.

(Hinweis zur y-Achse: tis = tausend)

Material 4

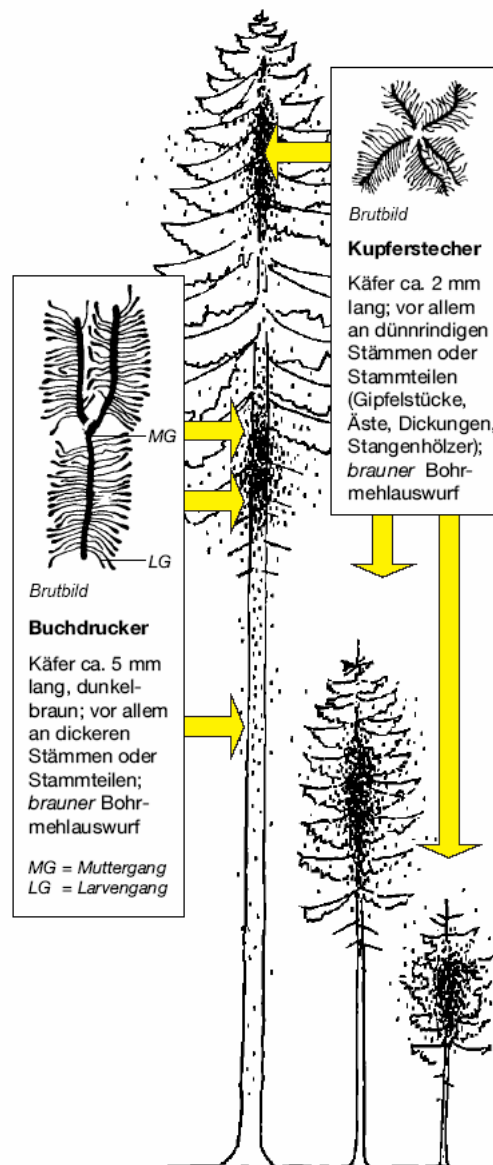


Abb. 3: Borkenkäferbefall an Fichten

Aufgaben

- Nennen Sie die Merkmale, die K- und r-Strategen auszeichnen. Ordnen Sie die Borkenkäfer einer Strategie begründet zu. (35%)
- Erläutern Sie die aus Material 3 ablesbare Populationsdynamik der Borkenkäfer unter Berücksichtigung der anderen Materialien. (35%)

- c) Vergleichen Sie die aus den Materialien hervorgehende Überlebensstrategie der beiden Borkenkäferarten im gleichen Biotop. (30%)

Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für die Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten.

a) K-Strategie: Strategie von langlebigen Arten mit geringer Vermehrungsrate und hoher Überlebenschance, die auf Sicherheit und Stabilität setzen. In die Aufzucht der Jungen wird Zeit und Energie investiert. Sie berücksichtigen die Kapazität ihrer ökologischen Grundlagen. K-Strategen unterliegen allgemein geringeren Populationschwankungen.

r-Strategie: Ausbreitungstypen: Strategie von kurzlebigen Arten, die sich bei günstigen Bedingungen mit hoher Vermehrungsrate (Reproduktionsrate) in meist dichter Generationenfolge vermehren. Charakteristisch sind die oft sehr hohe Sterblichkeit von r-Strategen und die enormen Populationschwankungen ohne Berücksichtigung der Umweltkapazität.

Die Borkenkäfer gehören zu den r-Strategen, weil es sich um kurzlebige Insekten (einjährig) mit hoher Vermehrungsrate (30–60 bzw. 40 Eier pro Weibchen) handelt. Hinzu kommen dichte Generationenfolgen (bis zu drei Bruten pro Jahr) und große Populationschwankungen.

Der Operator „nennen“ weist auf den Anforderungsbereich I hin.

Anforderungsbereich I

20%

Der Operator „zuordnen“ weist auf den Anforderungsbereich II hin.

Anforderungsbereich II

15%

b) Für die Populationsdynamik sind vorrangig günstige Umweltbedingungen wie trockene und heiße Sommer sowie konstant milde oder konstant kalte Wintermonate verantwortlich. Grundsätzlich muss ausreichendes Brutmaterial in Form von altem bzw. totem oder geschwächtem Holz vorhanden sein. Da die Entwicklungen vorwiegend in Fichtenmonokulturen auftreten, ist gerade hier genügend Brutmaterial vorhanden.

Die Entwicklung beginnt mit einer Anlaufphase (Jahre 1981 und 1992), ausgehend von einer relativ geringen Populationsdichte. Die Umweltbedingungen scheinen optimal gewesen zu sein, denn es setzt exponentielles Wachstum aufgrund einer großen Reproduktionsfähigkeit der Weibchen ein (Bezug zum Material). Das exponentielle Wachstum hält bis zu den Jahren 1984 bzw. 1995 an. Logistisches Wachstum stellt sich anscheinend nicht ein.

Die Umweltkapazität scheint sogar überschritten worden zu sein, weil möglicherweise alle für den Erhalt einer hohen Populationsdichte notwendigen Ressourcen aufgebraucht werden. Die Massenentwicklung beginnt erneut, wenn wieder genügend Ressourcen und günstige Umweltbedingungen zur Verfügung stehen.

Der Operator „erläutern“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Die Anwendung von bekannten Sachverhalten auf ein unbekanntes Beispiel entspricht dem Anforderungsbereich II.

Anforderungsbereich II

35%

c) Bei der Überlebensstrategie handelt es sich um das Konkurrenzausschlussprinzip, welches im vorliegenden Fall an der Konkurrenzvermeidung zwischen den beiden Borkenkäferarten deutlich wird. Das Konkurrenzausschlussprinzip besagt, dass Arten mit gleichen oder ähnlichen ökologischen Ansprüchen nicht koexistieren können.

Die Borkenkäfer lassen das Konkurrenzausschlussprinzip mehrfach erkennen. Sie bewohnen unterschiedliche Bereiche der Bäume, weil sie sich auf unterschiedlich dicke Borke spezialisiert haben. Der kleinere Kupferstecher bevorzugt dünnere Borke, die er grundsätzlich in jungem Holz und bei älteren Bäumen in höheren Bereichen des Stammes vorfindet.

Der größere und anscheinend auch kräftigere Buchdrucker bevorzugt Bereiche dickerer Borke im unteren Stammbereich älterer Bäume oder dickerer Stämme. Der Buchdrucker hat mit April–September eine längere Hauptflugzeit und setzt mehr Generationen mit größerer Reproduktionsfähigkeit als der Kupferstecher. Die Überwinterung findet an unterschiedlichen Orten statt.

Der Operator „vergleichen“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.	
Anforderungsbereich II	20%
Anforderungsbereich III	10%

Quellenangaben

http://www.forsten.sachsen.de/de/wu/organisation/obere_behoerden/landesforstpraesidium/graupa/waldundumwelt/waldschutz/borkenkaefer/ (Zugriff am 21.4.2010)
<http://bfw.ac.at/400/2140.html> (Zugriff am 21.4.2010)
<http://www.hessen-forst.de> (Zugriff am 21.4.2010)
http://inetsrv.vulhm.cz/publikace/periodika/VZ_1998/Kapitola_52_eng.htm (Zugriff am 21.4.2010)
www.forsten.sachsen.de/.../landesforstpraesidium/graupa/waldundumwelt/wse/pdf/wzb2004_borkenkaefer.pdf (Zugriff am 21.4.2010)
http://www.waldwissen.net/themen/waldschutz/insekten/fva_insektizideinsatz_DE (Zugriff am 21.4.2010)
http://www.palaeowerkstatt.de/pic_berichte/86-2_Buchdruckerfrassdetail_0326_thumb.jpg (Zugriff 20.4.2010)
 WWF-Broschüre: Borkenkäfer: Mini-Nager mit großer Wirkung, 2004

4.1.3 Evolution und Zukunftsfragen: Stechmücken

In Mitteleuropa treten etwa 100 Stechmückenarten auf, die zur Familie der Culicidae gezählt werden. Das charakteristische Merkmal der Culicidae ist der lange Stechrüssel. Bei den Männchen dient er nur zur Aufnahme von Pflanzensäften und Wasser. Die Weibchen hingegen sind Blutsauger. Wirte sind überwiegend Warmblüter (Säuger, Vögel), je nach Art allerdings auch Amphibien und Reptilien. Die Jugendentwicklung der Stechmücken erfolgt im Wasser. Die Eier werden von den Weibchen im Wasser abgelegt. Dort schlüpfen auch die durchsichtigen Larven, die bis zur Verpuppung im Wasser verbleiben. Nach wenigen Tagen der Puppenruhe schlüpfen daraus geschlechtsreife Mücken, die das Wasser als flugfähige Insekten verlassen.

Die Abbildungen zeigen drei Larven (1), die Puppe (2) und die Imago (also das erwachsene Tier) (3).



Abb.: 1



Abb.: 2

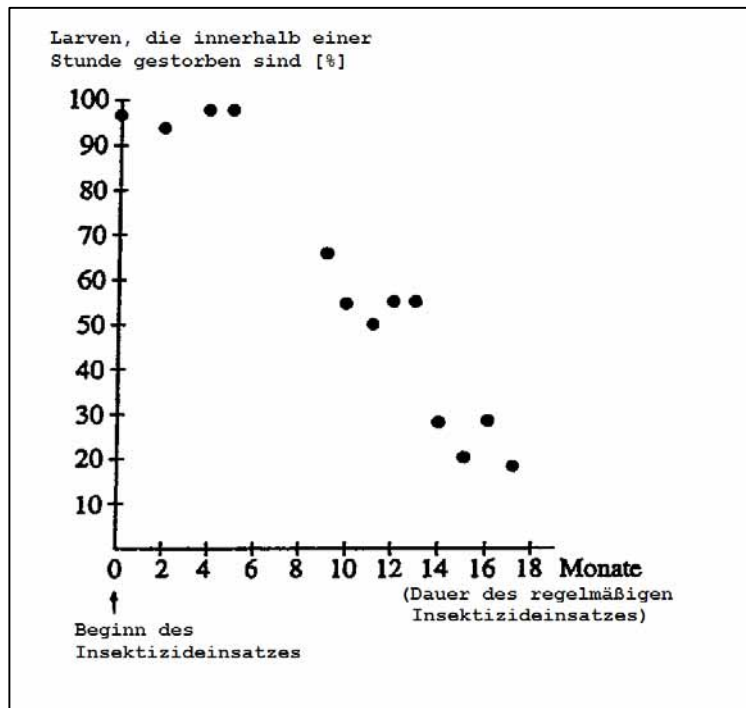


Abb.: 3

Material 1

Insektizideinsatz gegen Stechmückenlarven

Jeder Punkt in der Grafik repräsentiert das Ergebnis eines Insektizideinsatzes.



Zur Bekämpfung von Stechmücken wurden bisher verschiedene Insektizide verwendet. Wird ein bestimmtes Insektizid über einen längeren Zeitraum (ein Jahr bis mehrere Jahre) in einer Region eingesetzt, so stellt man eine Veränderung in seiner Wirksamkeit fest.

Die Grafik zeigt die Ergebnisse eines Experiments, bei dem die Wirkung einer Standarddosis des Insektizids DDT auf Stechmückenlarven nach wiederholtem Einsatz des Insektizids untersucht wurde. Ähnliche Beobachtungen machte man auch, wenn andere Insektizide, z. B. organische Phosphorverbindungen, verwendet wurden.

Material 2

Sterblichkeit der Larven von zwei Populationen einer Mückenart

Die Wirksamkeit eines Insektizids ist nicht bei allen Individuen einer Art gleich. So stellte man beim Einsatz eines phosphororganischen Insektizids zur Bekämpfung der Stechmücke *Culex quinquefasciatus* Folgendes fest: Bei der Insektizidkonzentration von 1ppb (parts per billion) betrug die Sterblichkeit der Mückenlarven bei der Population X etwa 50%. Bei der gleichen Konzentration überlebten aber alle Individuen der Population Y. Die Sterblichkeit stieg bei der Population Y erst bei einer Konzentration von 200ppb spürbar an.

Stechmücken der hier untersuchten Art produzieren in den Zellen ihres Verdauungskanals Enzyme, die phosphororganische Insektizide abbauen. Dabei stellte man fest, dass die Larven der Population Y im Verdauungskanal eine 250fach höhere Konzentration der Enzyme enthalten als Larven der Population X.

Das Gen, welches das entscheidende Enzym codiert, konnte isoliert und die Basensequenz bestimmt werden. Die Stechmücken der Population X besitzen auf einem Chromosomenpaar zwei identische Allele dieses Gens; die Stechmücken der Population Y besitzen auf jedem der beiden Chromosomen bis zu 250 unmittelbar aufeinander folgende Kopien dieser Basensequenz. In einer Umgebung ohne Insektizide haben die Mücken der Population X im Durchschnitt mehr Nachkommen. Bei andauernd hoher Insektizidkonzentration findet man fast ausschließlich Mücken der Population Y.

Aufgaben

- a) Beschreiben Sie die in Material 1 dargestellten Auswirkungen des Insektizideinsatzes auf die Stechmückenlarven. (25%)
- b) Benennen Sie drei Grundprinzipien der Evolutionstheorie von Darwin und wenden Sie diese auf das in Material 1 dargestellte Beispiel der Stechmücken an. (30%)
- c) Erläutern Sie die unterschiedliche Empfindlichkeit der in Material 2 beschriebenen Populationen X und Y gegenüber Insektiziden. (25%)
- d) Untersuchen Sie anhand der Materialien, ob aufgrund des Insektizideinsatzes eine neue Mückenart entstehen kann. (20%)

Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für die Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten.

a) Es wird erwartet, dass die Prüflinge die etwas schwankenden Ergebnisse der einzelnen Anwendungen generalisierend zusammenfassen. In den ersten Monaten ist die Wirksamkeit des Insektizids außerordentlich hoch, mehr als 90% der Mückenlarven werden innerhalb einer Stunde getötet. Nach ungefähr einem Jahr sinkt die Wirksamkeit auf Werte um 50% deutlich ab. Nach eineinhalb Jahren ist die Wirksamkeit recht gering, es werden nur etwa 25% der Larven getötet.

Der Operator „beschreiben“ weist auf die Anforderungsbereiche I-II hin.

Anforderungsbereich I **15%**

Anforderungsbereich II **10%**

b) Die Grundprinzipien von Darwins Theorie sind: Überproduktion von Nachkommen, Variabilität der Arten und die Selektion (das Überleben der am besten angepassten Individuen). Es wird erwartet, dass die Prüflinge diese Prinzipien sinngemäß benennen, andere Formulierungen sind hierbei durchaus zu akzeptieren. Bei der Anwendung auf das Aufgabenbeispiel könnte folgendermaßen argumentiert werden: Zunächst werden wesentlich mehr Mückenlarven produziert als später als Imagines zur Fortpflanzung kommen. Nicht alle Larven besitzen die gleichen Eigenschaften, einige wenige überleben den Insektizideinsatz. Diese kommen als geschlechtsreife Mücken zur Fortpflanzung. Unter deren Nachkommen gibt es erneut Variabilität, aber der Anteil der giftresistenten Larven ist deutlich erhöht. Diese Entwicklung setzt sich fort und führt zur deutlichen Verringerung der Giftwirkung auf die Mücken.

Der Operator „benennen“ weist auf den Anforderungsbereich I hin.

Anforderungsbereich I **15%**

Der Operator „anwenden“ entspricht dem Anforderungsbereich II.

Anforderungsbereich II **15%**

c) Es wird erwartet, dass die Prüflinge die unterschiedliche Empfindlichkeit der beiden Populationen auf genetische Unterschiede zurückführen können. Die Larven besitzen ein Gen für die Bildung eines Enzyms, mit dessen Hilfe das Insektizid, das in den Verdauungskanal gelangt, unwirksam gemacht werden kann. Nach der Bauanleitung dieses Gens wird an den Ribosomen der Darmkanalzellen das Enzym aus Aminosäuren zusammengebaut. Die Population Y besitzt dieses Gen 250-mal kopiert, damit kann jedes Individuum dieser Population 250-mal so viel entsprechende Enzyme bilden und besitzt eine viel größere Resistenz gegen das Insektizid, da es viel mehr Gift abbauen kann.

Der Operator „erläutern“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Ein komplexer biologischer Sachverhalt muss verständlich veranschaulicht werden, dies entspricht dem Anforderungsbereich II.

Anforderungsbereich II

25%

d) Das Material gibt Hinweise darauf, dass sich die Allelfrequenz der Mückenpopulation als Folge der Insektizidanwendung verändert hat. Um zu klären, ob hier eine neue Art entsteht, ist es vorteilhaft, wenn die Prüflinge den Begriff „Art“ zunächst definieren. Nach dem Konzept der Biospezies ist nicht ein phänotypisches Merkmal, sondern die potenzielle Fortpflanzungsfähigkeit der Individuen ausschlaggebend. Der Text gibt keine Hinweise darauf, dass die unterschiedliche Anzahl der kopierten Basenfolgen die Fortpflanzung zweier Individuen verhindert. Es wird erwartet, dass die Prüflinge die Möglichkeit der Entstehung einer neuen Art mit dem Evolutionsfaktor Isolation in Zusammenhang bringen.

Der Operator „untersuchen“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III.

Es ist eine eigenständige Untersuchung gefordert, dies entspricht dem Anforderungsbereich III.

Anforderungsbereich III

20%

Quellenangaben

Mangold, M. (1994): Resistenz von Stechmücken gegen Insektizide. In: *Unterrichts-Materialien Biologie*, Stark Verlag, Freising

http://www.anju.de/cgi-bin/_frimg.pl?tuempel=640 (Zugriff am 21.4.2010)

4.2 Aufgabenbeispiele auf erweitertem Anforderungsniveau

4.2.1 Molekulargenetik und Gentechnik: Rauchen und Krebs

Die Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung informiert:

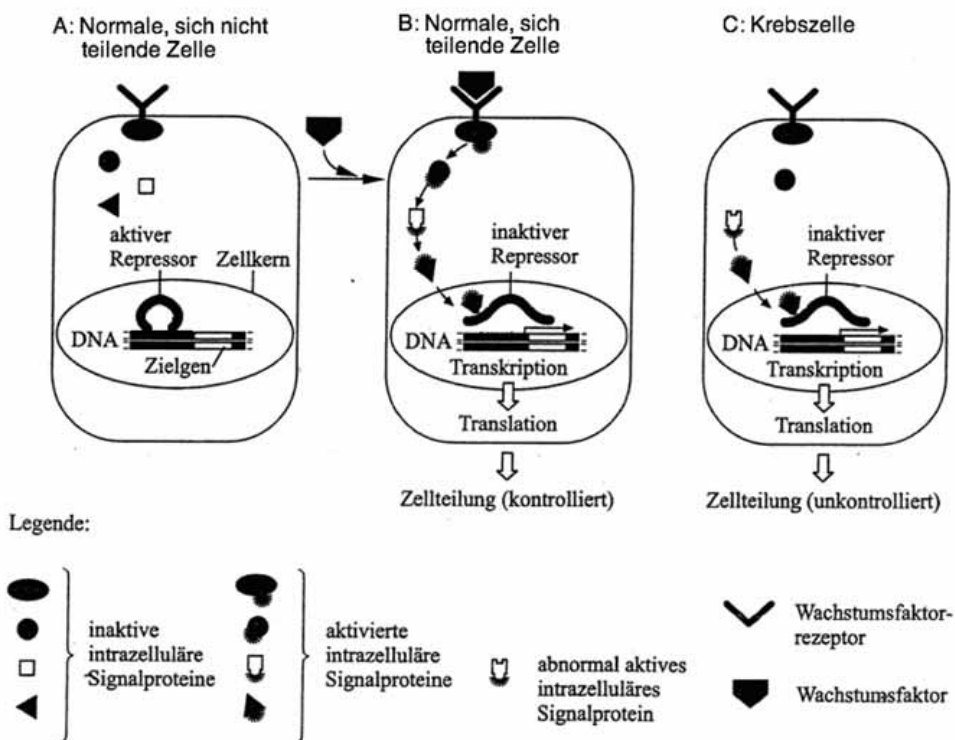
In Deutschland sterben jährlich 110.000 bis 140.000 Menschen an den Folgen ihres Tabakkonsums. Im Tabakrauch sind rund 40 krebserregende Substanzen enthalten, unter anderem Nitrosamine, die nachweislich die DNA verändern.



Abb. 1: Warnhinweis

Material 1

Durch das Rauchen ausgelöste Mutationen können dazu führen, dass Zellen sich unkontrolliert teilen, also zu Krebszellen werden. Abbildung 2 zeigt schematisch Stoffwechselforgänge, die zu kontrollierter oder zu unkontrollierter Zellteilung führen.



Zielgen: Gen für ein Protein, das an der Einleitung der Zellteilung mitwirkt

Abb. 2: Stoffwechselforgänge in Zellen

Material 2

Eukaryotische, chromosomale DNA-Moleküle haben an ihren Enden besondere Nukleotid-Sequenzen, die man Telomere nennt. Telomere bestehen aus kurzen, sich wiederholenden Nukleotid-Sequenzen, die keine Information enthalten. Diese Wiederholungen, deren Zahl zwischen 100 und 1.000 schwankt, sind Erkennungssequenzen für eine vollständige Replikation eines DNA-Moleküls vor einer Mitose.

Bei der Replikation wird jeweils die äußere Telomerasequenz nicht repliziert, so dass die Telomere mit jeder darauf folgenden Zellteilung kürzer werden. Wenn alle Einheiten verbraucht sind, geht bei jeder nachfolgenden Teilung wesentliche Erbinformation verloren. Oft tritt dann der programmierte Zelltod oder ein Wachstumsstopp ein. Bestimmte Zellen jedoch, z. B. Zellen der Keimbahn in den Hoden und in den Eierstöcken, Stammzellen (z. B. Knochenmarkstammzellen), Immunzellen oder Krebszellen enthalten das Enzym Telomerase, das der Verkürzung der Telomere entgegenwirkt, indem es die Telomere verlängert.

Aufgaben

- Beschreiben und skizzieren Sie den Aufbau der DNA. (25%)
- Erläutern Sie anhand der Abbildung 2A und 2B die Regulation der Zellteilung in normalen Zellen. (30%)
- Erklären Sie die in Abbildung 2C dargestellte unkontrollierte Zellteilung. (25%)
- Prüfen Sie unter Berücksichtigung von Material 2 den Einsatz eines Telomerase-Hemmstoffs als Medikament in der Krebstherapie. (20%)

Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für die Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten.

- Das DNA-Molekül besteht aus zwei komplementären antiparallelen Nukleinsäure-Einzelsträngen, die zu einer Doppelhelix verdreht sind. Die Bausteine der Einzelstränge sind die Nukleotide. Jedes Nukleotid besteht aus einem Zuckermolekül (Desoxyribose), einem Phosphorsäurerest und einer von vier organischen Basen (A, T, G oder C). Die Einzelstränge werden über Wasserstoffbrücken zwischen den komplementären Basenpaaren (A-T) und (G-C) zusammengehalten. Zucker und Phosphat bilden die „Holme der Strickleiter“, während sich die Basen über Wasserstoffbrücken komplementär paaren und so die „Sprossen der Strickleiter“ bilden. (Chemische Details wie Purin- und Pyrimidinbasen oder die Anzahl der Wasserstoffbrücken sind nicht erforderlich; in der Skizze ist das Symbol „Z“ für Zucker und „P“ für Phosphat ausreichend.)

Die Operatoren „beschreiben“ und „skizzieren“ weisen auf die Anforderungsbereiche I-II hin.

Da die Wiedergabe eines bekannten Sachverhalts erforderlich ist, ist die Lösung dem Anforderungsbereich I zuzuordnen.

Anforderungsbereich I

25%

- Abb. 2A: In einer normalen, ruhenden Zelle sind alle intrazellulären Signalproteine inaktiv. Nur das Repressormolekül ist aktiv und ist fest an die DNA gebunden. Dadurch ist die Transkription gehemmt, Translation und Zellteilung unterbleiben.

Abb. 2B: Wirkt auf eine normale Zelle ein Wachstumsfaktor ein, so bindet er an einen spezifischen Rezeptor in der Zellmembran. Dies löst in der Zelle mit Hilfe von aktivierten intrazellulären Signalproteinen eine Signalkaskade aus, an deren Ende ein Signalstoff in den Zellkern eindringt und den Repressor inaktiviert. Dadurch ändert sich die Raumstruktur des Repressors. Jetzt kann die Transkription des Zielgens starten. Das Produkt der Translation ermöglicht nachfolgend die Zellteilung.

Der Operator „erläutern“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Bildinformationen sollen in einen fachsprachlich stimmigen Text umgewandelt werden, dies entspricht dem Anforderungsbereich II.

Anforderungsbereich II

30%

c) Abb. 2C: Die Mutation bewirkt, dass ein intrazelluläres Signalprotein auch ohne Aktivierung durch das ihm vorgeschaltete Signalprotein aktiv ist. Die Folge ist, dass auch ohne Wachstumsfaktor, also ohne Signal von außen, der Repressor inaktiviert wird. Transkription und Translation des Zielproteins werden dauerhaft initiiert, was zur unkontrollierten Zellteilung führt.

Der Operator „erklären“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Da es sich um die Anwendung von Kenntnissen aus dem Unterricht handelt, entspricht die Lösung dem Anforderungsbereich II.

Anforderungsbereich II

25%

d) Da sich Krebszellen häufig teilen, wäre der Telomerase-Hemmstoff ein gutes Medikament, weil die Krebszellen bereits nach einigen Teilungen durch Verlust von wesentlichem Erbgut absterben oder zumindest ihre Teilungsaktivität einstellen würden. Da jedoch auch andere teilungsaktive Zellen, z. B. Stammzellen und Immunzellen durch das Medikament beeinflusst würden, wären schwere Nebenwirkungen (bei der Blutbildung, im Immunsystem etc.) zu erwarten.

Der Operator „prüfen“ weist auf den Anforderungsbereich III hin.

Anforderungsbereich III

20%

Quellenangaben

Baron, D. et al. (2004): Grüne Reihe, Genetik: Materialien SII, Bildungshaus Schulbuchverlage, Braunschweig
Lingg, W. (2003): Abitur 2008, Biologie Gymnasium Baden-Württemberg, Stark Verlag, Freising
<http://www.irgendwann-nichtraucher.de/0330d499800e1fd06/index.html> (Zugriff am 21.4.2010)

4.2.2 Ökologie und Nachhaltigkeit: Nakuru-See

Der Nakuru-See in Kenia gehört zum Ostafrikanischen Grabenbruch, dem Rift Valley. Der See wird als eines der Naturwunder der Erde betrachtet und ist weltweit für seine Flamingos bekannt, von denen zwei Arten, Zwergflamingo und Rosaflamingo, hier vorkommen. Zeitweise leben bis zu zwei Millionen dieser Vögel am See.

Bereits 1961 erklärte man die südlichen zwei Drittel des Sees zu einem Vogelschutzgebiet für Flamingos, und 1967 wurde er der erste Nationalpark in Afrika, der dem Vogelschutz dient.



Abb. 1: Flamingos im Nakuru-See

Material 1

Informationen über den Nakuru-See und seine Lebensgemeinschaft

Der Nakuru-See hat eine Größe von über 40 km², keinerlei Abflüsse und lediglich drei Zuflüsse, die außerdem nur zeitweise Wasser führen. Der Wasserpegel schwankt (1 bis 4 m) u. a. durch verschiedene Verdunstungsra-ten. Die durchschnittliche Wassertiefe beträgt 2,5 m. Auch die Wassertemperaturen schwanken im Jahresver-lauf nicht unerheblich, der durchschnittliche Wert liegt bei 21°C. Dennoch ist im Nakuru-See Sauerstoffmangel relativ selten, da starke Winde für eine Durchmischung des Wasserkörpers sorgen. Ein besonderes Kennzei-chen des Nakuru-Sees ist sein hoher Soda-Gehalt (Natriumcarbonat, Na₂CO₃). Aufgrund der alkalischen Reak-tion des Natriumcarbonats zeichnet sich das Wasser des Sees durch einen hohen pH-Wert von 10,5 aus.

Die Biomasse-Produktion ist mit 200 g/m³ vergleichsweise sehr hoch. 98% der Biomasse entfällt auf die Blau-alge *Spirulina platensis*. Das starke Blaualgenwachstum bedingt zeitweise nur geringe Sichttiefen um 10 cm. Mitteleuropäische Seen weisen wesentlich geringere Produktivitätswerte auf.

Organismen des Nakuru-Sees mit trophischen Angaben:

- *Spirulina platensis* (eine Blaualge), 98% der Biomasse
- *Lovenula africana* (ein Ruderfußkrebs), ernährt sich von Blaualgen
- zwei Arten von Mückenlarven (Gattung Chironomus), ernähren sich von Blaualgen
- eine Art Rädertierchen (Gattung Brachionus), ernährt sich von Blaualgen
- *Tilapia grahami* (eine Buntbarsch-Art, einziger Fisch), ernährt sich von Blaualgen und Zooplankton
- *Phoenicopterus minor* (Zwergflamingo), ernährt sich überwiegend von *Spirulina platensis*
- *Phoenicopterus ruber* (Rosaflamingo), ernährt sich überwiegend von Zooplankton
- Pelikane und Kormorane (Wasservögel), ernähren sich von Fischen
- Marabustörche und Schreiseeadler, ernähren sich von Aas und Fischen

Die Buntbarsch-Art wurde durch den Menschen 1960 gezielt zur Moskitobekämpfung in den See eingesetzt. Inzwischen haben sich die Buntbarsche (*Tilapia grahami*) in Zahl und Größe so vermehrt, dass sie nun wieder-um viele fischfressende Vögel angezogen haben. Die Buntbarsche halten sich vorzugsweise an der Einmün-dung der Zuflüsse auf. Nach starken Regenfällen findet man sie allerdings auch in der Mitte des Sees.

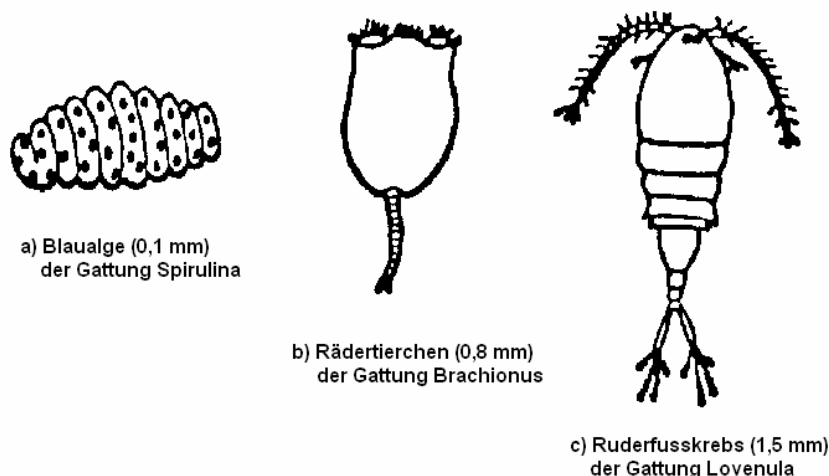


Abb. 2: Schematische Darstellung dreier ausgewählter Plankton-Organismen des Nakuru-Sees

Material 2

Auszüge aus dem Artikel „Die Flucht der Flamingos“

Ein Naturspektakel verschwindet: Der für seine Vogelwelt berühmte Nakuru-See wird zur Wüste.

Der rosafarbene Vogel-Blizzard über dem Nakuru-See war noch vor knapp zwei Jahren ein alltägliches Spektakel. Millionen von Flamingos wirbelten alle paar Stunden in dichten Wolken über das 47 Quadratkilometer große Gewässer hinweg, schraubten sich kreischend in den blauen kenianischen Himmel und landeten dann wieder in dem seichten Wasser.

Etwa 200.000 Touristen machten jedes Jahr in der Stadt Nakuru Halt, um Zeuge der Flamingo-Show zu werden. (Anm.: Das Stadtzentrum liegt ca. 4 km vom nördlichen Rand des Nakuru-Sees entfernt.) Doch mit dem Naturschauspiel, das dem Hollywood-Schinken „Jenseits von Afrika“ als malerische Kulisse diente, scheint es vorbei zu sein: Der See ist zu einem jämmerlichen Rinnsal in einer großen braunen Schlammwüste zusammen geschrumpft, und von den einstmals rund zwei Millionen eleganten Vögeln sind nur noch etwa 10.000 übrig. Keiner kennt die genauen Ursachen des Desasters; doch vermutlich ist das zerstörte ökologische Gleichgewicht schuld. (...)

Etwa 25 verschiedene Industrien verpesteten Luft, Boden und Wasser, und die Kanalisation der Stadt endete jahrelang nicht im Klärwerk, sondern im See (...). Umweltschmutz ist aber offenbar nicht der einzige Grund für die Flamingo-Flucht. Denn schon seit Urzeiten trocknet der See alle 20 bis 30 Jahre aus, das Massai-Wort Nakuru bedeutet denn auch „staubiger Ort“. Seit allerdings Trinkwasserbrunnen für die neue Großstadt gebohrt wurden, häufen sich die Dürreperioden. (...)

Einige Experten glauben, dass die Vögel den See verließen, weil die Menschen zuviel Dreck von einer Sorte, aber zuwenig von der anderen einleiteten: Einerseits dezimierten die Schwermetalle und Pestizide im Wasser Krebse, Insektenlarven und Weichtiere, die die Flamingos mit ihren geknickten Schnäbeln aus dem Wasser filtern; andererseits sank nach dem Bau einer Kläranlage nicht nur der Zustrom von Fäkalien, sondern auch die Algendichte. (...)

Material 3

Dürreperioden am Nakuru-See



Abb. 3: Jahre des Auftretens von Dürreperioden am Nakuru-See

Aufgaben

- a) Stellen Sie unter Berücksichtigung der in Material 1 gegebenen Informationen zum Nakuru-See die Komponenten eines Ökosystems da. (30%)
- b) Entwickeln Sie mit Bezug zu den Materialien eine Hypothese hinsichtlich der Ursachen des Abwanderns der Flamingos am Nakuru-See. (35%)
- c) Ende der 90er Jahre des letzten Jahrhunderts kam es zu einem Massensterben der Flamingos. Erklären Sie, inwiefern der Nakuru-See durch das Massensterben einer Art stärker gefährdet ist als ein einheimischer See. (35%)

Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für die Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten.

a) Ein Ökosystem ist die funktionelle Einheit aus Biotop und Biozönose.

Zu den abiotischen Faktoren zählen:

- hoher pH-Wert (10,5), Sodagehalt des Wassers
- Sauerstoffgehalt des Wassers (zeitweise niedriger)
- starke Winde (Durchmischung des Wasserkörpers)
- durchschnittliche Wassertemperatur 21°C
- zeitweise geringe Sichttiefe, 10 cm (aufgrund starken Algenwachstums)
- Wassertiefe 1 bis 4 m, zeitweise Dürreperioden (Austrocknung)
- kein Abfluss, drei Zuflüsse
- Einleitung industrieller Abwässer

Die aufgelisteten Organismen zählen zu den biotischen Faktoren und sind folgenden Trophiestufen zuzuordnen:

Produzenten

- Blaualgen der Gattung Spirulina

Konsumenten 1. Ordnung

- Ruderfußkrebse, Mückenlarven, Rädertierchen, Zwergflamingo

Konsumenten 2. Ordnung

- Buntbarsch, Rosaflamingo

Konsumenten 3. Ordnung

- Pelikane, Kormorane (fressen Fisch)
- Marabustörche und Schreiseeadler (Aasfresser)

Ein Hinweis auf die für ein Ökosystem unverzichtbaren Destruenten wäre in diesem Zusammenhang hilfreich. Da diese aber im Material nicht erwähnt werden, ist deren Nennung nicht zwingend.

Der Operator „darstellen“ weist auf die Anforderungsbereiche I-II hin.

Da die geforderte Lösung eine ausführliche Reproduktion darstellt, entspricht sie dem Anforderungsbereich I.

Anforderungsbereich I

30%

b) Die Abwanderung der Flamingos ist vor allem die Folge einer zunehmenden Nahrungsverknappung, die ihrerseits auf drei Ursachen zurückzuführen ist:

- Aufgrund der Ansiedlung von Industrie infolge der zunehmenden Bevölkerung in der dem See nahe gelegenen Stadt Nakuru wurden zunächst immer mehr ungeklärte industrielle Abwässer in den See eingeleitet. Das führte dazu, dass z. B. Krebse und Insektenlarven durch Schwermetalle und Pestizide vergiftet wurden und folglich in deutlich geringerer Menge den Flamingos (v. a. den Rosaflamingos) als Nahrung zur Verfügung standen.

- Gleichzeitig kam es durch die ungeklärten Abwässer zu einer Eutrophierung des Sees, die ein verstärktes Blaualgenwachstum bewirkte. Insgesamt blieb diese Eutrophierung aber ohne negative Folgen, da v. a. die Zwergflamingos dieses Blaualgenwachstum begrenzten. Nach dem Bau der Kläranlage nahm dann aber die Nährsalzversorgung des Sees drastisch ab. Wahrscheinlich kam es zu einer Überweidung der jetzt nur noch schlecht wachsenden Blaualgenpopulation durch die Zwergflamingos und eventuell auch durch andere Glieder des Nahrungsnetzes.
- Die Buntbarsche (*Tilapia grahami*) können als zunehmende Nahrungskonkurrenten, v. a. des Rosaflamingos, in Betracht gezogen werden. Eventuell treten auch andere Vogelarten als Konkurrenten, z. B. um Brutplätze, in Erscheinung.
- Wegen des sich häufenden Auftretens von Dürreperioden, die ihre Ursache in der Bohrung von Trinkwasserbrunnen und der damit einhergehenden Absenkung des Grundwasserspiegels haben, kam es wiederholt zu einer deutlichen Verknappung an Lebensraum für die Wasser bewohnenden Organismen. Auch das führte zu einer Reduzierung der Nahrungsmenge für die Flamingos.

Der Operator „entwickeln“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Hier ist eine stichhaltige Analyse der relevanten Materialien notwendig. Da die zu berücksichtigenden Aspekte aber recht eindeutig sind, ist die geforderte Lösung dem Anforderungsbereich II zuzuordnen.

Anforderungsbereich II

35%

c) Beim Nakuru-See handelt es sich mit seinen besonderen Kennzeichen um ein empfindliches Extrembiotop, das zudem an der geringen Artenzahl bei sehr hoher Individuendichte zu erkennen ist. Extrembiotope reagieren auf Veränderungen sehr empfindlich, da es sich bei fast allen Pflanzen und Tieren um ausgesprochene Spezialisten handelt, die eine geringe ökologische Toleranz gegenüber der Veränderung von Umweltfaktoren aufweisen.

Das Massensterben der Flamingos führt zu einem (erneut) starken Algenwachstum. Viele Algen würden, ohne gefressen zu werden, absterben. Die großen Mengen anfallenden organischen Materials durch abgestorbene Organismen könnten nicht in ausreichender Form abgebaut werden. Da Abflüsse fehlen, können diese auch nicht abtransportiert werden. Problematisch sind auch die insgesamt recht hohen Wassertemperaturen, welche die Fäulnisbildung begünstigen bzw. zu einem zunehmenden O₂-Mangel führen. Ein „Umkippen“ des Nakuru-Sees ist unter diesen Umständen wahrscheinlicher als es bei einem einheimischen See der Fall wäre.

Der Operator „erklären“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Anforderungsbereich II

15%

Anforderungsbereich III

20%

Quellenangaben

Beisenherz, W. (1980): Der Nakuru-See – ein limnisches Modell mit übergreifenden Aspekten. In: MNU, Verlag Klaus Seeberger, Neuss

Jannan, M. (2000): Die Flucht der Flamingos. In: Unterrichts-Materialien Biologie, Stark Verlag, Freising

Schuster, G. (1996): Die Flucht der Flamingos. In: STERN Nr.33, Gruner & Jahr, Hamburg

www.blutke.de/afrika01.html (Zugriff am 21.4.2010)

4.2.3 Evolution und Zukunftsfragen: Bartenwale

Die Wale gehören zur Klasse der Säugetiere und bilden innerhalb dieser eine eigenständige Ordnung (Cetacea). Neben den Seekühen sind sie die einzigen Säugetiere, die ihr gesamtes Leben im Wasser verbringen. Die rezenten (heute existierenden) Wale gliedern sich in zwei Unterordnungen: die Zahnwale und die Bartenwale. Zu den Zahnwalen zählen u. a. die Delphine, der Orka und der Pottwal. Zu den Bartenwalen zählen u. a. der Blauwal, der Buckelwal und der Grauwal.



Abb.1: Springender Buckelwal

Material 1 Bartenwale

Die Bartenwale sind große bis riesige Tiere. Der Blauwal ist mit einem Gewicht von 130 bis 150 t (das entspricht in etwa dem Gewicht von 33 Elefanten) das größte Lebewesen, das es je gegeben hat. Typische Kennzeichen aller Bartenwale sind ihr mächtiger Kopf mit einer geräumigen Mundhöhle und der Besitz von Barten anstelle von Zähnen. Barten sind lange, biegsame, an der Innenkante ausgefranste Hornplatten, die auf beiden Seiten des Riesenmauls dicht an dicht vom Gaumendach herunterhängen. Im Gegensatz zu Zähnen, die direkt in den Kieferknochen eingebettet sind und aus Dentin bestehen, sitzen die Barten nicht unmittelbar dem Kieferknochen auf. Die Barten bilden einen effektiven Filterapparat, mit dem die Tiere Zooplankton gelegentlich auch kleinere Schwarmfische aus dem Meerwasser herausziehen. Zu diesem Zweck schwimmt z. B. der Grönlandwal gemächlich mit geöffnetem Maul durch die Zooplankton-Schwärme. Das einströmende Wasser fließt seitlich durch die Barten ab, wobei die Nahrung an den Barten „kleben“ bleibt und anschließend mit der Zunge gelöst und verschluckt wird.

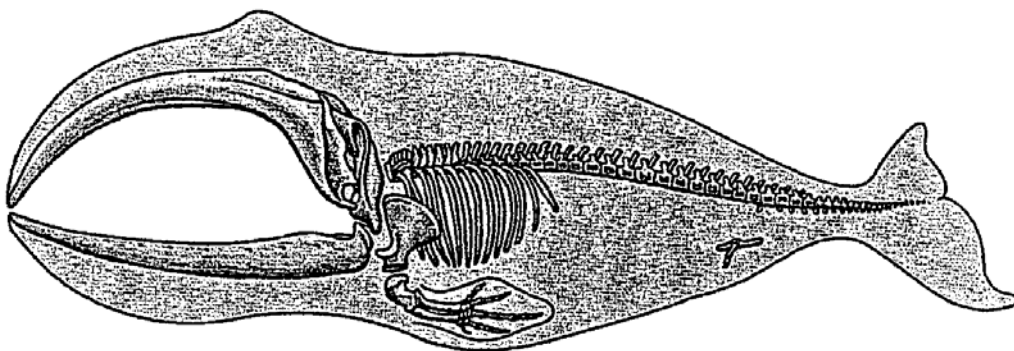


Abb. 2: Skelett und Umriss eines Bartenwals (mit Resten von Beckengürtel und Hinterextremitäten)

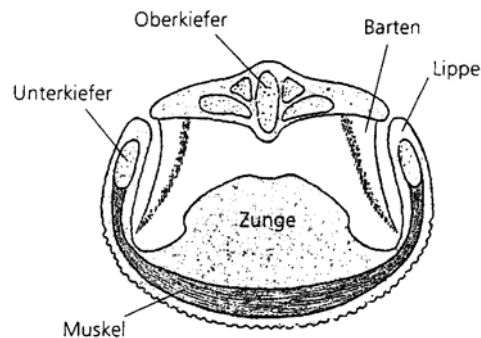


Abb. 3: Mundhöhle eines Bartenwals (im Querschnitt)

Material 2 Evolution der Wale

Gegen Ende der Kreidezeit vor 65 Millionen Jahren, zur Zeit des großen Sauriersterbens, dem u. a. auch die Fische und andere wasserlebende Saurierarten zum Opfer fielen, waren die Vorfahren der Wale noch kleine, vierbeinige, auf dem Land lebende Urhuftiere. Die Entstehung der Wale begann vor rund 50 Millionen Jahren. Die frühesten Ahnen der Wale besiedelten zunächst Sümpfe und die flachen Küstenstreifen. Ihre ursprüngliche Nahrung dürfte vor allem aus Muscheln, Schnecken und trägeren Fischen im Süß- und Brackwasser (Gemisch aus Süß- und Salzwasser) bestanden haben. Später gewann die Eroberung des Meeres zur Nahrungsbeschaffung und schließlich als Lebensraum zunehmend an Bedeutung. Der Übergang zum Wasserleben war nach 10 Millionen Jahren vollzogen.

Fast 20 Millionen Jahre jünger sind fossile Fundstücke, die einen neuen Entwicklungsschub innerhalb der Wale dokumentieren, nämlich die Entstehung der Bartenwale. Wenn auch die frühen Formen noch keine Barten besaßen, so zeigten ihre Zähne aber schon gewisse Besonderheiten: Die Backenzähne standen weit auseinander, und jeder Zahn hatte eine Hauptspitze und mehrere Nebenspitzen. Auf diese Weise entstand eine Art Gitter, das bereits zum Herausfiltern von kleiner Nahrung geeignet war. Das gänzliche Fehlen von Zähnen bzw. der Besitz von Barten – diese sind selbst nicht fossil belegt – wird erst für deutlich jüngere Gattungen innerhalb der Linie der Bartenwale angenommen.

Material 3 Beispiele fossiler Vorfahren der rezenten Wale (in alphabetischer Reihenfolge)

Ambulocetus war rund 4 m lang und wog einige hundert Kilogramm. Sein vollständiger Name lautet *Ambulocetus natans* und bedeutet wörtlich übersetzt „Schwimmender Laufwal“. Seine Schwimmtechnik nahm eine Mittelstellung zwischen der von Landsäugetieren und der heutiger Wale ein: Landsäugetiere paddeln im Wasser in der Regel abwechselnd mit allen vier Beinen. *Ambulocetus* paddelte wohl nur noch mit den Hinterbeinen. Zusätzlichen Vortrieb konnten ihm wellenförmige Auf- und Abwärtsbewegungen des Rumpfes und des Schwanzes liefern. Die Vorderbeine hatten wahrscheinlich nur eine Steuerfunktion. Ein schneller und gewandter Schwimmer war *Ambulocetus* allerdings noch nicht. Er lebte an der Küste und fraß große Fische sowie aquatische Reptilien. In den Mündungsbereichen der Flüsse griff er vermutlich auch trinkende Landsäugetiere an.

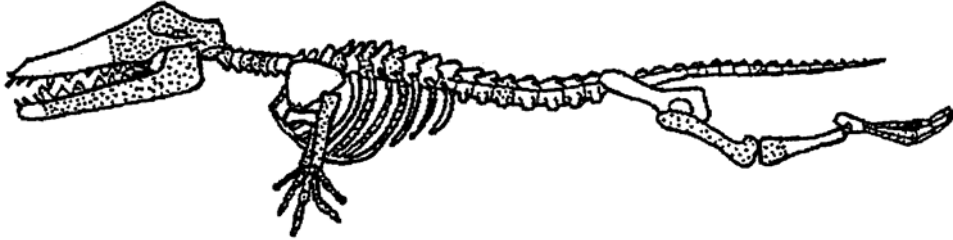


Abb. 4: Rekonstruktion des Skeletts von Ambulocetus (in Schwimmhaltung)

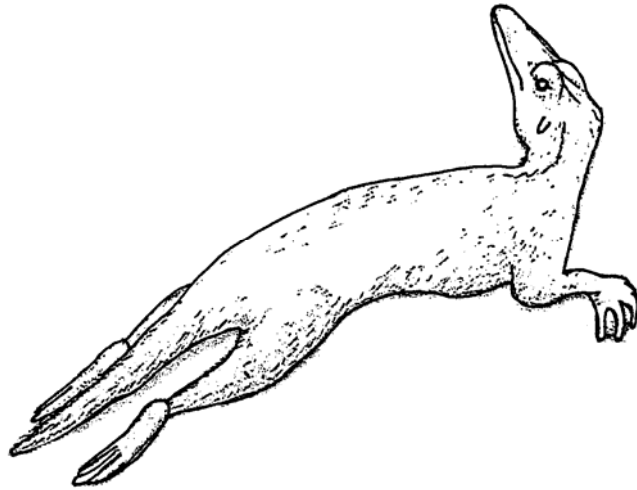


Abb. 5: Rekonstruktion des Erscheinungsbildes von Ambulocetus (schwimmend)

Basilosaurus lebte im Meer, hatte einen 1,5 m langen Schädel und wurde insgesamt bis zu 20 m lang. Er besaß komplette, aber winzige Hüften, ein mobiles Knie und einige Zehen.

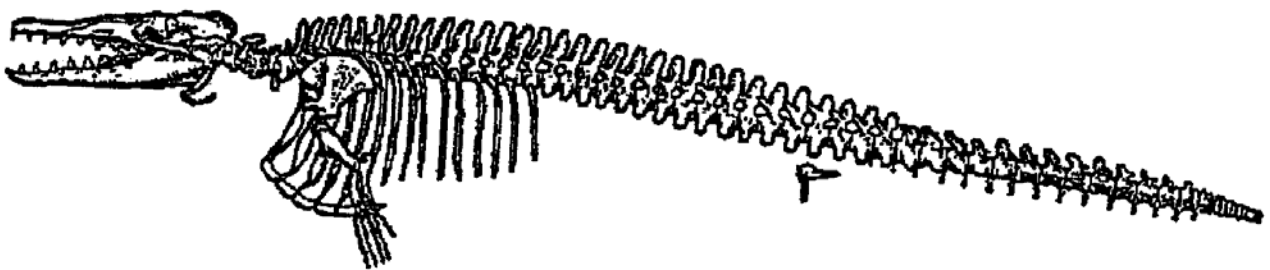


Abb. 6: Rekonstruktion des Skeletts von Basilosaurus

Pakicetus war ein wolfsgroßes Geschöpf, das meistens auf dem Land lebte und flache Gewässer wohl nur aufsuchte, um darin Fische zu fangen. Sein Schädel zeichnete sich durch eine nach vorn verlängerte Schnauze aus. Die Funde von Pakicetus stammen aus mündungsnahen Flussablagerungen.

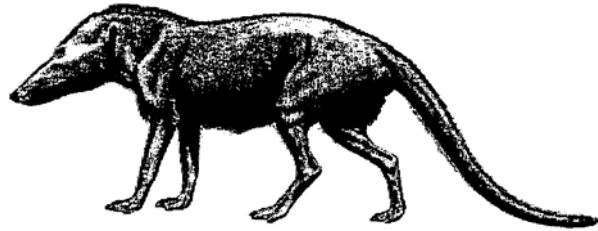


Abb. 7: Rekonstruktion des Erscheinungsbildes von Pakicetus

Rodhocetus war offensichtlich nicht stark küstengebunden; denn die Funde stammen auch aus tieferen Meeresbereichen. Er lebte weit mehr im Wasser als an Land. Unverschmolzene Kreuzbeinwirbel, die eine in diesem Bereich flexible Wirbelsäule gewährleisteten, ließen auf den Schwimmstil moderner Wale schließen. Hieraus folgerte man, obwohl die dafür notwendigen Knochen des Fundes fehlten, dass Rodhocetus eine breite Schwanzflosse trug sowie stark verkürzte Hinterbeine und umgeformte Vorderextremitäten besaß.

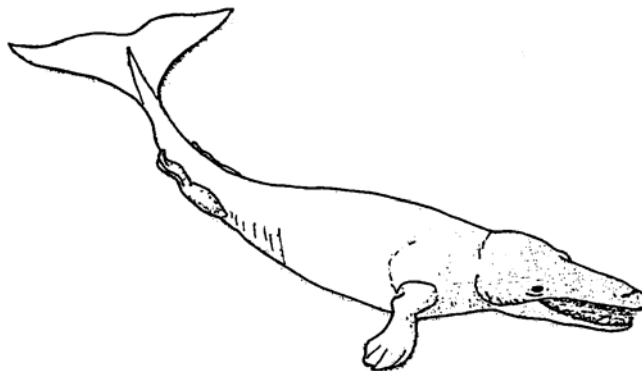


Abb. 8: Rekonstruktion des Erscheinungsbildes von Rodhocetus (schwimmend)

Aufgaben

- Beschreiben Sie die Grundlagen der Radiocarbon-Methode und untersuchen Sie mit Hilfe von Material 2 und 3 die Anwendbarkeit dieser Methode zur Datierung der vorgestellten fossilen Walfunde. (20%)
- Untersuchen Sie die Materialien auf evolutive Trends der Wale und ordnen Sie die in Material 3 vorgestellten Vorfahren chronologisch hinsichtlich ihres Auftretens ein. (40%)
- Entwickeln Sie eine Hypothese zur Rückbildung der Hinterextremitäten bei Walen mit Bezug auf Selektionstyp bzw. Selektionsform. (15%)

- d) Geben Sie Namen und Inhalt der drei Homologie-Kriterien an und prüfen Sie anhand dieser Kriterien, ob Barten und Zähne homologe Organe sind. (25%)

Erwartungshorizont

Der Erwartungshorizont versteht sich hinsichtlich des Inhalts als Anregung für die Bewertung. Andere sinnvolle Lösungen sind adäquat zu bewerten.

- a) Die Radiocarbon-Methode nutzt den Zerfall des radioaktiven ^{14}C -Isotops. Mit dem CO_2 der Atmosphäre gelangt es durch Fotosynthese in die Pflanzen und über die Nahrungskette in jedes Tier. Solange ein Lebewesen lebt, bleibt in ihm die Menge dieses ^{14}C -Isotops konstant und es lässt sich eine bestimmte Zerfallsrate (15,3 Atome des ^{14}C -Isotops pro Gramm lebender Materie und pro Minute) messen. Mit dem Tod des Lebewesens nimmt die Menge des ^{14}C -Isotops bzw. die Anzahl der pro Gramm lebender Materie und Minute zerfallender Atome des ^{14}C -Isotops ständig ab. Aus dem tatsächlich gemessenen Wert im Fossil lässt sich dann mit Hilfe der Halbwertszeit des ^{14}C -Isotops das absolute Alter des Fossils bestimmen. Aufgrund der geringen Halbwertszeit des ^{14}C -Isotops – sie beträgt nur 5740 Jahre – eignet sich die Radiocarbon-Methode nur zur Altersbestimmung relativ junger Fossilien (bis ca. 50.000 Jahre). Sie war demnach für die Datierung der bis zu 50 Millionen Jahre alten Walfossilien nicht geeignet.

Der Operator „beschreiben“ weist auf die Anforderungsbereiche I-II hin.

Da ein bekannter Sachverhalt wiedergegeben werden soll, ist die Lösung dem Anforderungsbereich I zuzuordnen.

Anforderungsbereich I

15%

Der Operator „untersuchen“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Da die anschließend geforderte Begründung aber sehr naheliegend ist, wird sie dem Anforderungsbereich II gerecht.

Anforderungsbereich II

5%

- b) Innerhalb der Evolution der Wale im Allgemeinen lassen sich folgende Entwicklungstendenzen ablesen: Allmähliches Vordringen aus den Flussmündungsbereichen (Süß- und Brackwasser) in das offene Meer (Salzwasser)

Anatomische Anpassungen an die Fortbewegung im Wasser:

- Entwicklung eines spindel- bzw. stromlinienförmigen Körpers
- Umbildung der Vorderextremitäten zu Flossen
- Rückbildung der Hinterextremitäten und des Beckens (nur noch als Rudiment im Körperinneren erhalten geblieben)
- Ausbildung einer horizontalen Schwanzflosse als Antriebsorgan
- Flexible untere Wirbelsäule bzw. nicht verwachsene Kreuzbeinwirbel als Voraussetzung für das Auf- und Abbewegen der Schwanzflosse

Anatomische Besonderheiten der Bartenwale infolge der Anpassung an eine neue Nahrungsquelle bzw. Ernährungsweise:

- Verlust der Zähne
- Ausbildung von Barten bzw. eines Filterapparates
- Vergrößerung des Schädels

Aufgrund der zuvor aufgelisteten Entwicklungstrends ist hinsichtlich des chronologischen Auftretens der fossilen Walahnen Pakicetus als erster zu berücksichtigen, da er noch am wenigsten an die Nahrungsbeschaffung aus dem Wasser angepasst war und die geringsten Ähnlichkeiten mit den späteren Walen aufwies. Lediglich seine verlängerte Schnauze ist entfernt walähnlich. Ihm folgt Ambulocetus, der sich bereits durch eine amphibische Lebensweise auszeichnete und hinsichtlich seiner Schwimmtechnik eine Mittelstellung zwischen Landsäugetieren und Walen einnahm. Als nächstes ist Rodhocetus aufzuführen, der mit seinen umgeformten Vorderextremitäten, reduzierten Hinterextremitäten und seiner Schwanzflosse bereits deutliche Walmerkmale zeigt.

te. Dem schließt sich Basilosaurus an, der schon ständig im Meer lebte und nur noch rudimentäre Hinterextremitäten besaß.

Der Operator „untersuchen“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Die erwartete Lösung ist relativ umfangreich, aber die ablesbaren Entwicklungstendenzen sind eindeutig. Deren Auflistung hat keinen Problem lösenden Charakter, so dass der Anforderungsbereich II zuzuordnen ist.

Anforderungsbereich II

25%

Der Operatoren „einordnen“ ist dem Anforderungsbereich II zugeordnet.

Anforderungsbereich II

15%

c) Die Hinterextremitäten wurden mit der zunehmenden Anpassung an das Leben im Wasser immer weniger benötigt: Die Notwendigkeit, sich an Land fortbewegen zu können, war nicht mehr gegeben und zum Antrieb im Wasser wurde eine neuartige Schwanzflosse ausgebildet. Außerdem begünstigte die Rückbildung der Hinterextremitäten die Stromlinienform des Körpers und damit eine schnellere Fortbewegung im Wasser. Die hierauf zutreffende Selektionsform ist die transformierende oder gerichtete Selektion: Im Laufe der Evolution ist es zu einem Wandel des Merkmals (hier: Hinterextremitäten) gekommen, da ein einseitiger Selektionsdruck wirkte und zu einer Verschiebung des Mittelwertes des Merkmals führte (hier: zunehmende Verkürzung/Rückbildung). Tiere mit weniger vorstehenden Hinterextremitäten waren etwas schneller im Wasser und hatten damit einen Selektionsvorteil.

Der Operator „entwickeln“ weist auf die Anforderungsbereiche II-III hin.

Da die hier erwartete Hypothese aber naheliegend ist, entspricht sie dem Anforderungsbereich II.

Anforderungsbereich II

15%

d) Kriterium der Lage (mit sinngemäß richtiger Formulierung des Inhalts): Zähne und Barten nehmen insofern die gleiche Lage ein, als dass beide Strukturen im Maul der Tiere vorkommen. Somit könnte vordergründig eine Homologie erwogen werden. Bei näherer Betrachtung müssten Barten und Zähne aber doch als lageungleich angesehen werden, weil die Barten – im Gegensatz zu den Zähnen – nicht in direkter Verbindung zum Kieferknochen stehen. So gesehen wäre das Kriterium der Lage nicht erfüllt.

Kriterium der spezifischen Qualität (mit sinngemäß richtiger Formulierung des Inhalts): Die Barten zeigen einen gänzlich anderen Aufbau als Zähne und bestehen aus einem anderen Material, nämlich aus Horn und nicht aus Dentin wie die Zähne. Das Kriterium der spezifischen Qualität ist also nicht erfüllt.

Kriterium der Verknüpfung durch Zwischenformen oder Stetigkeit (mit sinngemäß richtiger Formulierung des Inhalts): Der Hinweis auf die anatomischen Besonderheiten der Zähne bei den frühen Formen innerhalb der Entwicklungslinie der Bartenwale könnte ggf. im Sinne einer Zwischenform interpretiert werden. Es existieren jedoch keine fossilen Funde, die einen „direkten“ Wandel von Zähnen zu Barten belegen würden, wonach dieses Kriterium dann nicht erfüllt wäre.

Fazit: Bei sehr genauer Auswertung der Materialien wäre es naheliegender, die Barten und Zähne als nicht homologe Strukturen einzuschätzen. Denkbar ist jedoch, dass eines der Kriterien (am ehesten das der Verknüpfung durch Zwischenformen) als erfüllt angesehen und folglich auf Homologie der Strukturen geschlossen wird.

Der Operator „angeben“ weist auf den Anforderungsbereich I hin.

Anforderungsbereich I

10%

Der Operator „prüfen“ weist auf den Anforderungsbereich III hin.

Anforderungsbereich III

15%

Quellenangaben

Albers, J. (http://www.cetacea.de/palaeocetologie/indopak_lit.htm): Die frühen Urwale Indopakistans

Bayhuber, H. und Kull, U.; Hrsg. (1998): Linder Biologie, Schroedel Verlag, Braunschweig
Macdonald, D.; Hrsg. (2004): Die große Enzyklopädie der Säugetiere, Könemann Verlag, Königswinter
<http://www.rauschenbach.de/Bildschirmschoner/wal%20sprung.jpg> (Zugriff am 20.4.2010)