



Diploma Programme
Programme du diplôme
Programa del Diploma

Handbuch Biologie

für Prüfungen ab 2016



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional



Diploma Programme
Programme du diplôme
Programa del Diploma

Handbuch Biologie

für Prüfungen ab 2016

In diesem Handbuch werden die Maskulina wie z. B. Schüler, Lehrer, Kandidat geschlechtsneutral verwandt, damit der Text einfacher lesbar ist.



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

**Diplomprogramm
Handbuch Biologie**

Übersetzung des in englischer Sprache im Februar 2014 herausgegebenen
Handbuchs *Biology guide*

Veröffentlichung: Februar 2014
Aktualisiert Mai 2016

Veröffentlicht im Auftrag der International Baccalaureate Organization, einer gemeinnützigen
Bildungseinrichtung mit Sitz Route des Morillons 15, 1218 Le Grand-Saconnex, Genf, Schweiz,
durch

International Baccalaureate Organization (GB) Ltd.
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate
Cardiff, Wales GB CF23 8GL
Großbritannien
Internet: www.ibo.org

© International Baccalaureate Organization 2014

International Baccalaureate (die unter der Abkürzung IB bekannte Organisation) bietet einer weltweiten Gemeinschaft von Schulen drei hochwertige und anspruchsvolle Bildungsprogramme mit dem Ziel an, eine bessere und friedlichere Welt zu schaffen. Diese Publikation entstammt einer Reihe von Veröffentlichungen zur Unterstützung dieser Programme.

IB kann eine Vielzahl von Quellen bei ihrer Arbeit einsetzen und überprüft die darin enthaltenen Informationen, um deren Korrektheit und Authentizität zu verifizieren, insbesondere wenn es öffentliche Wissensportale, wie z. B. Wikipedia, benutzt. IB achtet das Recht auf geistiges Eigentum und bemüht sich nach besten Kräften, vor einer Veröffentlichung von urheberrechtlich geschützten Texten die Genehmigung des Rechtsinhabers einzuholen. IB ist dankbar für die hier erteilten Genehmigungen, die in dieser Publikation verwendeten, urheberrechtlich geschützten Texte abdrucken zu dürfen, und ist jederzeit bereit, etwaige Fehler oder Auslassungen frühestmöglich zu korrigieren.

Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil dieser Publikation darf vervielfältigt, in einem Datenabfragesystem gespeichert oder – ungeachtet der Form oder der Mittel – übermittelt werden, ohne zuvor die schriftliche Zustimmung von IB eingeholt zu haben, oder wo dies ausdrücklich per Gesetz oder durch die IB-Richtlinien und -Vorschriften gestattet ist. Siehe <http://www.ibo.org/copyright>.

In diesem Handbuch werden die Maskulina Schüler, Lehrer, Kandidat geschlechtsneutral verwandt, damit der Text einfacher lesbar ist.

IB-Artikel und -Publikationen können über die Verkaufsabteilung unter <http://store.ibo.org> bezogen werden. Allgemeine Bestellungen bitte an die Verkaufs- und Marketingabteilung in Cardiff richten.

E-Mail: sales@ibo.org

International Baccalaureate, Baccalauréat International und Bachillerato Internacional
sind eingetragene Handelszeichen der International Baccalaureate Organization.

Das IB-Leitbild

Ziel des *International Baccalaureate* ist es, fragende, sachkundige und sozial engagierte junge Menschen auszubilden, die durch interkulturelles Verständnis und Respekt dazu beitragen, eine bessere und friedlichere Welt zu schaffen.

Zu diesem Zweck arbeitet die Organisation zusammen mit Schulen, Regierungen und internationalen Organisationen an der Entwicklung anspruchsvoller internationaler Bildungsprogramme und strenger Bewertungssysteme.

Diese Programme ermutigen Schüler auf der ganzen Welt dazu, aktive, teilnehmende und lebenslang Lernende zu werden, die verinnerlicht haben, dass andere Menschen mit all ihren Unterschieden ebenfalls im Recht sein können.

Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
Zweck dieses Dokuments	1
Das Diplomprogramm	2
Beschaffenheit der Naturwissenschaften	6
Beschaffenheit der Biologie	15
Allgemeine Zielsetzung	20
Lernziele	21
Lehrplan	22
Kurzfassung des Lehrplans	22
Ansätze für das Lehren und Lernen im Fach Biologie	23
Inhalt des Lehrplans	28
Bewertung	161
Bewertung im Diplomprogramm	161
Bewertungsüberblick - GS	164
Bewertungsüberblick - LS	165
Externe Bewertung	166
Interne Bewertung	168
Das Projekt der Gruppe 4	182
Anhang	187
Glossar der Operatoren	187
Bibliografie	189

Zweck dieses Dokuments

Diese Veröffentlichung dient als Handbuch für das Planen, Lehren und Bewerten des jeweiligen Fachs in Schulen. Die eigentliche Zielgruppe sind die Fachlehrer, obwohl erwartet wird, dass diese das Handbuch auch dazu einsetzen, um Schüler und Eltern über das Fach zu informieren.

Dieses Handbuch kann auf der Fachseite des *Online Curriculum Centre* (OCC/Lehrplanzentrum) unter <http://occ.ibo.org> eingesehen werden. Dies ist eine passwortgeschützte IB-Internetseite, die zur Unterstützung der IB-Lehrer entworfen wurde. Es kann außerdem über den IB-Shop unter <http://store.ibo.org> bezogen werden.

Zusätzliche Ressourcen

Zusätzliche Veröffentlichungen, wie z. B. Lehrerhandreichungen, Fachberichte, Hinweise zur internen Bewertung sowie Erwartungshorizonte für Leistungsebenen finden Sie ebenfalls im OCC. Beispiele für frühere Prüfungsklausuren und Erwartungshorizonte können Sie im IB-Shop erwerben.

Die Lehrer sollten das Lehrplanzentrum im OCC nach zusätzlichen Ressourcen durchsuchen, die von anderen Lehrern erstellt oder benutzt wurden. Die Lehrer können Einzelheiten über nützliche Ressourcen vermitteln, wie z. B.: Webseiten, Bücher, Videos, Fachzeitschriften oder Unterrichtsideen.

Danksagung

IB möchte den Pädagogen und angeschlossenen Schulen danken, die mit Zeit und Ressourcen zur Produktion dieses Handbuchs beigetragen haben.

Für Prüfungen ab 2016

Das Diplomprogramm

Das Diplomprogramm ist ein anspruchsvolles voruniversitäres Kursangebot für Schüler im Alter von 16 bis 19 Jahren. Es handelt sich dabei um einen umfassenden zweijährigen Lehrgang, der die Schüler anregt, nicht nur lernbegierige und forschende, sondern auch einfühlsame und mitfühlende Menschen zu werden. Ein Schwerpunkt ist es, den Schülern ein interkulturelles Verständnis, Aufgeschlossenheit und die Einstellungen zu vermitteln, die sie benötigen, um eine Vielzahl verschiedener Ansichten respektieren und beurteilen zu können.

Das Diplomprogramm-Modell

Das Programm gliedert sich in sechs akademische Bereiche, die sich um einen Kern gruppieren (siehe Abbildung 1). Es fördert das gleichzeitige Belegen vielfältiger akademischer Fächer. Die Schüler belegen zwei moderne Sprachen (oder eine moderne Sprache und eine klassische Sprache); ein geisteswissenschaftliches oder sozialwissenschaftliches Fach, ein naturwissenschaftliches Fach sowie Mathematik und ein Fach aus dem Bereich der bildenden Künste. Es ist diese umfassende Bandbreite an Fächern, die das Diplomprogramm zu einem anspruchsvollen Programm macht, das darauf abzielt, die Schüler effektiv auf den Eintritt in die Universität vorzubereiten. In jedem akademischen Bereich können die Schüler flexibel wählen, d. h. sie können die Fächer wählen, an denen sie besonders interessiert sind und die sie eventuell später an der Universität studieren möchten.

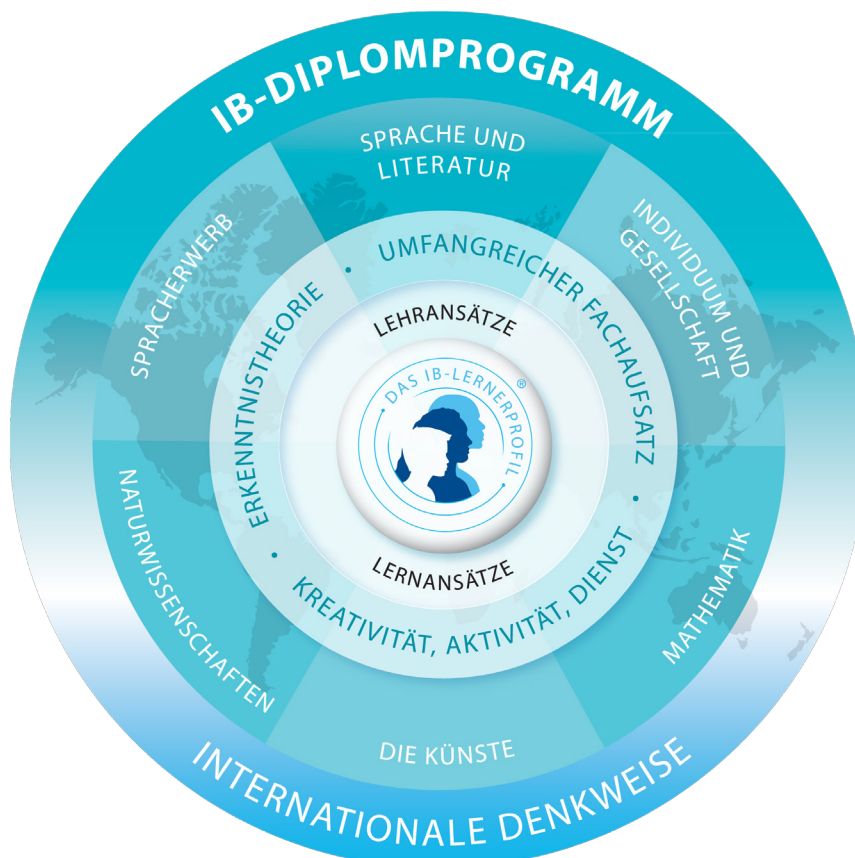


Abbildung 1
Modell des Diplomprogramms

Die Wahl der richtigen Kombination

Die Schüler müssen je ein Fach aus allen sechs akademischen Bereichen auswählen, wobei sie allerdings anstelle eines Fachs aus dem Bereich der bildenden Künste zwei Fächer aus einem anderen Bereich auswählen können. Normalerweise werden drei Fächer (und nicht mehr als vier) in der Leistungsstufe (LS) und die anderen Fächer in der Grundstufe (GS) belegt. IB empfiehlt 240 Unterrichtsstunden für LS-Fächer und 150 Stunden für GS-Fächer. LS-Fächer werden tiefergehend und in größerer Breite unterrichtet als GS-Fächer.

In beiden Stufen werden viele Kompetenzen erworben, insbesondere kritisches Denken und Analyse. Am Ende des Lehrgangs werden die Fähigkeiten der Schüler mittels externer Bewertung gemessen. Viele Fächer schließen auch Kursarbeiten ein, die von den jeweiligen Lehrern bewertet werden.

Der Kern des Diplomprogramm-Modells

Alle Schüler des Diplomprogramms erfüllen die drei Kurselemente, die den Kern des Modells bilden.

Erkenntnistheorie (ET) ist ein Fach, bei dem es im Wesentlichen um kritisches Denken und Erforschung des Vorgangs des Erkennens geht und keineswegs nur um die Aneignung bestimmter Wissensinhalte. Das Fach ET untersucht die Beschaffenheit von Wissen und inwiefern wir wissen, was wir zu wissen behaupten. Dies geschieht, indem man die Schüler dazu anregt, bestimmte Wissensansprüche zu analysieren und Fragen bezüglich der Konstruktion von Wissen zu erforschen. Die Aufgabe von ET besteht darin, die Zusammenhänge zwischen Bereichen von gemeinsamem Wissen hervorzuheben und sie auf eine Weise mit persönlichen Wissen zu verbinden, die einer Person ihre eigenen Perspektiven verdeutlicht bzw. erschließt, inwiefern sich diese Perspektiven von anderen unterscheiden.

Kreativität, Aktivität, Dienst (KAD) ist das Herzstück des Diplomprogramms. Bei KAD liegt der Schwerpunkt darin, Schülern im Einklang mit den im Leitbild der IB verankerten ethischen Prinzipien und dem IB Lernerprofil bei der Entfaltung ihrer eigenen Identität zu helfen. Dabei nehmen Schüler neben ihren akademischen Fächern im Verlauf des gesamten Diplomprogramms an einer Reihe von Aktivitäten teil. Die drei Stränge von KAD sind Kreativität (die bildenden Künste sowie andere Erlebnisse, die kreatives Denken voraussetzen), Aktivität (sportliche Aktivitäten, die zu einer gesunden Lebensweise beitragen) und Dienst (eine unbezahlte und ehrenamtliche Tätigkeit, von der die Schüler durch Lernen profitieren). KAD trägt vermutlich mehr als alle anderen Komponenten des Diplomprogramms zur Verwirklichung des IB-Leitbilds bei, nämlich durch interkulturelles Verständnis und Respekt eine bessere und friedlichere Welt zu schaffen.

Der umfangreiche Fachaufsatz, einschließlich des umfangreichen Fachaufsatzes für Weltstudien, bietet IB-Schülern die Gelegenheit, im Rahmen eines 4.000 Wörter umfassenden Aufsatzes ein Thema von besonderem Interesse in unabhängiger Forschungsarbeit zu untersuchen. Das betreffende Forschungsgebiet wird unter einem der Diplomprogramm-fächer ausgewählt bzw. - im Falle des umfangreichen Aufsatzes im Rahmen der interdisziplinären Weltstudien - aus zwei Fächern. Auf diese Weise machen sich die Schüler mit unabhängiger Forschung vertraut und erwerben Fertigkeiten in schriftlicher Arbeit, die von ihnen auf Universitätsebene erwartet werden. Daraus ergibt sich eine umfangreiche, professionell präsentierte, gut strukturierte schriftliche Arbeit, mit deren Hilfe Ideen und Erkenntnisse kohärent und auf gut argumentierte Weise vermittelt werden, wie es dem Fach bzw. den Fächern gebührt. Das Ziel besteht darin, hochentwickelte Forschungs- und Schreibkompetenzen, intellektuelle Entdeckungen und Kreativität zu fördern. Dieses authentische Lernerlebnis gibt Schülern die Gelegenheit, in Bezug auf ein Thema ihrer Wahl unter Anleitung ihres Tutors selbständig Forschung zu betreiben.

Ansätze zum Lehren und Lernen

Lehr- und Lernansätze im Rahmen des Diplomprogramms beziehen sich auf bewusste Strategien, Kompetenzen und Einstellungen, die das Unterrichts- und Lernumfeld durchdringen. Diese Ansätze und Arbeitsmittel, die mit den Eigenschaften des Lernerprofils eng verbunden sind, bereichern den Lernprozess von Schülern und helfen ihnen bei der Vorbereitung zur Diplomprogramm-Prüfung und darüber hinaus. Die Lehr- und Lernansätze im Rahmen des Diplomprogramms beruhen auf folgenden Zielsetzungen:

- Befähigung von Lehrern zum Unterrichten von Schülern sowie Befähigung der Lehrer im Hinblick auf die Inhalte ihrer jeweiligen Fächer.
- Befähigung von Lehrern zur Schaffung klarerer Strategien zur Erleichterung von Lernprozessen, so dass Schüler sich auf besonders sinnvolle Weise mit strukturierten Nachforschungen und intensiveren kritischen und kreativen Gedankengängen befassen.
- Gleichzeitige Förderung der (über die Kurserwartungen hinausgehenden) Ziele für einzelne Fächer und – in einem stimmigen Lernprozess – Verknüpfung von zuvor isolierten Wissensbereichen.
- Anspornen der Schüler, ausgeprägte, aber vielseitige Kompetenzen zu entwickeln, die ihnen das Rüstzeug geben, nach dem Schulabschluss ihr aktives Engagement für den Lernprozess fortzusetzen, damit sie nicht nur die erforderlichen Noten für den Hochschulzugang erhalten, sondern auch in der universitären Ausbildung und in ihrem späteren Leben Erfolg haben.
- Bereicherung der Kohärenz und Relevanz des Lernerlebnisses im Rahmen des Diplomprogramms.
- Befähigung von Schulen zur Identifizierung der spezifischen Beschaffenheit einer IB Diplomprogramm-Bildung, bei der Idealismus und praktische Kompetenzen vereint werden.

Die fünf Lernansätze (Entwicklung von Denkfähigkeiten, sozialen Kompetenzen, Kommunikationskompetenzen, Selbstmanagementkompetenzen und Forschungskompetenzen) umfassen in Verbindung mit den sechs Lehransätzen (ein auf Nachforschungen gestützter, konzeptfokussierter, kontextualisierter, kollaborativer, differenzierter, bewertungsorientierter Unterricht) die ausschlaggebenden Werte und Prinzipien, die die IB-Pädagogik untermauern.

Das IB-Leitbild und das IB-Lernerprofil

Das Diplomprogramm soll den Schülern das Wissen, die Fähigkeiten und die Einstellungen vermitteln, die zur Umsetzung der im Leitbild der Organisation und im Lernerprofil enthaltenen IB-Ziele erforderlich sind. Das Unterrichten und Lernen im Rahmen des Diplomprogramms spiegeln die Umsetzung der Bildungsphilosophie der Organisation in der täglichen Praxis wider.

Akademische Redlichkeit

Im Rahmen des Diplomprogramms versteht man unter akademischer Redlichkeit die Werte und Einstellungen, die von den Eigenschaften des Lernerprofils geprägt sind. Beim Lehren, Lernen und Bewerten dient die akademische Redlichkeit dazu, die persönliche Integrität zu fördern, Respekt für die Integrität anderer und deren Arbeit einzuflößen und sicherzustellen, dass alle Schüler die gleichen Chancen haben, die Erkenntnisse und Kompetenzen unter Beweis zu stellen, die sie sich im Kursverlauf angeeignet haben.

Die gesamte Arbeit im Rahmen des Programms, einschließlich zur Bewertung eingereicherter schriftlicher Arbeiten, muss authentisch sein und sich auf die eigenen und ursprünglichen Ideen eines Schülers stützen, wobei die Ideen und Arbeiten anderer in vollem Umfang anzuführen sind. Prüfungsaufgaben, bei denen die Schüler durch Lehrer betreut werden bzw. bei denen sie in einer Gruppe zusammenarbeiten, müssen in völliger Übereinstimmung mit den ausführlichen Anleitungen durchgeführt werden, die seitens IB für die jeweiligen Fächer vorgeschrieben sind.

Nähere Einzelheiten in Bezug auf die akademische Redlichkeit im IB und im Diplomprogramm entnehmen Sie bitte den IB-Veröffentlichungen *Academic honesty*, *The Diploma Programme: From principles into practice* und *General regulations: Diploma Programme*. Spezifische Informationen hinsichtlich akademischer Redlichkeit in Bezug auf die Komponenten der externen und internen Bewertung im Rahmen dieses Aspekts des Diplomprogramms finden Sie im vorliegenden Handbuch.

Verweisen auf die Ideen oder Arbeiten einer anderen Person

Die Koordinatoren und Lehrer werden daran erinnert, dass die Kandidaten bei Arbeiten, die sie zur Bewertung einreichen, die benutzten Quellen angeben müssen. Die nachstehenden Ausführungen sind zur Klarstellung dieser Vorschrift bestimmt.

Diplomprogramm Kandidaten reichen ihre Arbeiten zur Bewertung in vielfältigen Formaten ein, u.a. audiovisuelle Medien, Text, Grafiken, Illustrationen und/oder Daten, die entweder gedruckt oder elektronischer Art sein können. Wenn ein Kandidat die Arbeit oder Ideen einer anderen Person benutzt, muss er die Quelle unter einheitlicher Anwendung von Standardzitierregeln angeben. Falls der Kandidat versäumt, eine Quelle anzugeben, wird das von IB als potenzieller Verstoß gegen die Vorschriften untersucht, was dazu führen kann, dass vom *Final Award Committee* (Oberster Prüfungsausschuss) eine Strafe verhängt wird.

IB schreibt nicht vor, welche Methoden für Quellenangaben oder das Zitieren von Textstellen von den Kandidaten verwendet werden müssen; diese Entscheidung ist dem entsprechenden Fachbereich bzw. dem Lehrpersonal der jeweiligen Schule des Kandidaten überlassen. Das breite Spektrum von Fächern, die drei Antwortsprachen sowie die Vielfalt verfügbarer Zitiermethoden würden es aus praktischen Gründen zu einschränkend machen, auf einen bestimmten Satz von Zitierregeln zu beharren. In der Praxis sind bestimmte Zitiermethoden vielleicht am gängigsten. Es steht Schulen jedoch frei, Zitiermethoden zu wählen, die dem jeweiligen Fach und der Sprache, in der die Arbeit der Kandidaten geschrieben ist, angemessen sind. Ungeachtet der von der Schule für ein bestimmtes Fach übernommenen Verweismethode wird erwartet, dass die Informationen mindestens folgende Angaben enthalten: Name des Autors/der Autoren, das Erscheinungsjahr, den Titel der Quelle sowie die Seitenzahlen, je nach dem, was zutrifft.

Von den Kandidaten wird erwartet, dass sie eine Standardmethode einheitlich anwenden, damit alle Quellen genannt werden, einschließlich Quellen, die umformuliert oder zusammengefasst wurden. Beim Verfassen eines Textes muss der Kandidat durch Anführungszeichen (oder eine andere Methode, wie z. B. Einrücken der Textstellen) klar zwischen eigenen Worten und den Worten anderer Personen unterscheiden, gefolgt von der entsprechenden Quellenangabe, die auf ein Werk in der Bibliografie oder zitierte Werke verweist. Wird eine elektronische Quelle zitiert, muss das Datum des Zugriffs angegeben werden. Von den Kandidaten wird nicht erwartet, dass sie alle Quellen fehlerfrei aufführen. Sie müssen jedoch demonstrieren, dass alle Quellen anerkannt worden sind. Die Kandidaten müssen darauf hingewiesen werden, dass auch für audiovisuelle Medien, Text, Grafiken, Illustrationen und/oder Daten, die in gedruckten oder elektronischen Quellen veröffentlicht wurden und nicht von ihnen selbst stammen, Quellen angegeben werden müssen. Auch hierbei ist die Anwendung einer geeigneten Verweis-/Zitiermethode erforderlich.

Lernvielfalt und Förderungsbedarf

Die Schulen müssen sicherstellen, dass Kandidaten, die einen Förderungsbedarf aufweisen, einen gleichberechtigten Zugang, ggf. mit entsprechender Anpassung, erhalten, wobei diese Anpassungen mit den IB-Dokumenten *Candidates with assessment access requirements* sowie *Learning diversity in the International Baccalaureate programmes: Special educational needs within the International Baccalaureate programmes* übereinstimmen müssen.

Beschaffenheit der Naturwissenschaften

Die Beschaffenheit der Naturwissenschaften (BN) ist ein fächerübergreifendes Thema in Biologie, Chemie und Physik. Dieses Kapitel mit dem Titel „Beschaffenheit der Naturwissenschaften“ ist in den Handbüchern für Biologie, Chemie und Physik enthalten, um Lehrern zu erläutern, was mit diesem Begriff gemeint ist. Das Kapitel „Beschaffenheit der Naturwissenschaften“ des vorliegenden Handbuchs gibt einen umfassenden Überblick über die Beschaffenheit dieses Bereichs im 21. Jahrhundert. Allerdings ist es nicht möglich, in diesem Kapitel - weder für den Unterricht noch für die Bewertung - auf alle Themen der drei naturwissenschaftlichen Fächer im Einzelnen einzugehen.

Das Kapitel ist in Form von Abschnitten mit Unterpunkten (1.1, 1.2 usw.) strukturiert, um die vorgebrachten Hauptargumente mit den Bezugspunkten im Lehrplan (Querformat) zum Thema BN zu verknüpfen. Bei den BN-Teilen in den fachspezifischen Kapiteln des Handbuchs handelt es sich um Beispiele eines bestimmten Verständnisses. Die BN-Aussage(n) oberhalb des jeweiligen Unterthemas macht/machen klar, inwiefern sich ein oder mehrere BN-Thema/Themen anhand der in dem betreffenden Unterthema enthaltenen Kenntnisse, Anwendungsformen und Kompetenzen veranschaulichen lassen. Dabei handelt es sich nicht etwa um eine Wiederholung der nachstehend aufgeführten BN-Aussagen, sondern um eine nähere Ausarbeitung der betreffenden Aussagen in einem spezifischen Zusammenhang. Siehe das Kapitel zum Thema „Aufbau des Lehrplans“.

Technologie

Obwohl sich dieses Kapitel mit der Beschaffenheit der Naturwissenschaften befasst, spielt auch die Auslegung des Begriffs Technologie eine wichtige Rolle. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, die Rolle der Technologie in dem Maße zu klären, wie sie sich aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen entwickelt hat und sich ihrerseits auf die Naturwissenschaften auswirkt. In unserer heutigen Welt werden die Begriffe *Naturwissenschaft* und *Technik/Technologie* oft synonym verwendet, was allerdings historisch gesehen nicht richtig ist. Technik gab es bereits vor den Naturwissenschaften; es wurden schon lange Werkstoffe zur Herstellung nützlicher und dekorativer Gegenstände verwendet, bevor Menschen erkannt haben, weshalb Werkstoffe unterschiedliche Eigenschaften aufwiesen, und dass diese sich für unterschiedliche Zwecke eigneten. In der modernen Welt ist das Verhältnis umgekehrt: das Verständnis um die zu Grunde liegenden Naturwissenschaften bildet die Grundlage für technologische Entwicklungen. Diese neuen technologischen Entwicklungen treiben wiederum die Weiterentwicklung in den Naturwissenschaften voran.

Trotz ihrer gegenseitigen Abhängigkeit stützen sich die beiden Bereiche auf unterschiedliche Wertmaßstäbe: die Naturwissenschaften stützen sich auf Nachweise, Rationalität und das Streben nach tiefgreifenderen Erkenntnissen; während es bei der Technologie um den praktischen Nutzen und die Eignung geht, mit zunehmender Betonung auf Nachhaltigkeit.

1. Was bedeutet Naturwissenschaft und was ist unter naturwissenschaftlichem Streben zu verstehen?

- 1.1. Der Begriff Naturwissenschaft stützt sich auf die zu Grunde liegende Vermutung, dass dem Universum eine unabhängige, externe Realität zu eigen ist, die den Sinnen und dem Verstand des Menschen zugänglich sind.

- 1.2. Die reine Naturwissenschaft zielt darauf ab, ein gemeinsames Verständnis dieses externen Universums zu erzielen, während von den angewandten Naturwissenschaften und den Ingenieurwissenschaften Technologien entwickelt werden, die neue Verfahrensweisen und Erzeugnisse hervorbringen. Die Grenzlinien zwischen diesen Bereichen verschwimmen allerdings.
- 1.3. Naturwissenschaftler bedienen sich einer großen Vielfalt verschiedener Methodologien, die insgesamt den naturwissenschaftlichen Vorgang ausmachen. Eine einzige „naturwissenschaftliche Methode“ gibt es nicht. Naturwissenschaftler haben in der Vergangenheit, wie auch heute, zu verschiedenen Zeiten verschiedene Methoden angewendet, um ihren Fundus von Erkenntnissen und Ideen weiter auszubauen. Sie sind sich jedoch dahingehend einig, was ihre Erkenntnisse und Ideen naturwissenschaftlich stichhaltig macht.
- 1.4. Dies ist ein spannendes und anspruchsvolles Abenteuer, bei dem viel Kreativität und Fantasie ins Spiel kommt, aber auch anspruchsvolle und detaillierte Denk- und Anwendungsprozesse erforderlich sind. Naturwissenschaftler müssen auf unplanmäßige, überraschende und zufällige Entdeckungen gefasst sein. An der Geschichte der Naturwissenschaft ist deutlich zu erkennen, dass solche Überraschungen an der Tagesordnung sind.
- 1.5. Zahlreiche naturwissenschaftliche Entdeckungen waren mit Geistesblitzen verbunden, die oft Spekulationen entstammten oder sich aus Neugierde in Bezug auf bestimmte Phänomene ergaben.
- 1.6. Naturwissenschaftlern sind bestimmte Terminologien und Denkweisen gemein, was durch Vergleiche und Verallgemeinerungen sowohl deduktive als auch induktive Logikprozesse einbezieht. Ebenfalls gemein ist ihnen das mächtige Instrument der Mathematik. Bestimmte naturwissenschaftliche Erklärungen gibt es tatsächlich nur in mathematischer Form.
- 1.7. Naturwissenschaftler müssen sich Behauptungen gegenüber skeptisch verhalten. Das soll nicht heißen, dass sie überhaupt nichts glauben, sondern dass sie ihr Urteil unter Vorbehalt sehen, bis sie gute Gründe für die Überzeugung haben, dass eine Behauptung beweisbar oder nicht beweisbar ist. Derartige Gründe stützen sich auf Nachweise und Argumente.
- 1.8. Die Bedeutung von Nachweisen ist eine Naturwissenschaftlern gemeine grundlegende Auffassung. Nachweise lassen sich durch Beobachtung oder Experiment ermitteln. Sie lassen sich durch die Sinne des Menschen – in erster Linie das Sehen – ermitteln; ein Großteil moderner naturwissenschaftlicher Arbeit wird unter Verwendung von Messgeräten und Sensoren durchgeführt, die Informationen dezentral und automatisch an Standorten erfassen können, die entweder zu klein oder zu weit entfernt sind oder sich sonst wie außerhalb des Zugriffs menschlicher Wahrnehmung befinden. Bessere Messgeräte und neue technologische Errungenschaften haben oft den Anstoß zu neuen naturwissenschaftlichen Entdeckungen gegeben. Beobachtungen mit anschließender Analyse und Schlussfolgerung führten zur Big Bang Theorie über den Ursprung des Universums sowie zur Theorie der Evolution durch natürliche Auslese. In diesen Fällen waren keine Kontrollexperimente durchführbar. Disziplinen wie z. B. Geologie oder Astronomie stützen sich stark auf die Datenerfassung im Feld. Allerdings stützen sich alle Disziplinen in gewissem Ausmaß auf die Erfassung von Nachweisen. Experimentieren in einer kontrollierten Umgebung – gewöhnlich unter festgelegten Laborbedingungen – ist die andere Möglichkeit, Nachweise in Form von Daten zu ermitteln, und es gibt zahlreiche Konventionen und Kenntnisse, wie das zu bewerkstelligen ist.
- 1.9. Derartige Nachweise werden zur Entwicklung von Theorien verwendet bzw. zur Ableitung von Verallgemeinerungen anhand von Daten, um Gesetze zu formulieren und Hypothesen aufzustellen. Diese Theorien und Hypothesen werden zur Erstellung von testbaren Prognosen verwendet. Auf diese Art und Weise können Theorien entweder unterstützt oder angefochten werden bzw. sie lassen sich abändern oder durch neue Theorien ersetzen.
- 1.10. Sowohl einfache als auch sehr komplexe Modelle werden auf der Basis theoretischer Erkenntnisse zu dem Zweck entwickelt, Prozesse zu erläutern, die sich möglicherweise nicht beobachten lassen. Rechnergestützte mathematische Modelle werden dazu verwendet, testbare Prognosen zu erstellen, die

sich als besonders nützlich erweisen können, wenn kein Experimentieren möglich ist. Modelle, die anhand von Experimenten oder Daten aus Beobachtungen überprüft werden, können sich als unzureichend erweisen. In diesem Fall lassen sie sich abändern oder durch neue Modelle ersetzen.

1. 11. Die Resultate von Experimenten sowie die Einblicke, die aus Modellen und aus Beobachtungen in der Natur abgeleitet werden, können als weitere Nachweise für eine Behauptung verwendet werden.
1. 12. Die zunehmende Rechenkraft von Computern hat die Arbeit mit Modellen sehr gefördert. Modelle, die gewöhnlich mathematischer Art sind, werden heutzutage zur Ableitung neuer Kenntnisse benutzt, wenn Experimente aus praktischen Gründen nicht in Frage kommen, aber auch manchmal, wenn es durchaus möglich wäre, Experimente durchzuführen. Diese dynamischen Modelle komplexer Situationen unter Verwendung großer Datenmengen, einer Vielzahl von Variablen sowie komplexer und langwieriger Kalkulationen ist nur infolge der heutzutage verfügbaren erhöhten Rechnerkapazitäten möglich. Die Modelle des Erdklimas werden beispielsweise dazu verwendet, eine Prognose bzw. eine Reihe von Prognosen für Klimabedingungen in der Zukunft abzugeben. Eine Reihe unterschiedlicher Modelle ist auf diesem Gebiet entwickelt worden, und Resultate aus verschiedenen Modellen wurden miteinander verglichen, um festzustellen, welche Modelle am treffsichersten sind. Modelle lassen sich manchmal dadurch testen, dass man Daten aus der Vergangenheit einsetzt, um festzustellen, ob sie die heutzutage vorherrschende Situation prognostizieren. Besteht ein Modell diesen Test, können wir auf seine Genauigkeit vertrauen.
1. 13. Sowohl die Ideen als auch die Prozesse der naturwissenschaftlichen Arbeit lassen sich nur im Rahmen des menschlichen Forschungstriebes erzielen. Naturwissenschaftliche Forschung wird durch eine Gemeinschaft von Menschen sehr unterschiedlicher Vorgeschichte und kultureller Traditionen betrieben, was zweifellos die Art und Weise beeinflusst hat, wie sich die Naturwissenschaft zu verschiedenen Zeiten weiterentwickelt hat. Es ist jedoch wichtig, sich stets vor Augen zu halten, dass naturwissenschaftliche Arbeit im Rahmen einer Gemeinschaft ernsthafter Forscher durchgeführt wird, denen bestimmte Prinzipien, Methodologien, Kenntnisse und Verfahrensweisen gemein sind.

2. Das Verständnis der Naturwissenschaft

- 2.1. Theorien, Gesetze und Hypothesen sind von Naturwissenschaftlern angewendete Konzepte. Obwohl diese Konzepte miteinander verbunden sind, gibt es keinen direkten Übergang von einer Art von Konzept zur anderen. Diesen Wörtern kommt in der Naturwissenschaft eine besondere Bedeutung zu; es ist daher wichtig, sie von der täglichen Umgangssprache klar zu unterscheiden.
- 2.2. Theorien sind von sich aus integrierte, umfassende Modelle davon, wie das Universum bzw. Teile des Universums funktioniert bzw. funktionieren. Eine Theorie kann sowohl Fakten als auch Gesetze und getestete Hypothesen enthalten. Anhand der Theorien lassen sich Prognosen abgeben, die entweder in Experimenten oder durch sorgfältige Beobachtungen getestet werden können. Einschlägige Beispiele sind u.a. die Keimtheorie der Krankheiten oder die Atomtheorie.
- 2.3. Theorien lassen gewöhnlich genug Spielraum für die Vermutungen und Prämissen anderer Theorien, so dass ein konsistentes Verständnis im Rahmen zahlreicher Phänomene und Disziplinen möglich ist. Gelegentlich bringt eine neue Theorie allerdings eine radikale Änderung, wie wesentliche Konzepte verstanden oder formuliert werden, so dass sie sich auf andere Theorien auswirkt und manchmal in der Naturwissenschaft zu einem sogenannten „Paradigmenwechsel“ führen kann. Einer der berühmtesten Paradigmenwechsel in den Naturwissenschaften fand statt, als unsere Auffassung von Zeit durch Einsteins Relativitätstheorie von einem absoluten Bezugsrahmen auf einen Beobachter-abhängigen Bezugsrahmen überging. Darwins Theorie der Evolution durch natürliche Auslese hat ebenfalls unsere Auffassung des Lebens auf der Erde verändert.
- 2.4. Gesetze sind deskriptive, normative Aussagen, die sich aus Beobachtungen regelmäßiger Verhaltensmuster ableiten. Sie sind gewöhnlich mathematisch formuliert und dienen zur Berechnung

von Resultaten sowie zur Abgabe von Prognosen. Gesetze lassen sich genauso wenig wie Theorien und Hypothesen unter Beweis stellen. Bei naturwissenschaftlichen Gesetzen sind ggf. Ausnahmen zu berücksichtigen; auch können sie aufgrund neuer Beweismittel entweder abgeändert oder abgelehnt werden. Ein Phänomen lässt sich nicht unbedingt durch Gesetze erklären. Beispielsweise besagt Newtons Gesetz der universellen Schwerkraft, dass die Kraft zwischen zwei Massen sich antiproportional zum Quadrat des Abstands zwischen ihnen verhält, was uns erlaubt, die Kraft zwischen Massen zu berechnen, die in beliebigem Abstand voneinander stehen. Das Gesetz erklärt uns allerdings nicht, weshalb Massen sich gegenseitig anziehen. Darüber hinaus ist zu beachten, dass der Begriff „Gesetz“ in der Naturwissenschaft nicht immer die gleiche Bedeutung hat. Ob eine Idee als „Gesetz“ bezeichnet wird, kann teilweise von der jeweiligen Disziplin abhängen sowie von der Epoche, in der sie aufkam.

- 2.5. Naturwissenschaftler stellen manchmal Hypothesen auf – erläuternde Aussagen über die Welt—die entweder richtig oder falsch sein können; oft legen solche Hypothesen einen Kausalzusammenhang oder eine Korrelation zwischen Faktoren nahe. Hypothesen können sowohl durch Experimente als auch Beobachtungen der Natur getestet und entweder gestützt oder widerlegt werden.
- 2.6. Um als wissenschaftlich anerkannt zu werden, muss eine Idee (beispielsweise eine Theorie oder Hypothese) sich auf die Welt der Natur in Verbindung mit natürlichen Erklärungen konzentrieren und testbar sein. Naturwissenschaftler sind bestrebt, mit allgemein anerkannten Prinzipien kompatible Hypothesen und Theorien zu entwickeln, welche bestehende Ideen vereinfachen und miteinander verbinden.
- 2.7. Das Prinzip von Ockhams Rasiermesser ist ein nützlicher Anhaltspunkt beim Entwickeln einer Theorie. Die Theorie sollte möglichst einfach, aber gleichzeitig äußerst verständlich formuliert sein.
- 2.8. Die Ideen von Korrelation und Kausalzusammenhang spielen in der Naturwissenschaft eine bedeutende Rolle. Eine Korrelation ist eine statistische Verknüpfung oder Verbindung von zwei Variablen. Eine Korrelation kann positiv oder negativ sein, und es kann ein Korrelationskoeffizient berechnet werden, der einen Wert zwischen +1,0 und –1 aufweist. Eine starke Korrelation (positiv oder negativ) zwischen zwei Faktoren weist auf eine Art von Kausalverhältnis zwischen den beiden Faktoren hin, wobei allerdings gewöhnlich weitere Beweise erforderlich sind, bevor Naturwissenschaftler die Idee eines Kausalverhältnisses akzeptieren. Um ein Kausalverhältnis nachzuweisen, d.h. ein Faktor verursacht einen anderen Faktor, benötigen Naturwissenschaftler einen plausiblen wissenschaftlichen Mechanismus, durch den sich die Faktoren miteinander verbinden lassen. Dadurch wird das Argument untermauert, dass der eine Faktor den anderen verursacht, wie z. B. in Bezug auf Rauchen und Lungenkrebs. Dieser Mechanismus lässt sich in Experimenten testen.
- 2.9. Die ideale Situation besteht darin, das Verhältnis zwischen einem Faktor und einem anderen zu untersuchen, während alle anderen Faktoren unter experimentellen Bedingungen konstant gehalten werden. Das ist jedoch oft nicht möglich, und deswegen bedienen sich Naturwissenschaftler - insbesondere auf den Gebieten Biologie und Medizin - der Stichprobenentnahme, Kohortenstudien sowie Fallkontrollstudien, um in Fällen, die keine Experimente (wie z. B. Doppelblindstudien und klinische Versuche) gestatten, bessere Einblicke in die Kausalverhältnisse zu erhalten. Bei der Epidemiologie auf medizinischem Gebiet wird die Analyse statistischer Daten angewandt, um potenzielle Korrelationen aufzudecken, wenn nicht genug naturwissenschaftliche Kenntnisse vorliegen oder wenn die Umstände so kompliziert sind, dass sie sich nicht ohne weiteres konstant halten lassen. Hier, ebenso wie auf anderen Gebieten, spielt die mathematische Wahrscheinlichkeitsanalyse ebenfalls eine Rolle.

3. Die Objektivität der Naturwissenschaft

- 3.1. Daten sind das Herzblut eines Naturwissenschaftlers und können eine qualitative oder quantitative Funktion haben. Sie lassen sich entweder rein aus Beobachtungen oder aus spezifisch ausgelegten Experimenten, durch Fernbedienung elektronischer Sensoren oder durch direkte Messung ermitteln. Die besten Daten für die Erstellung genauer und präziser Beschreibungen und Prognosen sind oft quantitativer Art und eignen sich zur mathematischen Analyse. Naturwissenschaftler analysieren Daten, die sie auf Muster, Trends und Diskrepanzen untersuchen, um Verhältnisse zu entdecken und Kausalverbindungen herzustellen. Das ist nicht immer möglich, daher ist das Identifizieren und Klassifizieren von Beobachtungen und Artefakten (z. B. Arten von Sternsystemen oder Fossilien) auch heute noch immer ein wichtiger Aspekt naturwissenschaftlicher Arbeit.
- 3.2. Das Aufzeichnen wiederholter Messungen sowie einer großen Anzahl von Messwerten kann die Zuverlässigkeit der Datenerfassung verbessern. Daten lassen sich in einer Vielzahl verschiedener Formate präsentieren, wie u.a. linearen und logarithmischen Grafiken, die beispielsweise auf direkte oder reziproke Verhältnisse oder auf Kräfteverhältnisse analysiert werden können.
- 3.3. Naturwissenschaftler müssen sich dessen bewusst sein, dass Zufallsfehler und systematische Fehler auftreten können und müssen daher Methoden, wie z. B. Fehlerbalken und Ausgleichsgeraden in Grafiken, anwenden, um die Daten so realistisch und genau wie möglich zu veranschaulichen. Es ist jeweils zu erwägen, weit entfernt liegende Datenpunkte ggf. außer Acht zu lassen.
- 3.4. Naturwissenschaftler müssen den Unterschied zwischen Fehlern und Ungewissheiten, Genauigkeit und Präzision verstehen, und sie müssen die mathematischen Konzepte von Durchschnitt, Mittelwert, Modus, Medianwert usw. verstehen. Oft werden statistische Methoden wie z. B. Standardabweichung und Chi-Quadrat-Tests angewendet. Es ist wichtig, dass man abschätzen kann, wie genau ein Resultat ist. Ein wesentlicher Teil der Ausbildung und Kompetenzen von Naturwissenschaftlern ist die Fähigkeit unterscheiden zu können, welche Methode sich unter bestimmten Umständen am besten eignet.
- 3.5. Auch müssen sich Naturwissenschaftler unbedingt der kognitiven Verzerrungen bewusst sein, die sich unter Umständen auf die Konzeption und Interpretation von Experimenten auswirken könnten. Die Bestätigungsverzerrung ist beispielsweise eine gut belegte kognitive Verzerrung, die uns dazu verleitet, Gründe zur Ablehnung von Daten zu finden, die entweder unerwartet sind oder unseren Erwartungen und Wünschen nicht entsprechen, oder dass wir evtl. zu bereitwillig Daten akzeptieren, die mit diesen Erwartungen oder Wünschen übereinstimmen. Die Verfahrensabläufe und Methodologien der Wissenschaft sind größtenteils darauf ausgelegt, derartige Verzerrungen in Betracht zu ziehen. Man muss jedoch stets auf der Hut sein, dass man solchen Verzerrungen nicht zum Opfer fällt.
- 3.6. Obwohl Naturwissenschaftler nie sicher sein können, dass ein Ergebnis oder Befund richtig ist, wissen wir, dass bestimmte wissenschaftliche Ergebnisse der Sicherheit sehr nahekommen. Naturwissenschaftler sprechen oft von Konfidenzniveaus, wenn sie Resultate erörtern. Die Entdeckung der Existenz des Higgs-Boson ist ein Beispiel für ein derartiges „Konfidenzniveau“. Dieses Teilchen wird sich möglicherweise niemals mit bloßem Auge wahrnehmen lassen. Um seine „Existenz“ sicherzustellen, mussten Teilchenphysiker sich einer selbstauferlegten Definition dessen unterziehen, was als „Entdeckung“ gelten kann: dem 5-Sigma-Konfidenzniveau bzw. einer ca. 0,00003%igen Chance, dass der auf experimentellen Beweisen fußende Effekt nicht wirklich existiert.
- 3.7. In den letzten Jahrzehnten hat die zunehmende Rechnerkapazität bei Computern wie auch die fortschreitende Entwicklung von Sensortechnik und Netzwerken Naturwissenschaftler in die Lage versetzt, große Datenmengen zu erfassen. Datenströme werden laufend von zahlreichen Quellen heruntergeladen, wie z. B. Fernerkundungssatelliten und Raumsonden, und es werden große Datenmengen in Gensequenzierungsmaschinen generiert. Im *Large Hadron Collider* (Teilchenbeschleuniger) von CERN durchgeführte Experimente liefern regelmäßig 23 Petabytes an Daten pro Sekunde; das entspricht 13,3 Jahren HD-TV-Sendeinhalt pro Sekunde.

- 3.8. Bei Forschungsarbeiten werden große Mengen dieser Daten analysiert, in Datenbanken gespeichert und sowohl nach Mustern als auch einmaligen Ereignissen gesucht. Dabei muss Software angewendet werden, die im Allgemeinen von den an der Forschungsarbeit beteiligten Naturwissenschaftlern geschrieben wird. Auch wenn die Daten und die Software nicht mitsamt den naturwissenschaftlichen Daten veröffentlicht werden, werden sie doch gewöhnlich anderen Forschern zugänglich gemacht.

4. Die menschliche Seite der Naturwissenschaft

- 4.1. Naturwissenschaftliche Arbeit ist äußerst kollaborativ, und die Welt der Naturwissenschaftler setzt sich aus Menschen zusammen, die auf den Gebieten Naturwissenschaft, Technik und Technologie tätig sind. Es ist üblich, in Teams zu arbeiten, die aus mehreren Disziplinen zusammengestellt sind, da verschiedene Fachbereiche und Spezialisierungen zu einem gemeinsamen Ziel beitragen können, das über den Rahmen einer einzigen Disziplin hinausgeht. Außerdem ist es so, dass die Art und Weise, wie ein Problem innerhalb des Paradigmas einer Disziplin formuliert ist, auf potenzielle Lösungen einschränkend wirkt. Es kann daher äußerst nützlich sein, Probleme unter Anwendung einer Reihe von Perspektiven zu formulieren, die neue Lösungen möglich machen.
- 4.2. Teamarbeit dieser Art findet in dem Einverständnis statt, dass Naturwissenschaft vorurteilslos und frei von religiösen, kulturellen, politischen, nationalitätsbezogenen, alters- oder geschlechtsbedingten Vorzeichen betrieben werden sollte. Naturwissenschaftliche Arbeit ist vom ungehinderten globalen Austausch von Informationen und Ideen geprägt. Natürlich handelt es sich bei den einzelnen Naturwissenschaftlern um Menschen, die möglicherweise Schwerpunkte und Vorurteile besitzen; verschiedene Institutionen, Praktiken und Methodologien helfen ihnen jedoch dabei, ihr naturwissenschaftliches Streben im Großen und Ganzen davon frei zu halten.
- 4.3. Ebenso wie bei der Zusammenarbeit im Austausch von Resultaten arbeiten Naturwissenschaftler tagtäglich in gemeinschaftlichen Gruppen, sowohl im kleinen als auch im großen Maßstab, innerhalb von Disziplinen sowie interdisziplinär und in Zusammenarbeit zwischen Laboratorien, Organisationen und Ländern, insbesondere im Zuge der virtuellen Kommunikation. Beispiele von groß angelegter gemeinschaftlicher Arbeit sind u.a.:
- Das Manhattan Projekt, dessen Ziel darin bestand, eine Atombombe herzustellen und zu testen. An diesem Projekt waren letztendlich mehr als 130.000 Mitarbeiter beteiligt. Es führte zur Einrichtung zahlreicher Produktions- und Forschungsstätten, die geheim gehalten wurden. Das Projekt kulminierte im Abwurf von zwei Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki.
 - Das Humangenomprojekt (HGP) wurde als internationales Projekt zur Kartierung des menschlichen Genoms eingerichtet. Das 1990 begonnene Drei-Milliarden-Dollar Projekt brachte im Jahre 2000 den ersten Entwurf des menschlichen Genoms hervor. Die DNA-Sequenz wird in Datenbanken gespeichert, die im Internet frei verfügbar sind.
 - Das IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change/zwischenstaatliches Gremium für Klimaänderungen), das der Schirmherrschaft der Vereinten Nationen untersteht, setzt sich offiziell aus ca. 2.500 Naturwissenschaftlern zusammen. Diese Naturwissenschaftler erstellen Berichte, in denen die Arbeit zahlreicher anderer Naturwissenschaftler aus der ganzen Welt zusammengefasst ist.
 - CERN, die Europäische Organisation für Kernforschung, eine 1954 gegründete internationale Organisation, ist das größte Teilchenphysiklabor der Welt. Das in Genf ansässige Laboratorium beschäftigt ca. 2.400 Mitarbeiter und tauscht seine Resultate mit 10.000 Naturwissenschaftlern und Ingenieuren aus über 100 Nationen an mehr als 600 Universitäten und Forschungsanstalten aus.

Alle obigen Beispiele sind relativ kontrovers und haben sowohl unter Naturwissenschaftlern als auch in der Öffentlichkeit starke Emotionen hervorgerufen.

- 4.4. Naturwissenschaftler verbringen einen beträchtlichen Teil ihrer Zeit damit, die veröffentlichten Resultate anderer Naturwissenschaftler zu lesen. Sie veröffentlichen ihre eigenen Resultate in wissenschaftlichen Fachzeitschriften nach Durchführung eines als Peer Review bezeichneten Verfahrens. Dabei handelt es sich um einen Vorgang, bei dem die Arbeit eines Wissenschaftlers oder gewöhnlich eines Teams anonym und unabhängig durch mehrere, auf demselben Gebiet tätige Naturwissenschaftler begutachtet wird, die entscheiden, ob die Forschungsmethodologien solide sind und ob die Arbeit einen neuen Beitrag zum Wissensstand auf diesem Gebiet leistet. Abgesehen davon nehmen sie an Konferenzen teil, um Vorträge zu halten und Poster über ihre Arbeit zu zeigen. Die Veröffentlichung von Peer Review unterzogenen Artikeln im Internet hat die Effizienz erhöht, mit der die naturwissenschaftliche Literatur durchsucht und auf sie zugegriffen werden kann. Es gibt eine große Anzahl nationaler und internationaler Organisationen für Naturwissenschaftler, die innerhalb ihres Fachs auf Spezialgebieten arbeiten.
- 4.5. Naturwissenschaftler arbeiten oft auf Gebieten bzw. erstellen Befunde, die erhebliche ethische und politische Implikationen mit sich bringen. Zu diesen Gebieten gehören das Klonen, die gentechnische Modifikation von Nahrungsmitteln und Organismen, Stammzell- und Reproduktionstechnologien, Kernkraft, die Entwicklung von Waffen (Kernkraft-, chemische und biologische Waffen), Transplantation von Gewebe und Organen sowie Bereiche, in denen Tierversuche durchgeführt werden (siehe die IB-Grundsatzerklärung zu Tierversuchen). Außerdem gibt es Fragen zu geistigen Eigentumsrechten und zum ungehinderten Austausch von Informationen, die sich auf eine Gesellschaft auswirken können. Naturwissenschaftliche Arbeit wird in Universitäten, kommerziellen Unternehmen, Regierungsorganisationen, Verteidigungsbehörden und internationalen Organisationen durchgeführt. Fragen bezüglich Patenten und geistigen Eigentumsrechten ergeben sich, wenn Arbeit in einem geschützten Arbeitsfeld durchgeführt wird.
- 4.6. Die Integrität und redliche Repräsentation von Daten sind in der Wissenschaft von allerhöchster Bedeutung, die Ergebnisse dürfen nicht festgesetzt oder in irgendeiner Weise manipuliert oder frisiert sein. Um akademische Redlichkeit zu fördern und vor Plagiaten zu schützen, sind alle Quellen aufgeführt; jegliche Hilfe oder Unterstützung wird in gebührendem Maße anerkannt. Peer Review sowie die Kritik und Skepsis der naturwissenschaftlichen Gemeinschaft tragen ebenfalls zur Verwirklichung dieser Ziele bei.
- 4.7. Jede naturwissenschaftliche Arbeit muss finanziert werden; die Finanzierungsquelle ist daher ausschlaggebend für Entscheidungen hinsichtlich der Art der durchzuführenden Forschungsarbeit. Die Finanzierung durch Regierungen und Stiftungen für einen wohltätigen Zweck ist manchmal für reine Forschung, ohne offenkundigen direkten Nutzen bestimmt, während Finanzierung von Privatunternehmen oft für angewandte Forschung bestimmt ist, die ein/e bestimmte/s Produkt bzw. Technologie hervorbringen soll. Politische und wirtschaftliche Faktoren bestimmen oft die Beschaffenheit und das Ausmaß der Finanzierung. Naturwissenschaftler müssen oft Zeit auf die Beantragung von Forschungsgeldern aufwenden und überzeugende Argumente für die Bedeutung der geplanten Forschungsarbeit liefern.
- 4.8. Die Naturwissenschaft ist zur Lösung zahlreicher Probleme eingesetzt worden und hat das Los der Menschen oft verbessert. Andererseits ist sie auch zu moralisch zweifelhaften Zwecken und auf Weisen verwendet worden, die unbeabsichtigte Probleme verursacht haben. Fortschritte in Abwasser- und Abfallentsorgung, Reinwasserversorgung und Hygiene haben zur beträchtlichen Senkung der Sterblichkeitsraten geführt. Allerdings hat das in Abwesenheit einer ausgleichenden Senkung von Geburtenraten zu einem riesigen Anstieg in den Bevölkerungsziffern geführt, mit den damit verbundenen Problemen bezüglich Ressourcen, Energie und Nahrungsmittelversorgung. Diskussionen über Ethik, Nutzen-Risiko-Analysen, Risikobewertung sowie das Vorbeugungsprinzip gehören alle zu den naturwissenschaftlichen Methoden, die beim Streben um das Gemeinwohl eingesetzt werden.

5. Naturwissenschaftliche Grundbildung und der naturwissenschaftliche Kenntnisstand der Öffentlichkeit

- 5.1. Grundkenntnisse der Beschaffenheit der Naturwissenschaften sind unverzichtbar, wenn in einer Gesellschaft Entscheidungen über naturwissenschaftliche Befunde und Probleme getroffen werden müssen. Wie entscheidet die Öffentlichkeit? Es ist wohl kaum möglich, Entscheidungen auf das direkte Verständnis naturwissenschaftlicher Zusammenhänge der Öffentlichkeit zu gründen; andererseits lassen sich wichtige Fragen stellen, ob naturwissenschaftliche Prozesse befolgt worden sind und ob Naturwissenschaftlern in der Beantwortung dieser Fragen eine Funktion zukommt.
- 5.2. Als Experten auf ihren jeweiligen Gebieten sind Naturwissenschaftler hervorragend geeignet, der Öffentlichkeit bestimmte Probleme und Befunde zu erläutern. Außerhalb ihres Spezialgebiets sind sie vielleicht nicht mehr als der normale Staatsbürger in der Lage, andere über naturwissenschaftliche Probleme aufzuklären, obwohl ihr Verständnis naturwissenschaftlicher Vorgänge ihnen dabei helfen kann, persönliche Entscheidungen zu treffen und die Öffentlichkeit darüber zu informieren, ob bestimmte Behauptungen aus naturwissenschaftlicher Sicht glaubwürdig sind.
- 5.3. Naturwissenschaftliche Grundkenntnisse erleichtern nicht nur das Verständnis für naturwissenschaftliche Denkweisen, sondern schärfen auch die analytische Fähigkeit zu erkennen, wenn eine Argumentation fehlerhaft ist. Es gibt eine ganze Reihe von kognitiven Verzerrungen/ fehlerhaften Argumentationsweisen, denen Menschen (einschl. Naturwissenschaftlern) zum Opfer fallen können, und diese müssen so bald wie möglich korrigiert werden. Beispiele dafür sind Bestätigungsverzerrung, voreilige Verallgemeinerungen, *post hoc ergo propter hoc* (falsche Ursache), der Strohmännchen-Trugschluss, Neudefinition (Regeln mitten im Spiel ändern), an Tradition appellieren, falsche Autorität und sowie eine Anhäufung von Anekdoten als Beweisführung.
- 5.4. Wenn solche Verzerrungen und Trugschlüsse nicht richtig gehandhabt oder korrigiert werden oder wenn die Vorgänge und gegenseitigen Kontrollen der Naturwissenschaft ignoriert oder falsch angewendet werden, ist das Ergebnis Pseudowissenschaft. Pseudowissenschaft ist ein Begriff, der auf derartige Glaubensvorstellungen und Praktiken angewandt wird, die vorgeben, sich auf Wissenschaft zu gründen, aber nicht die Normen angemessener wissenschaftlicher Methodologien befolgen, d.h. es fehlt ihnen an unterstützenden Beweisen oder einem theoretischen Rahmen; sie sind nicht immer testbar und daher fälschbar, sind nicht rigoros oder unklar formuliert und sind oft nicht durch wissenschaftliche Tests untermauert.
- 5.5. Ein weiteres Schlüsselproblem ist die Anwendung der angemessenen Terminologie. Wörter, die von Naturwissenschaftlern als wissenschaftliche Begriffe akzeptiert werden, haben im täglichen Leben oft eine andere Bedeutung, und die wissenschaftliche Kommunikation mit der Öffentlichkeit muss das in Betracht ziehen. Im täglichen Leben versteht man unter Theorie gewöhnlich eine Vermutung oder Spekulation, während es sich in der Naturwissenschaft bei einer akzeptierten Theorie um eine wissenschaftliche Idee handelt, die Prognosen hervorgebracht hat, welche auf viele verschiedene Arten gründlich getestet worden sind. Für die Öffentlichkeit ist ein Aerosol nur eine Sprühdose, während dasselbe Wort in den Naturwissenschaften eine Suspension eines festen oder flüssigen Stoffes in einem Gas beinhaltet.
- 5.6. Gleich, um welches wissenschaftliche Gebiet es sich handelt, ob reine Forschung, angewandte Forschung oder die Entwicklung einer neuen Technologie, es gibt grenzenlosen Spielraum für kreatives und fantasievolles Denken. Wohl hat die Naturwissenschaft viel erreicht; dennoch gibt es zahllose unbeantwortete Fragen, die künftigen Naturwissenschaftlern Kopfzerbrechen bereiten werden.

Das nachstehende Organigramm gehört zu einem interaktiven Ablaufdiagramm, das den wissenschaftlichen Vorgang der Nachforschung in der Praxis zeigt. Die interaktive Version finden Sie unter „How science works: The flowchart.“ Understanding Science. University of California Museum of Paleontology. 1 February 2013 <<http://undsci.berkeley.edu/article/scienceflowchart>>.

So funktioniert Wissenschaft

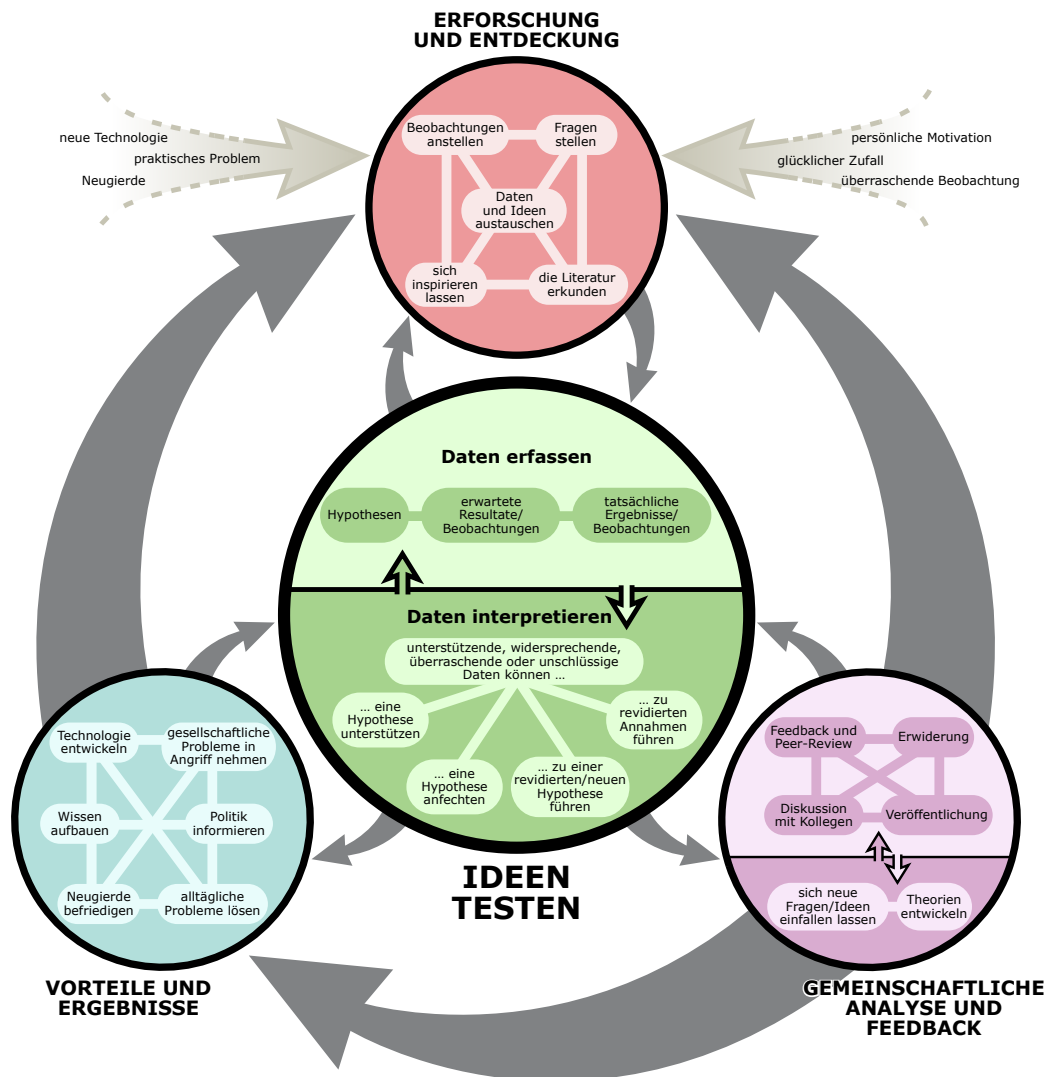


Abbildung 2
Wege zur wissenschaftlichen Entdeckung

Beschaffenheit der Biologie

Biologie ist das Studium des Lebens. Die ersten Organismen erschienen vor mehr als drei Milliarden Jahren auf unserem Planeten und haben durch Reproduktion und natürliche Auslese zur Entstehung der acht oder mehr Millionen Arten geführt, die heute auf der Erde leben. Die Schätzungen variieren, aber im Laufe der Evolution könnten sich vier Milliarden Arten entwickelt haben. Die meisten erlebten eine relativ kurze Blütezeit und sind dann in dem Maße ausgestorben, wie neue, besser adaptierte Arten ihre Stelle einnahmen. Es hat mindestens fünf Zeitalter gegeben, in denen sehr große Mengen von Arten ausgestorben sind. Biologen haben die Sorge, dass ein weiteres Massenaussterben im Gange ist, das dieses Mal durch die Aktivität des Menschen verursacht wird. Trotzdem existieren heutzutage auf der Erde mehr Arten als je zuvor. Diese Artenvielfalt macht die Biologie zu einer unerschöpflichen Quelle der Faszination, die den Menschen allerdings vor beträchtliche Herausforderungen stellt.

Ein Interesse am Leben erklärt sich für den Menschen von selbst; wir sind nicht nur selbst lebende Organismen, unser Überleben hängt von vielen Arten ab; wir fühlen uns von manchen bedroht, während wir mit anderen koexistieren. Von den frühesten Höhlenmalereien bis zu Naturdokumentarfilmen der Neuzeit ist dieses Interesse ebenso selbstverständlich wie allgegenwärtig, da Biologie Alt und Jung in aller Welt fasziniert.

Das Wort „Biologie“ wurde 1802 vom deutschen Naturforscher Gottfried Reinhold geprägt, aber unser Wissen über lebende Organismen nahm erst dann rapide zu, als im 18. und 19. Jahrhundert bestimmte Methoden und Technologien entwickelt wurden; nicht zuletzt die Erfindung des Mikroskops sowie die Erkenntnis, dass natürliche Auslese der Prozess ist, der die Evolution des Lebens vorangetrieben hat.

Biologen versuchen, lebende Organismen auf allen Stufen zu verstehen, wobei sie zahlreiche verschiedene Ansätze und Methoden verfolgen. An einem Ende der Skala befindet sich die Zelle mit ihrem molekularen Aufbau und ihren komplexen Stoffwechselreaktionen. Am anderen Ende der Skala untersuchen Biologen die Wechselbeziehungen, die ganze Ökosysteme funktionieren lassen.

Viele biologische Forschungsgebiete sind ausgesprochen anspruchsvoll, und zahlreiche Entdeckungen stehen noch aus. Die Biologie ist noch eine relativ junge Naturwissenschaft; daher ist im 21. Jahrhundert mit bedeutenden Fortschritten zu rechnen. Diese Fortschritte sind längst überfällig zu einem Zeitpunkt, da die zunehmende menschliche Bevölkerung immer größeren Druck auf die Nahrungsmittelversorgung und auf die Habitate anderer Arten ausübt, wobei der von uns bewohnte Planet selbst in Gefahr gerät.

Der pädagogische Ansatz

Es gibt eine Reihe verschiedener Ansätze für den Biologieunterricht. Die Biologie eignet sich aufgrund ihrer spezifischen Beschaffenheit von Natur aus für einen experimentellen Ansatz. Es ist damit zu rechnen, dass sich dies im Laufe des Kurses zeigen wird.

Die Reihenfolge, in der der Lehrplan angeordnet ist, ist **nicht** die Reihenfolge, in der unterrichtet werden soll. Es ist vielmehr der einzelnen Lehrkraft überlassen, den Unterricht so aufzubauen, wie es den jeweiligen Umständen entspricht. Das Material des Wahlpflichtbereiches kann auf Wunsch im Rahmen des Kerns oder des ZLS-Materials gelehrt werden oder das Material kann als separate Einheit unterrichtet werden.

Die Naturwissenschaften und die internationale Dimension

Die Naturwissenschaft selbst beruht auf einem internationalen Prozess; der Austausch von Informationen und Ideen über nationale Grenzen hinweg ist für den naturwissenschaftlichen Fortschritt seit jeher von ausschlaggebender Bedeutung. Dieser Austausch ist kein neues Phänomen, hat sich aber in letzter Zeit aufgrund der Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien stark beschleunigt. Die Vorstellung, dass die Naturwissenschaften eine Erfindung des Westens seien, beruht auf einem Mythos: Viele Grundsteine der heutigen Naturwissenschaften wurden vor Hunderten von Jahren durch arabische, indische, chinesische und andere Zivilisationen gelegt. Lehrer sind angehalten, diesen Beitrag beim Unterrichten verschiedener Themen beispielsweise anhand von Zeittafel-Webseiten hervorzuheben. Die naturwissenschaftliche Methodik im weitesten Sinne, mit ihrer Hervorhebung von Peer Review, Aufgeschlossenheit und Gedankenfreiheit setzt sich über Politik, Religion, Geschlecht und Staatsangehörigkeit hinweg. Gegebenenfalls finden Sie bei bestimmten Themen in den Kapiteln des Lehrplans für die Gruppe 4 Hinweise für den Lehrer, die die internationalen Aspekte der Wissenschaft veranschaulichen.

Auf organisatorischer Ebene gibt es heutzutage zahlreiche internationale Organisationen, die die Naturwissenschaften fördern. Die den Vereinten Nationen angehörigen Organisationen wie UNESCO, UNEP und WMO, in denen die Naturwissenschaften eine bedeutende Rolle spielen, sind zwar hinlänglich bekannt; darüber hinaus gibt es jedoch Hunderte von anderen Organisationen und Gremien, die alle Zweige der Wissenschaft repräsentieren. Die Einrichtungen für groß angelegte Forschung, wie z. B. in der Teilchenphysik und dem Human-Genom-Projekt, sind kostspielig. Das kann nur durch Joint Ventures mit Finanzierung seitens mehrerer Staaten erfolgen. Die aus derartigen Forschungsarbeiten stammenden Daten werden unter Naturwissenschaftlern weltweit ausgetauscht. Lehrer und Schüler im Rahmen der Gruppe 4 sind gehalten, die extensiven Webseiten und Datenbanken dieser internationalen wissenschaftlichen Organisationen zu besuchen, um ihre Einblicke in die internationale Dimension zu vertiefen.

Es wird jedoch in zunehmendem Maße anerkannt, dass zahlreiche naturwissenschaftliche Probleme, von Klimaänderung bis AIDS, internationaler Art sind, was in vielen Bereichen zu einem globalen Ansatz geführt hat. Die Berichte des zwischenstaatlichen Gremiums für Klimaänderungen sind ein ausgezeichnetes Beispiel dafür. In praktischer Hinsicht reflektiert das Projekt der Gruppe 4 (an dem alle Schüler teilnehmen müssen) die Arbeit „echter“ Naturwissenschaftler durch die Förderung der Zusammenarbeit zwischen Schulen aus verschiedenen Regionen.

Der Einfluss naturwissenschaftlicher Kenntnisse auf gesellschaftlichen Wandel ist ohnegleichen. Die Naturwissenschaften besitzen einerseits das Potenzial, große universelle Vorteile zu schaffen, andererseits aber Ungleichheiten zu verschärfen und sowohl den Menschen als auch der Umwelt Schaden zuzufügen. Gemäß dem IB-Leitbild müssen Schüler der Gruppe 4 sich der moralischen Verantwortung von Naturwissenschaftlern bewusst sein, um sicherzustellen, dass naturwissenschaftliche Kenntnisse und Daten allen Staaten in gleichem Maße zur Verfügung gestellt werden und dass diese die wissenschaftliche Kapazität aufweisen, sie zur Entwicklung nachhaltiger Gesellschaften einzusetzen.

Die Schüler sind auf die Kapitel des Lehrplans aufmerksam zu machen, welche Hinweise auf internationale Denkweisen enthalten. Beispiele für die Thematik auf dem Gebiet internationaler Denkweisen sind innerhalb von Unterthemen im Lehrplaninhalt aufgeführt. Lehrer können auch Ressourcen verwenden, die sich auf der *Global Engage* Webseite unter (<http://globalengage.ibo.org>) befinden.

Unterschied zwischen GS und LS

Schüler der Grundstufe (GS) und Leistungsstufe (LS) in der Gruppe 4 absolvieren einen gemeinsamen Lehrplan für den Pflichtteil, mit einem gemeinsamen internen Bewertungssystem und einigen gemeinsamen Elementen in den Wahlpflichtbereichen. Sie haben einen Lehrplan vorliegen, der die Entwicklung bestimmter, im vorliegenden Handbuch unter „Lernziele“ beschriebener Kompetenzen, Eigenschaften und Einstellungen fördert.

Während die Kompetenzen und Aktivitäten von naturwissenschaftlichen Fächern der Gruppe 4 für GS- und LS-Schüler identisch sind, müssen LS-Schüler bei einigen Themen mehr in die Tiefe gehen, sowohl in Bezug auf das Material des Zusatzmoduls für die Leistungsstufe (ZLS) als auch in den gemeinsamen Wahlpflichtbereichen. Der Unterschied zwischen GS und LS besteht in der Bandbreite und Gründlichkeit.

Vorkenntnisse

Die Erfahrung hat gezeigt, dass Schüler in einem naturwissenschaftlichen Fach der Gruppe 4 auf Grundstufenniveau auch ohne naturwissenschaftliche Vorkenntnisse erfolgreich mitarbeiten können. Ihr von den spezifischen Merkmalen eines IB-Lernerprofils geprägter Lernansatz ist in diesem Rahmen von Bedeutung.

Bei den meisten Schülern, die ein Fach der Gruppe 4 auf Leistungsstufenniveau belegen wollen, sind jedoch im Normalfall Vorkenntnisse aus einer formellen Grundausbildung in den Naturwissenschaften erforderlich. Es sind zwar keine spezifischen Einzelheiten für ein Thema festgesetzt; Schüler, die das IB-Mittelstufenprogramm (MYP) absolviert haben oder eine nationale naturwissenschaftliche Qualifikation besitzen bzw. einen von der Schule vermittelten naturwissenschaftlichen Unterricht absolviert haben, sind für ein LS-Fach gut vorbereitet.

Verbindung mit dem Mittelstufenprogramm (MYP)

Schüler, die die naturwissenschaftlichen, mathematischen und Design-Fächer des Mittelstufenprogramms absolviert haben, sind für Fächer der Gruppe 4 gut vorbereitet. Die Anpassung zwischen den Naturwissenschaften des Mittelstufenprogramms und den Kursen der Gruppe 4 im DP erlaubt Schülern den reibungslosen Übergang zwischen Programmen. Die gleichlaufende Planung der neuen Lehrgänge in Gruppe 4 und *MYP: Next Chapter* (beide 2014 eingeführt) hat zu einer besseren Anpassung beigetragen.

Naturwissenschaftliche Untersuchungen bilden das Herzstück des Lehrens und Lernens im MYP. Sie geben Schülern Gelegenheit, sich eine Denkweise und Kompetenzen und Verfahrensweisen anzueignen, die ihnen Kenntnisse verschaffen und ihnen beibringen, damit umzugehen. Darüber hinaus wird dadurch den Schülern die Grundbefähigung verliehen, die Komponente der internen Bewertung von Fächern der Gruppe 4 in Angriff zu nehmen. Die Vision für die MYP-Naturwissenschaften besteht darin, zur Entwicklung von Schülern beizutragen, die für die im 21. Jahrhundert auf sie zukommenden Lernvorgänge gewappnet sind. Ein ganzheitliches Programm der Naturwissenschaften befähigt Schüler, eine Kombination kognitiver Kompetenzen, gesellschaftlicher Kompetenzen, persönlicher Motivierung, konzeptionellen Wissens und Problemlösungskompetenzen im Rahmen einer auf Untersuchungen gestützten Lernumgebung (Rhoton 2010) zu entwickeln und zu nutzen. Untersuchungen dienen dazu, den Kenntnisstand von Schülern dadurch zu fördern, dass sie Gelegenheit zur unabhängigen wie auch zur kollaborativen Untersuchung relevanter Probleme durch Forschung und Experimente erhalten. Dadurch entsteht ein solides Fundament naturwissenschaftlicher Kenntnisse mit tief verankerten konzeptionellen Wurzeln für Schüler, die in die Kurse der Gruppe 4 einsteigen.

Im MYP treffen Lehrer, gestützt auf ihre professionelle Urteilskraft und auf der Basis von Kriterien, die publik, präzise und im Voraus bekannt sind, Entscheidungen über die Leistung von Schülern, wobei sichergestellt wird, dass die Bewertung transparent ist. IB beschreibt diesen Ansatz als „kriterienverbunden“, eine Bewertungsphilosophie, die weder „normbezogen“ (wobei die Schüler miteinander und mit einer erwarteten Leistungsverteilung verglichen werden müssen) noch „kriterienbezogen“ ist (wobei Schüler alle Stränge spezifischer Kriterien auf niedrigerem Leistungsniveau beherrschen müssen, bevor sie auf die nächste Stufe übergehen dürfen). Dabei muss betont werden, dass die allerwichtigsten Ziele bei der MYP-Bewertung (im Einklang mit dem Primarstufenprogramm/PYP und dem DP) in der Unterstützung der Lehrplanziele und in der Förderung der Schüler zum entsprechenden Lernen bestehen. Bewertungen stützen sich auf die Beurteilung der Kurszielvorgaben und –zielsetzungen. Daher ist durch wirksamen Unterricht, der den Erfordernissen des Kurses entspricht, gleichzeitig gewährleistet, dass der Unterricht auch im Hinblick auf die Erfüllung der formellen Bewertungserfordernisse wirksam ist. Schüler müssen verstehen, worin die Bewertungserwartungen, Normen und Praktiken bestehen. Diese sind daher frühzeitig und auf natürliche Weise den Schülern im Rahmen des Unterrichts wie auch in Klassenarbeiten und Hausarbeiten nahezubringen. Erfahrungen mit kriterienverbundener Bewertung helfen Schülern beim Übergang in die Kurse der Gruppe 4 insofern, als sie dadurch die Anforderungen der internen Bewertung leichter verstehen.

Bei den MYP-Naturwissenschaften handelt es sich um einen konzeptgesteuerten Lehrplan, der Schülern dabei helfen soll, durch verbessertes kritisches Denken und den Wissenstransfer Bedeutungskonzepte zu entwickeln. Auf dem obersten Niveau gibt es *Leitkonzepte*, bei denen es sich um breit angelegte, organisierende, gewaltige Ideen handelt, die zwar auch innerhalb des naturwissenschaftlichen Kurses relevant sind, gleichzeitig jedoch über den Rahmen des Kurses hinaus gehen, indem sie auch in anderen Fächergruppen relevant sind. Diese Leitkonzepte erleichtern sowohl das disziplinäre als auch das interdisziplinäre Lernen und stellen gleichzeitig Verbindungen mit anderen Fächern her. Während die Leitkonzepte dem Programm Breite verleihen, vermitteln die *verwandten Konzepte* in den MYP-Naturwissenschaften dem Programm Tiefe. Das verwandte Konzept kann als Grundgedanke der Unterrichtseinheit betrachtet werden, der ihr Fokus und Tiefe verleiht und Schülern den Weg zum konzeptionellen Wissen weist.

Im Rahmen des MYPs gibt es 16 Leitkonzepte, wobei die unten hervorgehobenen den Fokus für die MYP-Naturwissenschaften beinhalten.

Die Leitkonzepte im MYP-Lehrplan			
Ästhetik	Wandel	Kommunikation	Lebensgemeinschaften
Zusammenhänge	Kreativität	Kultur	Entwicklung
Form	Globale Wechselwirkungen	Identität	Logik
Perspektive	Verhältnisse	Systeme	Zeit, Ort und Raum

MYP-Schüler können sich darüber hinaus wahlweise als weitere Vorbereitung auf Naturwissenschaftskurse im DP einer konzeptbezogenen Bewertung unterziehen.

Naturwissenschaft und Erkenntnistheorie

Der Lehrgang Erkenntnistheorie (ET) (erste Prüfung 2015) bewirkt, dass Schüler sich in Betrachtungen über die Beschaffenheit des Wissens vertiefen sowie darüber, inwiefern wir wissen, was wir zu wissen behaupten. Der Lehrgang identifiziert acht Instrumente des Wissens: Vernunft, Emotion, Sprache, sinnliche Wahrnehmung, Intuition, Fantasie, Glaube und Gedächtnis. Schüler erforschen diese Methoden zur Erlangung von Wissen im Rahmen verschiedener Wissensbereiche: Naturwissenschaften, Sozialwissenschaften, bildende und darstellende Künste, Ethik, Geschichte, Mathematik, religiöse Wissenssysteme und indigene Wissenssysteme. Außerdem verlangt der Kurs von den Schülern, Vergleiche zu ziehen zwischen den verschiedenen Wissensbereichen, darüber nachzudenken, auf welche Art und Weise in den verschiedenen Disziplinen Wissen erworben wird, was den Disziplinen gemein ist sowie über die Aspekte nachzudenken, die sie voneinander unterscheiden.

Der ET-Unterricht kann Schüler in ihrem Studium der Naturwissenschaften unterstützen, ebenso wie das Studium der Naturwissenschaften Schüler in ihrem ET-Lehrgang unterstützen kann. ET vermittelt Schülern den erforderlichen Freiraum, in dem sie stimulierende, breit angelegte Diskussionen über Fragen führen können, u.a. was es bedeutet, wenn es sich bei einer Disziplin um eine Naturwissenschaft handelt bzw. ob dem Streben nach naturwissenschaftlichen Erkenntnissen ethische Grenzen gesetzt sind. Darüber hinaus ergibt sich dabei für Schüler die Gelegenheit, über die Methodologien der Naturwissenschaften nachzudenken, wie auch darüber, inwiefern diese sich mit den Methodologien anderer Wissensbereiche vergleichen lassen. Inzwischen ist weithin anerkannt, dass es im strikten Popperschen Sinne keine einzige wissenschaftliche Methode gibt. Vielmehr werden in den Naturwissenschaften viele verschiedene Ansätze verfolgt, um Erklärungen für die Vorgänge in der Natur hervorzubringen. Den verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen ist ein Fokus gemein, der sich auf die Nutzung induktiver und deduktiver Argumentationsweisen sowie auf die Bedeutung von Beweisen usw. stützt. Schüler werden dazu angeregt, diese Methoden beispielsweise mit in den Geisteswissenschaften oder der Geschichte angewendeten Methoden zu vergleichen und zu kontrastieren.

Dadurch ergeben sich für Schüler ergiebige Chancen, Zusammenhänge zwischen der von ihnen belegten Naturwissenschaft und dem ET-Kurs zu ermitteln. Eine Möglichkeit für Lehrer in den Naturwissenschaften, den Schülern beim Herstellen der Verknüpfungen mit ET zu helfen, besteht darin, die Aufmerksamkeit der Schüler auf Erkenntnisfragen zu lenken, die sich aus dem Fachinhalt ergeben. Bei Erkenntnisfragen handelt es sich um offene Fragen über Kenntnisse, wie u.a.:

- Wie unterscheidet man Wissenschaft von Pseudowissenschaft?
- Worin besteht das Verhältnis zwischen den Erwartungen und den Wahrnehmungen eines Naturwissenschaftlers beim Durchführen eines Experiments?
- Auf welche Weise werden wissenschaftliche Fortschritte erzielt?
- Welche Rolle spielen Fantasie und Intuition in den Naturwissenschaften?
- Worin bestehen die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den Methoden der Naturwissenschaften und den Methoden der Geisteswissenschaften?

Das vorliegende Handbuch enthält Beispiele relevanter Erkenntnisfragen im Rahmen der Unterthemen des Lehrplaninhalts. Lehrer können auch Beispiele interessanter Erkenntnisfragen für Diskussionszwecke in den Kapiteln „Wissensbereiche“ und „Wissensrahmen“ des ET-Handbuchs finden. Schüler sollten dazu angeregt werden, derartige Erkenntnisfragen sowohl im wissenschaftlichen Unterricht als auch im ET-Unterricht zur Sprache zu bringen.

Allgemeine Zielsetzung

Allgemeine Zielsetzung der Gruppe 4

Im Rahmen des Biologie-, Chemie- oder Physikunterrichts sollte den Schülern klar werden, wie Naturwissenschaftler arbeiten und miteinander kommunizieren. Die naturwissenschaftliche Methode kann zwar eine Vielzahl verschiedener Formen annehmen; durch experimentelle Arbeit liegt die Betonung in diesen Fächern jedoch auf einem praktischen Ansatz.

Durch das überspannende Thema der Beschaffenheit der Naturwissenschaften ermöglicht die allgemeine Zielsetzung den Schülern, Folgendes zu erzielen:

1. das wissenschaftliche Arbeiten sowie die Kreativität in einem globalen Kontext durch stimulierende und anspruchsvolle Aufgaben zu schätzen,
2. sich Wissen, Methoden und Verfahrensweisen, die für die Naturwissenschaft und Technologie charakteristisch sind, anzueignen,
3. Wissen, Methoden und Verfahrensweisen, die für die Naturwissenschaft und Technologie charakteristisch sind, anzuwenden und zu nutzen,
4. Fähigkeiten zur Analyse, Beurteilung und Synthese naturwissenschaftlicher Informationen zu entwickeln,
5. ein kritisches Bewusstsein hinsichtlich der Notwendigkeit und des Werts wirksamer Zusammenarbeit und Kommunikation bei wissenschaftlichen Aktivitäten zu entwickeln,
6. experimentelle und Forschungskompetenzen, einschließlich der Nutzung neuester Technologien zu entwickeln,
7. Kommunikationsfertigkeiten des 21. Jahrhunderts im Rahmen des Studiums der Naturwissenschaften zu entwickeln und anzuwenden,
8. als Weltbürger ein kritisches Bewusstsein in Bezug auf die ethischen Implikationen der Nutzung von Naturwissenschaften und Technologie zu entwickeln,
9. eine Wertschätzung der Möglichkeiten und Einschränkungen der Naturwissenschaft und der Technik zu entwickeln,
10. Kenntnisse über die Beziehungen zwischen naturwissenschaftlichen Disziplinen und ihren Einfluss auf andere Wissensbereiche zu entwickeln.

Lernziele

Die Lernziele für Biologie, Chemie und Physik geben die Teile der allgemeinen Zielsetzung wieder, die entweder intern oder extern förmlich zu bewerten sind. Diese Bewertung stützt sich auf die Beschaffenheit der Naturwissenschaften. Diese Kurse sind so ausgelegt, dass die Schüler folgende Lernziele erreichen:

1. den Nachweis erbringen, dass sie Folgendes wissen und verstehen:
 - b. Fakten, Konzepte und Terminologie
 - c. naturwissenschaftliche Methoden und Verfahrensweisen
 - d. Kommunikation naturwissenschaftlicher Informationen
2. Folgendes anwenden:
 - a. Fakten, Konzepte und Terminologie
 - b. naturwissenschaftliche Methoden und Verfahrensweisen
 - c. Methodik der Kommunikation naturwissenschaftlicher Informationen
3. Folgendes entwickeln, analysieren und beurteilen:
 - a. Hypothesen, Forschungsfragen und Prognosen
 - b. naturwissenschaftliche Methoden und Verfahrensweisen
 - c. Primär- und Sekundärdaten
 - d. naturwissenschaftliche Erläuterungen
4. nachweisen, dass sie die Kompetenzen für Forschung, experimentelle Arbeit sowie die persönlichen Kompetenzen besitzen, die für einsichtsvolle und ethische Untersuchungen erforderlich sind

Kurzfassung des Lehrplans

Lehrplankomponente	Unterrichtsstunden	
	GS	LS
Pflichtteil	95	
1. Zellbiologie	15	
2. Molekularbiologie	21	
3. Genetik	15	
4. Ökologie	12	
5. Evolution und Biodiversität	12	
6. Humanphysiologie	20	
Zusatzmodul für die Leistungsstufe (ZLS)		60
7. Nukleinsäuren		9
8. Stoffwechsel, Zellatmung und Fotosynthese		14
9. Pflanzenbiologie		13
10. Genetik und Evolution		8
11. Tierphysiologie		16
Wahlpflichtbereich	15	25
A. Neurobiologie und Verhaltenslehre	15	25
B. Biotechnologie und Bioinformatik	15	25
C. Ökologie und Naturschutz	15	25
D. Humanphysiologie	15	25
Praktisches Arbeitsprogramm	40	60
Praktische Aktivitäten	20	40
Individuelle Untersuchung (interne Bewertung)	10	10
Projekt der Gruppe 4	10	10
Unterrichtsstunden insgesamt	150	240

Wie im Dokument *General regulations: Diploma Programme for students and their legal guardians* (2011) (page 4, Article 8.2).*** dargelegt, beträgt die empfohlene Unterrichtszeit 240 Stunden zur Absolvierung der LS-Kurse bzw. 150 Stunden zur Absolvierung der GS-Kurse.

Ansätze zum Lehren und Lernen von Biologie

Aufbau des Lehrplans im Einzelnen

Der Aufbau des Kapitels über den Lehrplan im Rahmen der Handbücher der Gruppe 4 ist für Physik, Chemie und Biologie identisch. Die vorliegende neue Struktur gibt den Lehr- und Lernaspekten besonderen Vorrang.

Themen oder Wahlpflichtbereiche

Die Themen sind nummeriert und die Wahlpflichtbereiche durch einen Buchstaben gekennzeichnet. Zum Beispiel „Thema 4: Ökologie“, oder „Wahlpflichtbereich D: Humanphysiologie“.

Unterthemen

Unterthemen sind wie folgt nummeriert, „4.1: Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosysteme“. Näheres sowie Hinweise zu potenziellen Unterrichtsstunden sind im Informationsmaterial für Lehrer enthalten.

Jedes Unterthema beginnt jeweils mit einem Grundgedanken. Der Grundgedanke ist eine dauerhafte Interpretation, die als Bestandteil der naturwissenschaftlichen Kenntnisse der Öffentlichkeit gilt. Daran schließt sich ein Abschnitt über die „Beschaffenheit der Naturwissenschaften“ an. Er enthält spezifische kontextbezogene Beispiele, die bestimmte Aspekte der Beschaffenheit der Naturwissenschaften veranschaulichen. Die Beispiele sind direkt mit bestimmten Referenzen im Kapitel „Beschaffenheit der Naturwissenschaften“ dieses Handbuchs verbunden und dienen zur Unterstützung der Lehrer im Verständnis des anzusprechenden allgemeinen Themas.

Unter dem überspannenden Thema „Beschaffenheit der Naturwissenschaften“ gibt es zwei Spalten. In der ersten Spalte sind Kenntnisse aufgeführt; dabei handelt es sich um die zu unterrichtenden allgemeinen Leitgedanken. Daran schließt sich der Abschnitt „Anwendungsformen und Kompetenzen“ an, in dem die spezifischen Anwendungen und Kompetenzen umrissen sind, die auf Basis der Kenntnisse entwickelt werden sollen. Ein Abschnitt unter der Bezeichnung „Hinweise“ enthält Informationen über die Grenzen, Einschränkungen und die Gründlichkeit, mit der die Lehrer und Prüfer die jeweiligen Themen behandeln sollen. Der Inhalt des Abschnitts „Beschaffenheit der Naturwissenschaften“ oberhalb der beiden Spalten sowie der Inhalt der ersten Spalte eignen sich zur Bewertung. Darüber hinaus findet – genau wie im vorigen Kurs - auf Basis des Inhalts der zweiten Spalte eine Bewertung der Anzeichen für internationale Denkweise in den Naturwissenschaften statt.

Die zweite Spalte enthält Vorschläge für Lehrer hinsichtlich relevanter Bezugnahmen auf internationale Denkweisen. Darüber hinaus enthält sie ET-Erkenntnisfragen (siehe das 2013 veröffentlichte Handbuch *Erkenntnistheorie*), die dazu verwendet werden können, die Gedanken der Schüler auf die Vorbereitung zum vorgeschriebenen ET-Aufsatz zu konzentrieren. Der Abschnitt „Nutzung“ kann zur Verbindung des Unterthemas mit anderen Teilen des Fachlehrplans, mit anderen Diplom-Fachhandbüchern oder mit Anwendungen in der Praxis dienen. Der Abschnitt „Allgemeine Zielsetzung“ beschreibt schließlich, auf welche Weise spezifische Zielsetzungen der Gruppe 4 im Unterthema aufgegriffen werden.

Aufbau des Handbuchs

Thema 1: <Titel>

Grundgedanke: Hier wird der Grundgedanke für das jeweilige Unterthema aufgeführt.

1.1 Unterthema	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Verknüpft das Unterthema mit dem überspannenden Thema „Beschaffenheit der Naturwissenschaften“.</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dieser Abschnitt enthält die Einzelheiten der Inhalte für die jeweiligen Unterthemen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Der Inhalt dieses Abschnitts enthält Einzelheiten über die Art und Weise, in der die Schüler die Kenntnisse anwenden sollen. Diese Anwendungen könnten z. B. darin bestehen, dass die mathematischen Kalkulationen oder praktische Kompetenzen demonstriert werden. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Dieser Abschnitt vermittelt Einzelheiten bzw. detaillierte Einschränkungen zu den Anforderungen an die Kenntnisse, Anwendungsformen und Kompetenzen. 	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ideen, die von Lehrern ohne Weiteres in ihren Unterricht integriert werden können. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Beispiele für ET-Erkenntnisfragen <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verknüpfungen zu anderen Themen im Rahmen des Biologie-Handbuchs, zu verschiedenen Realwelt-Anwendungen und zu anderen Diplomprogrammkursen. <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verknüpfungen zu den Zielsetzungen für Fächer der Gruppe 4.

Experimentelle Kompetenzen, Gruppe 4

„Ich höre und vergesse. Ich sehe und behalte. Ich handle und verstehe.“

Konfuzius

Ein integraler Bestandteil der Erfahrung von Schülern in einem der Kurse der Gruppe 4 ist ihre Arbeit im Klassenzimmer, Labor oder Feld. Praktische Aktivitäten befähigen die Schüler zur direkten Interaktion mit Naturphänomenen und Sekundärdatenquellen. Diese Erfahrungen geben den Schülern Gelegenheit zur Gestaltung von Untersuchungen sowie zur Datenerfassung, Entwicklung von Handhabungskompetenzen, Analyse von Ergebnissen, Zusammenarbeit mit anderen Schülern und zur Beurteilung sowie Kommunikation ihrer Befunde. Experimente können dazu benutzt werden, ein Thema einzuführen, ein Phänomen zu untersuchen oder Schülern die Möglichkeit zur Untersuchung von Fragen und Kuriositäten zu geben.

Dadurch, dass Schüler Gelegenheit für praktische Experimente gegeben wird, können sie einige der Prozesse durchführen, die von Wissenschaftlern durchgeführt werden. Durch Experimentieren erleben die Schüler aus erster Hand die Beschaffenheit naturwissenschaftlicher Gedankengänge und Nachforschungen. Alle naturwissenschaftlichen Theorien und Gesetze gehen von Beobachtungen aus.

Es ist wichtig, dass die Schüler an einem untersuchungsorientierten praktischen Programm teilnehmen, welches in ihnen den Drang zu naturwissenschaftlichen Untersuchungen weckt. Es reicht nicht aus, dass die Schüler Anweisungen befolgen und ein gegebenes experimentelles Verfahren wiederholen können;

sie müssen Gelegenheit zu echten Untersuchungen erhalten. Wenn die Schüler Kompetenzen auf dem Gebiet naturwissenschaftlicher Untersuchungen entwickeln, befähigt sie das, eine Erläuterung auf Basis zuverlässiger Beweise und logischer Argumente zu erstellen. Diese Denkfähigkeiten auf höherer Ebene geben den Schülern das nötige Rüstzeug für lebensbegleitendes Lernen und verleihen ihnen naturwissenschaftliche Belesenheit.

Das praktische Arbeitsschema einer Schule muss den Schülern die Möglichkeit geben, den Kurs in voller Breite und Tiefe, einschließlich Wahlpflichtbereich, zu ergründen. Das praktische Arbeitsschema muss die Schüler überdies darauf vorbereiten, die zur internen Bewertung erforderliche unabhängige Untersuchung anzustellen. Die Entwicklung von Handhabungskompetenzen müssten Schüler in die Lage versetzen, Anweisungen genau zu befolgen und die sichere, kompetente und methodische Anwendung einer Reihe von Verfahrensweisen und Ausrüstungsgegenständen zu demonstrieren.

Der Abschnitt „Anwendungsformen und Kompetenzen“ des Lehrplans führt spezifische Laborkompetenzen, Methoden und Experimente auf, die die Schüler zu einem bestimmten Zeitpunkt im Kursverlauf der Gruppe 4 in praktischer Anwendung lernen bzw. durchführen müssen. Andere empfohlene Laborkompetenzen, Methoden und Experimente sind im Abschnitt „Allgemeine Zielsetzung“ der fachspezifischen Seiten des Lehrplans aufgeführt. Die Zielsetzung 6 der Fächer in Gruppe 4 bezieht sich direkt auf die Entwicklung von Kompetenzen auf experimentellem Gebiet und in Bezug auf Untersuchungen.

Mathematische Voraussetzungen

Alle am Fach Biologie des Diplomprogramms teilnehmenden Schüler sollten folgende Fähigkeiten besitzen:

- die grundlegenden arithmetischen Methoden beherrschen: Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division
- einfache Berechnungen unter Verwendung von Mittelwerten, Dezimalzahlen, Brüchen, Prozentsätzen und Verhältnissen durchführen
- Frequenzdaten in Form von Säulen- oder Balkendiagrammen, Grafiken und Histogrammen, einschließlich direkter und reziproker Verhältnisse veranschaulichen und interpretieren
- Kurven zeichnen (mit entsprechenden Skalen und Achsen), mit zwei Variablen, die lineare oder nichtlineare Verhältnisse veranschaulichen
- Streupunktdiagramme zeichnen und interpretieren, um eine Korrelation zwischen zwei Variablen zu identifizieren und wissen, dass die Existenz einer Korrelation keinem Beweis für ein Kausalverhältnis gleichkommt
- Modus und Medianwert eines Datensatzes bestimmen sowie die Standardabweichung berechnen und analysieren
- angemessene statistische Tests zur Analyse bestimmter Daten auswählen und die Ergebnisse interpretieren.

Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie

Die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) wird für alle Aspekte des Lehrgangs empfohlen, sowohl im Hinblick auf das praktische Programm als auch die alltäglichen Aktivitäten im Unterricht. Lehrer sollten sich die IKT-Seiten in den Lehrerhandreichungen zu Nutze machen.

Planung Ihres Kurses

Der im Fachhandbuch enthaltene Lehrplan ist nicht als chronologischer Ablaufplan für den Unterricht zu deuten. Vielmehr finden Sie dort Einzelheiten zum Unterrichtsstoff, der bis zum Ende des Kurses behandelt worden sein muss. Eine Schule sollte ein Arbeitsschema erstellen, das sich für ihre Schüler am besten eignet. Beispielsweise ließe sich ein Arbeitsschema gestalten, das den verfügbaren Ressourcen entspricht, das die Vorkenntnisse und Erfahrung der Schüler in Betracht zieht oder anderen vor Ort vorherrschenden Bedingungen entspricht.

LS-Lehrern steht es z. B. frei, die Pflicht- und ZLS-Themen entweder gleichlaufend oder in Spiralform zu unterrichten, indem sie die Pflichtthemen im ersten Jahr des Kurses unterrichten und diese dann im Rahmen des Unterrichts der ZLS-Themen im zweiten Jahr des Kurses erneut behandeln. Das Thema des Wahlpflichtbereichs könnte entweder als unabhängiges Thema unterrichtet oder in den Unterricht der Pflicht- bzw. der ZLS-Themen eingebunden werden.

Gleich, wie der Kurs geplant ist, es muss genug Zeit für die Wiederholung vor den Prüfungen eingeräumt werden. Es muss den Schülern auch genug Zeit gegeben werden, um über die Lernerfahrung und ihren Wachstumsprozess als Schüler nachdenken zu können.

Das IB Lernerprofil

Der Biologiekurs ist mit dem IB Lernerprofil eng verknüpft. Beim Absolvieren dieses Kurses befassen die Schüler sich intensiv mit den Eigenschaften des IB Lernerprofils. Das gilt u.a. auch für die Anforderungen an die interne Bewertung, die Schülern Gelegenheit geben, alle Aspekte des Profils zu entwickeln. Für jede Eigenschaft des Lernerprofils sind nachstehend einige Beispiele aus den Fächern der Gruppe 4 aufgeführt.

Eigenschaft des Lernerprofils	Biologie, Chemie und Physik
Fragestellende	Zielsetzung 2 und 6 praktische Arbeit und interne Bewertung
Sachkundig	Zielsetzung 1 und 10, Verbindungen mit internationaler Denkweise praktische Arbeit und interne Bewertung
Denkende	Zielsetzung 3 und 4, Verbindungen mit Erkenntnistheorie praktische Arbeit und interne Bewertung
Kommunikatoren	Zielsetzung 5 und 7, externe Bewertung praktische Arbeit und interne Bewertung
Prinzipientreu	Zielsetzung 8 und 9 Praktische Arbeit und interne Bewertung. Ethisches Verhalten/ethische Praxis (<i>Ethical practice poster, IB animal experimentation policy</i>), akademische Redlichkeit
Aufgeschlossenheit	Zielsetzung 8 und 9, Verbindungen mit internationaler Denkweise praktische Arbeit und interne Bewertung, das Projekt der Gruppe 4

Eigenschaft des Lernerprofils	Biologie, Chemie und Physik
Fürsorglich	Zielsetzung 8 und 9 praktische Arbeit und interne Bewertung, das Projekt der Gruppe 4, ethisches Verhalten/ethische Praxis (<i>Ethical practice poster, IB animal experimentation policy</i>)
Risikobereitschaft	Zielsetzung 1 und 6 praktische Arbeit und interne Bewertung, das Projekt der Gruppe 4
Ausgewogenheit	Zielsetzung 8 und 10 praktische Arbeit und interne Bewertung; das Projekt der Gruppe 4 und Feldarbeit
Reflektierend	Zielsetzung 5 und 9 praktische Arbeit und interne Bewertung; das Projekt der Gruppe 4

Inhalt des Lehrplans

	Empfohlene Unterrichtsstunden
Pflichtteil	95
Thema 1 – Zellbiologie	15
1.1 Einführung zum Thema Zellen	
1.2 Feinstruktur von Zellen	
1.3 Membranstruktur	
1.4 Membrantransport	
1.5 Der Ursprung von Zellen	
1.6 Zellteilung	
Thema 2 – Molekularbiologie	21
2.1 Von Molekülen zum Stoffwechsel	
2.2 Wasser	
2.3 Kohlenhydrate und Lipide	
2.4 Proteine	
2.5 Enzyme	
2.6 Struktur von DNA und RNA	
2.7 DNA Replikation, Transkription und Translation	
2.8 Zellatmung	
2.9 Fotosynthese	
Thema 3 – Genetik	15
3.1 Gene	
3.2 Chromosomen	
3.3 Meiose	
3.4 Vererbung	
3.5 Genetische Modifikation und Biotechnologie	

	Empfohlene Unterrichtsstunden
Thema 4 – Ökologie	12
4.1 Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosysteme	
4.2 Energiefluss	
4.3 Kohlenstoffkreislauf	
4.4 Klimawandel	
Thema 5 – Evolution und Biodiversität	
5.1 Nachweise für Evolution	
5.2 Natürliche Auslese	
5.3 Klassifizierung der Biodiversität	
5.4 Kladistik	
Thema 6 – Humanphysiologie	20
6.1 Verdauung und Resorption	
6.2 Der Blutkreislauf	
6.3 Abwehr gegen Infektionskrankheiten	
6.4 Gasaustausch	
6.5 Neuronen und Synapsen	
6.6 Hormone, Homöostase und Reproduktion	
Zusatzmodul für die Leistungsstufe (ZLS)	60
Thema 7 – Nukleinsäuren	9
7.1 DNA-Struktur und -Replikation	
7.2 Transkription und Genexpression	
7.3 Translation	
Thema 8—Stoffwechsel, Zellatmung und Fotosynthese	14
8.1 Stoffwechsel	
8.2 Zellatmung	
8.3 Fotosynthese	
Thema 9 – Pflanzenbiologie	13
9.1 Transport im Xylem von Pflanzen	
9.2 Transport im Phloem von Pflanzen	

**Empfohlene
Unterrichtsstunden**

9.3 Wachstum bei Pflanzen

9.4 Reproduktion bei Pflanzen

Thema 10 – Genetik und Evolution

8

10.1 Meiose

10.2 Vererbung

10.3 Genpools und Artenbildung

Thema 11 – Tierphysiologie

16

11.1 Erzeugung von Antikörpern und Impfung

11.2 Bewegung

11.3 Die Niere und Osmoregulation

11.4 Sexuelle Reproduktion

**Wahlpflichtbereiche 15 Unterrichtsstunden (GS) / 25
Unterrichtsstunden (LS)**

A. Neurobiologie und Verhaltenslehre

Pflichtthemen

A.1 Neurale Entwicklung

A.2 Das Gehirn des Menschen

A.3 Wahrnehmung von Reizen

Zusatzthemen für die Leistungsstufe

A.4 Angeborenes und erlerntes Verhalten

A.5 Neuropharmakologie

A.6 Ethologie

B. Biotechnologie und Bioinformatik

Pflichtthemen

B.1 Mikrobiologie: Organismen in der Industrie

B.2 Biotechnologie in der Landwirtschaft

B.3 Umweltschutz

Zusatzthemen für die Leistungsstufe

B.4 Medizin

B.5 Bioinformatik

C. Ökologie und Naturschutz

Pflichtthemen

C.1 Arten und Lebensgemeinschaften

C.2 Lebensgemeinschaften und Ökosysteme

C.3 Einwirkungen des Menschen auf Ökosysteme

C.4 Schutz biologischer Vielfalt

Zusatzthemen für die Leistungsstufe

C.5 Populationsökologie

C.6 Stickstoff- und Phosphorkreisläufe

D. Humanphysiologie

Pflichtthemen

D.1 Ernährung des Menschen

D.2 Verdauung

D.3 Funktionen der Leber

D.4 Das Herz

Zusatzthemen für die Leistungsstufe

D.5 Hormone und Stoffwechsel

D.6 Transport von Atemgasen

Grundgedanke: Die Evolution von mehrzelligen Organismen hat die Spezialisierung und das Ersetzen von Zellen ermöglicht.

1.1 Einführung zum Thema Zellen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Suchen nach Trends und Diskrepanzen - es gibt Ausnahmen, obwohl die meisten Organismen der Zelltheorie entsprechen. (3.1)</p> <p>Ethische Implikationen der Forschung – die Forschung auf dem Gebiet von Stammzellen gewinnt immer mehr an Bedeutung und wirft ethische Probleme auf. (4.5)</p>	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stammzellenforschung stützt sich auf die Arbeit von Teams von Wissenschaftlern in zahlreichen Ländern, die ihre Ergebnisse austauschen und auf diese Weise den Fortschritt beschleunigen. Nationale Regierungen werden jedoch von lokalen, kulturellen und religiösen Traditionen beeinflusst, die auf die Arbeit von Wissenschaftlern und die Nutzung von Stammzellen in der Therapie einwirken. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es besteht ein Unterschied zwischen der lebenden und der nichtlebenden Umwelt. Woran lässt sich der Unterschied erkennen? <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mit Ausnahme von Knochenmark-Stammzellen steckt die Nutzung von Stammzellen zur Behandlung von Krankheiten größtenteils noch im experimentellen Stadium. Wissenschaftler rechnen jedoch in der nahen Zukunft mit der Nutzung von Stammzelltherapien als Standardmethode zur Behandlung einer Vielzahl von Krankheiten, einschließlich Herzkrankheiten und Diabetes.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nach der Zelltheorie bestehen Lebewesen aus Zellen. • Organismen, die aus einer einzigen Zelle bestehen, führen alle Lebensfunktionen dieser Zelle aus. • Das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen spielt bei der Beschränkung der Zellgröße eine wichtige Rolle. • Mehrzellige Organismen besitzen Eigenschaften, die aus der Wechselwirkung ihrer Zellkomponenten hervorgehen. • In mehrzelligen Organismen kann sich spezialisiertes Gewebe durch Zelldifferenzierung entwickeln. • Bei der Differenzierung werden bestimmte Gene im Genom einer Zelle exprimiert, während andere nicht exprimiert werden. • Die Fähigkeit von Stammzellen, sich zu teilen und sich über verschiedene Wege zu differenzieren, ist bei der Embryonalentwicklung erforderlich. Außerdem sind die Stammzellen durch diese Fähigkeit für therapeutische Zwecke geeignet. 	

1.1 Einführung zum Thema Zellen

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Hinterfragung der Zelltheorie anhand atypischer Beispiele wie u.a. quergestreifter Muskel, Riesenalgen und unseptierte Pilzhyphe.
- Anwendungsform: Untersuchung von Lebensfunktionen bei *Paramecium* und einem genannten fotosynthetischen Einzeller.
- Anwendungsform: Nutzung von Stammzellen zur Behandlung von Stargardtscher Krankheit und einer anderen genannten Krankheit.
- Anwendungsform: Ethik der therapeutischen Nutzung von Stammzellen aus speziell für diesen Zweck geschaffenen Embryonen, aus dem Nabelschnurblut eines Neugeborenen sowie aus dem eigenen Gewebe eines Erwachsenen.
- Kompetenz: Anwendung eines Lichtmikroskops zur Untersuchung der Struktur und Feinstruktur von Zellen und Geweben, Zeichnung von Zellen und Berechnung der Vergrößerung der Zeichnungen sowie der tatsächlichen Größe von Strukturen und Feinstrukturen in Zeichnungen oder mikroskopischen Aufnahmen. (Praktikum 1)

Hinweise:

- Es wird von den Schülern erwartet, dass sie in der Lage sind, diese Lebensfunktionen anzugeben und kurz zu erläutern: Ernährung, Stoffwechsel, Wachstum, Reaktion, Exkretion, Homöostase und Reproduktion.
- *Chlorella* oder *Scenedesmus* sind geeignete fotosynthetische Einzeller, während *Euglena* zu vermeiden ist, da der Organismus sich heterotroph ernähren kann.
- Maßstabsanzeigen eignen sich zur Anzeige tatsächlicher Größen in Zeichnungen und mikroskopischen Aufnahmen.

Allgemeine Zielsetzung:

- **Zielsetzung 8:** Bei der Stammzellenforschung sind ethische Fragen zu berücksichtigen, gleich, ob an Menschen oder Tieren gearbeitet wird. Mit der Verwendung von embryonalen Stammzellen ist der Tod von Embryos im Frühstadium verbunden. Wenn jedoch therapeutisches Klonen erfolgreich entwickelt wird, ließe sich das Leiden von Patienten durch eine Vielzahl verschiedener Krankheiten lindern.

Grundgedanke: Eukaryoten haben eine viel komplexere Zellstruktur als Prokaryoten.

1.2 Feinstruktur von Zellen	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen an Geräten, die Erfindung des Elektronenmikroskops führte zu einem besseren Verständnis der Zellstruktur. (1.8)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Prokaryoten haben eine einfache Zellstruktur ohne Kompartimentierung. • Eukaryoten haben eine kompartimentierte Zellstruktur. • Elektronenmikroskope bieten eine viel höhere Auflösung als Lichtmikroskope. Anwendungsformen und Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Struktur und Funktion von Organellen innerhalb der exokrinen Drüsenzellen der Bauchspeicheldrüse und innerhalb der Palisadenparenchymzellen eines Blattes. • Anwendungsform: Prokaryoten teilen sich durch binäre Spaltung. • Kompetenz: Zeichnung der Feinstruktur von prokaryotischen Zellen auf der Basis von elektronenmikroskopischen Aufnahmen. • Kompetenz: Zeichnung der Feinstruktur von eukaryotischen Zellen auf der Basis von elektronenmikroskopischen Aufnahmen. • Kompetenz: Interpretation von elektronenmikroskopischen Aufnahmen zur Identifikation von Organellen und Ableitung der Funktion spezialisierter Zellen. 	Internationale Denkweise: <ul style="list-style-type: none"> • Mikroskope wurden in mehreren Teilen der Welt gleichzeitig zu einem Zeitpunkt erfunden, als der Informationsfluss noch langsam verlief. Heutige Kommunikationstechniken haben Verbesserungen der Fähigkeit zur Zusammenarbeit ermöglicht, was die wissenschaftliche Arbeit stark fördert. Erkenntnistheorie: <ul style="list-style-type: none"> • Die Welt, in der wir leben, ist durch die Welt begrenzt, die wir sehen. Ist es möglich, zwischen Erkenntnisansprüchen aufgrund von Beobachtungen durch sinnliche Wahrnehmung einerseits und Erkenntnisansprüchen andererseits zu unterscheiden, die sich auf technisch ermittelte Beobachtungen stützen? Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Physik Thema 4.4 Wellenverhalten Thema C.1 Einführung in die Bildverarbeitung Thema C.3 Faseroptik

1.2 Feinstruktur von Zellen	
<p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zeichnungen prokaryotischer Zellen sollten die Zellwand, Pili und Flagellen zeigen sowie das von der Plasmamembran umschlossene Zytoplasma, welches 70S-Ribosomen und ein Nukleoid mit nackter DNA enthält. • Zeichnungen eukaryotischer Zellen sollten das von der Plasmamembran umschlossene Zytoplasma zeigen, welches 80S-Ribosomen und einen Zellkern mit Chromosomen enthält, welche aus mit Histonen assoziierter DNA bestehen, sowie Mitochondrien und andere im Zytoplasma vorhandene membranumschlossene Organellen. Manche eukaryotische Zellen haben eine Zellwand.. 	<p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Wissenschaftliche Entwicklungen, wie z. B. die Elektronenmikroskopie, können wirtschaftliche Vorteile erbringen, da sie kommerziellen Unternehmen Gelegenheiten geben, Gewinne zu erzielen, was allerdings die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaftlern beeinträchtigen kann.

Grundgedanke: Die Struktur biologischer Membranen macht sie flüssig und dynamisch.

1.3 Membranstruktur	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Anwendung von Modellen als Repräsentationen von Realwelt-Szenarien – es gibt z. B. Alternativmodelle der Membranstruktur. (1.11) Falsifikation von Theorien dadurch, dass eine Theorie durch eine andere überholt wird — Beweise haben z. B. das Davson-Danielli-Modell falsifiziert. (1.9)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Phospholipide bilden im Wasser aufgrund der amphipathischen Eigenschaften von Phospholipidmolekülen Doppelschichten. • Membranproteine sind divers - sowohl hinsichtlich ihrer Struktur als auch ihrer Position in der Membran und ihrer Funktion. • Cholesterin ist eine Komponente von Tierzellmembranen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: In Säugetiermembranen reduziert Cholesterin die Membranfluidität und -durchlässigkeit gegenüber bestimmten gelösten Substanzen. • Kompetenz: Zeichnung des Flüssig-Mosaik-Modells. • Kompetenz: Analyse von Belegen aus der Elektronenmikroskopie, die zum Konzept des Davson-Danielli-Modells führten. • Kompetenz: Analyse der Falsifikation des Davson-Danielli-Modells, die zum Konzept des Singer-Nicolson-Modells führte. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Amphipathische Phospholipide haben hydrophile und hydrophobe Eigenschaften. • Zeichnungen des Flüssig-Mosaik-Modells der Membranstruktur können zweidimensional statt dreidimensional sein. Einzelne Phospholipidmoleküle sind symbolisch darzustellen als Kreise mit zwei angeschlossenen parallelen Linien. Es ist eine Reihe von Membranproteinen einschließlich Glykoproteinen zu zeigen. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Erklärung für die Struktur der Plasmamembran hat sich im Laufe der Jahre in dem Maße geändert, wie neue Belege gefunden und Analysemethoden entwickelt wurden. Unter welchen Bedingungen ist es wichtig, Theorien zu lernen, die später für nichtig erklärt wurden? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.3 Kohlenhydrate und Lipide Thema 2.6 Struktur von DNA und RNA</p>

Grundgedanke: Membranen bestimmen durch aktiven und passiven Transport die Zusammensetzung von Zellen.

1.4 Membrantransport	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Design von Experimenten - genaue quantitative Messungen sind bei Osmoseexperimenten von ausschlaggebender Bedeutung. (3.1)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Partikel werden durch einfache Diffusion, durch erleichterte Diffusion, Osmose und aktiven Transport durch Membranen hindurch befördert. • Die Fluidität von Membranen ermöglicht es, dass Stoffe durch Endozytose in Zellen aufgenommen bzw. durch Exozytose freigegeben werden können. Vesikel befördern Stoffe innerhalb von Zellen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Die Struktur und Funktion von Natrium-Kalium-Pumpen für den aktiven Transport sowie Kaliumkanälen zur erleichterten Diffusion in Axonen. • Anwendungsform: Für medizinische Verfahren bestimmte Gewebe oder Organe müssen in einer Lösung derselben Osmolarität wie das Zytoplasma gebadet werden, um Osmose zu verhindern. • Kompetenz: Schätzung der Osmolarität in Geweben durch Baden von Proben in hypotonischen und hypertotonischen Lösungen. (Praktikum 2) <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Osmose-Experimente sind ideal dazu geeignet, die Notwendigkeit genauer Masse- und Volumenmessungen bei naturwissenschaftlichen Experimenten hervorzuheben. 	<p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Nierendialyse wird die Funktion der Niere des Menschen künstlich imitiert, indem entsprechende Membranen und Diffusionsgradienten verwendet werden. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 6.5 Neuronen und Synapsen</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Die Organspende wirft interessante ethische Fragen auf, einschließlich der altruistischen Gründe für Organspenden sowie Bedenken hinsichtlich des Verkaufs menschlicher Organe. • Zielsetzung 6: Dialyseschlauchexperimente können als Modell für die Membranwirkung dienen. Experimente mit Kartoffeln, roten Rüben oder einzelligen Algen können zur Untersuchung echter Membranen benutzt werden.

Grundgedanke: Von den ersten Zellen auf der Erde erstreckt sich eine ununterbrochene Kette bis zu heute lebenden Organismen.

1.5 Der Ursprung von Zellen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Testen der allgemeinen Prinzipien, die der Natur zu Grunde liegen – das Prinzip, dass Zellen nur von bereits bestehenden Zellen abstammen, muss nachgeprüft werden. (1.9)</p> <p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zellen können nur durch Teilung vorbestehender Zellen gebildet werden. • Die ersten Zellen müssen sich aus nicht-lebendem Material ergeben haben. • Der Ursprung eukaryotischer Zellen lässt sich durch die Endosymbiontentheorie erklären. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Belege aus Pasteurs Experimenten, dass es heutzutage keine spontane Entstehung von Zellen und Organismen auf der Erde gibt. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es werden Belege für die Gültigkeit der Endosymbiontentheorie erwartet. Der Ursprung von eukaryotischen Cilien und Flagellen braucht dabei nicht berücksichtigt zu werden. • Es sollte den Schülern klar sein, dass die 64 Codons im genetischen Code in fast allen Organismen dieselbe Bedeutung haben; dass es jedoch einige kleinere Variationen gibt, die sich wahrscheinlich seit dem gemeinsamen Ursprung des Lebens auf der Erde ergeben haben. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biologie ist das Studium des Lebens, wobei das Leben allerdings emergente Eigenschaften aufweist. Unter welchen Umständen ist in der Biologie ein systematischer Ansatz produktiv, und unter welchen Umständen ist ein reduktionistischer Ansatz besser geeignet? Wie unterscheiden Wissenschaftler zwischen konkurrierenden Ansätzen? <p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 5.1 Nachweise für Evolution</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Pasteurs Experimente können unter Verwendung moderner Geräte wiederholt werden.

Grundgedanke: Zellteilung ist lebenswichtig, muss jedoch reguliert werden.

1.6 Zellteilung	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Glückliche Zufälle und wissenschaftliche Entdeckungen – die Entdeckung der Cycline erfolgte zufällig. (1.4)</p> <p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mitose ist die Teilung des Zellkerns in zwei genetisch identische Tochterkerne. • Chromosomen werden bei der Mitose durch Supercoiling kondensiert. • Zytokinese erfolgt nach der Mitose und verläuft bei Pflanzenzellen anders als bei Tierzellen. • Die Interphase ist eine sehr aktive Phase des Zellzyklus mit vielen Prozessen, die sich im Zellkern und im Zytoplasma abspielen. • Cycline spielen bei der Regulierung des Zellzyklus eine Rolle. • Mutagene, Onkogene und Metastasen sind an der Entwicklung von Primär- und Sekundärtumoren beteiligt. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Die Korrelation zwischen Rauchen und dem Vorkommen von Krebs. • Kompetenz: Identifikation von Mitosephasen in Zellen bei der Betrachtung durch ein Mikroskop oder auf einer mikroskopischen Aufnahme. • Kompetenz: Bestimmung des Mitoseindex anhand einer mikroskopischen Aufnahme. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Abfolge in den vier Phasen der Mitose sollte bekannt sein. • Es empfiehlt sich, temporäre Wurzel-Quetschpräparate zu verwenden; die Phasen der Mitose lassen sich jedoch auch unter Verwendung von Dauerpräparaten betrachten. 	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biologen in Laboratorien in der ganzen Welt erforschen die Ursachen und die Behandlung von Krebs. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Von einer Reihe wissenschaftlicher Entdeckungen wird behauptet, dass sie einem glücklichen Zufall zu verdanken sind. Inwiefern könnten einige dieser wissenschaftlichen Entdeckungen eher das Ergebnis von Intuition als von Glück sein? <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Mitoseindex ist ein wichtiges Instrument zur Prognose der Reaktion von Krebszellen auf eine Chemotherapie. <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Die Tabakindustrie könnte erörtert werden. Die Unterdrückung der Ergebnisse von Nachforschungen über die Gesundheitsauswirkungen des Tabakrauchens durch Tabakfirmen verstieß gegen ethische Prinzipien. Das Rauchen fügt der Gesellschaft beträchtlichen Schaden zu, ist aber – mit Ausnahme von Gesetzen zu Produktion und Angebot in Bhutan – nie für illegal erklärt worden.

1.6 Zellteilung

- Um Terminologieverwirrung zu vermeiden, sind Lehrer gehalten, die beiden Teile eines Chromosoms als Schwesterchromatiden zu bezeichnen, solange sie in den Frühstadien der Mitose durch ein Zentromer miteinander verbunden sind. Von der Anaphase an, wenn sich die Schwesterchromatiden getrennt haben und separate Strukturen bilden, sollten sie als Chromosomen bezeichnet werden.

Grundgedanke: Lebewesen regulieren ihre Zusammensetzung durch ein komplexes Netz chemischer Reaktionen.

2.1 Von Molekülen zum Stoffwechsel	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Falsifikation von Theorien – die künstliche Synthese von Harnstoff trug dazu bei, die Theorie des Vitalismus zu falsifizieren. (1.9)</p>	<p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Chemie Thema 4 Chemische Bindung und Struktur Wahlpflichtbereich B Biochemie</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 7: In diesem Unterthema und unter den Punkten 2.3 und 2.4 kann IKT zur molekularen Veranschaulichung von Kohlenhydraten, Lipiden und Proteinen verwendet werden. • Zielsetzung 6: Es könnten Nahrungsmitteltests wie u.a. die Verwendung von Jod zum Nachweis von Stärke oder Benedict-Reagenz zum Nachweis von reduzierenden Zuckern durchgeführt werden.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Molekularbiologie erklärt Lebensprozesse in Bezug auf die daran beteiligten chemischen Substanzen. • Kohlenstoffatome können vier kovalente Bindungen bilden, was die Existenz diverser stabiler Verbindungen ermöglicht. • Das Leben beruht auf Kohlenstoffverbindungen, einschließlich Kohlenhydraten, Lipiden, Proteinen und Nukleinsäuren. • Der Stoffwechsel ist das Netzwerk der gesamten enzymkatalysierten Reaktionen in einer Zelle oder einem Organismus. • Anabolismus ist die Synthese komplexer Moleküle aus einfacheren Molekülen, einschließlich der Bildung von Makromolekülen aus Monomeren durch Kondensationsreaktionen. • Katabolismus ist der Abbau komplexer Moleküle zu einfacheren Molekülen, einschließlich der Hydrolyse von Makromolekülen zu Monomeren. 	

2.1 Von Molekülen zum Stoffwechsel

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Harnstoff als Beispiel für eine Verbindung, die durch Lebewesen gebildet wird, aber auch künstlich synthetisiert werden kann.
- Kompetenz: Zeichnen von Strukturformeln von Glukose, Ribose, einer gesättigten Fettsäure und der Grundstruktur einer Aminosäure.
- Kompetenz: Identifikation von Biochemikalien wie z. B. Zuckern, Lipiden oder Aminosäuren anhand von Strukturformeln.

Hinweise:

- In den Zeichnungen werden nur die Ringformen von D-Ribose, Alpha-D-Glukose und Beta-D-Glukose erwartet.
- Zu den Zuckern gehören u.a. Monosaccharide und Disaccharide.
- Es wird nur ein gesättigtes Fett erwartet, wobei dessen spezifische Bezeichnung nicht erforderlich ist.
- Der variable Rest von Aminosäuren kann mit R gekennzeichnet werden. Die Struktur der einzelnen R-Gruppen muss nicht auswendig gelernt werden.
- Die Schüler sollten in der Lage sein, anhand von Strukturformeln zu erkennen, dass es sich bei Triglyceriden, Phospholipiden und Steroiden um Lipide handelt. Zeichnungen von Steroiden werden nicht erwartet.
- Proteine oder Teile von Polypeptiden sollten anhand von Strukturformeln erkannt werden, die durch Peptidbindungen verbundene Aminosäuren zeigen.

Grundgedanke: Wasser ist das Medium des Lebens.

2.2 Wasser	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Erklären Sie Naturphänomene anhand von Theorien - die Theorie, dass zwischen Wassermolekülen Wasserstoffbrückenbindungen entstehen, erklärt die Eigenschaften von Wasser. (2.2)</p>	<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wassermoleküle sind polar und zwischen ihnen bilden sich Wasserstoffbrückenbindungen. • Wasserstoffbrückenbindungen und Dipolarität erklären die kohäsiven, adhäsiven, thermischen und Lösungseigenschaften von Wasser. • Substanzen können hydrophile oder hydrophobe Eigenschaften aufweisen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Vergleich der thermischen Eigenschaften von Wasser mit denen von Methan. • Anwendungsform: Nutzung von Wasser als Kühlmittel im Schweiß. • Anwendungsform: Arten des Transports von Glukose, Aminosäuren, Cholesterin, Fetten, Sauerstoff und Natriumchlorid in Blut im Verhältnis zu deren Löslichkeit in Wasser. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler sollten mindestens je ein Beispiel für einen Nutzen der einzelnen Eigenschaften von Wasser für Lebewesen kennen. • Die Transparenz von Wasser und das Dichtemaximum bei 4 °C brauchen dabei nicht erwähnt zu werden. • Ein Vergleich der thermischen Eigenschaften von Wasser und Methan erleichtert es, die Bedeutung der Wasserstoffbrückenbindungen bei Wasser zu begreifen.
<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die zunehmende Bevölkerungsdichte auf der Erde konfrontiert den Menschen mit Herausforderungen bezüglich der gerechten Aufteilung von Wasserressourcen für Trinkwasser, Bewässerung, die Erzeugung von Elektrizität und eine Reihe industrieller und privater Nutzungsprozesse. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Behauptungen hinsichtlich des „Gedächtnisses von Wasser“ sind als pseudowissenschaftlich kategorisiert worden. Nach welchen Kriterien lassen sich wissenschaftliche Behauptungen von pseudowissenschaftlichen unterscheiden? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 4.3 Kohlenstoffkreislauf Thema 4.4 Klimawandel Physik Thema 3.1 Thermische Konzepte</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Zur Bestimmung der Auswirkungen verschiedener Faktoren, die möglicherweise das Abkühlen durch Wasser beeinflussen, können Sonden verwendet werden. 	

Grundgedanke: Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff werden zur Lieferung und Speicherung von Energie verwendet.

2.3 Kohlenhydrate und Lipide

Beschaffenheit der Naturwissenschaften:

Beurteilung von Behauptungen — gesundheitsbezogene Aussagen über Lipide in der Ernährung müssen überprüft werden. (5.2)

Kenntnisse:

- Monosaccharidmonomere werden untereinander durch Kondensationsreaktionen verbunden, so dass sich Disaccharide und Polysaccharidpolymere bilden.
- Fettsäuren können entweder gesättigt, einfach ungesättigt oder mehrfach ungesättigt sein.
- Bei ungesättigten Fettsäuren kann es sich um Isomere der Art ‚cis‘ oder ‚trans‘ handeln.
- Triglyceride bilden sich durch Kondensation aus drei Fettsäuren und einem Glycerin.

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Struktur und Funktion von Zellulose und Stärke bei Pflanzen und Glykogen beim Menschen.
- Anwendungsform: Wissenschaftliche Belege für Gesundheitsrisiken von Trans-Fetten und gesättigten Fettsäuren.
- Anwendungsform: Lipide eignen sich zur langfristigen Energiespeicherung beim Menschen besser als Kohlenhydrate.
- Anwendungsform: Beurteilung der Belege und der Methoden zur Sammlung der Belege für gesundheitsbezogene Aussagen in Bezug auf Lipide.

Internationale Denkweise:

- Es könnten die unterschiedlichen Häufigkeiten verschiedener Gesundheitsprobleme in verschiedenen Teilen der Welt erörtert werden, beispielsweise von Fettleibigkeit, Unterernährung, Kwashiorkor, Anorexia nervosa und koronarer Herzkrankheit.

Erkenntnistheorie:

- Es gibt widersprüchliche Ansichten bezüglich der Vor- und Nachteile von Fetten in der Ernährung. Wie entscheiden wir zwischen konkurrierenden Ansätzen?

Nutzung:

- Kartoffeln wurden genetisch modifiziert, um den Amylosegehalt zu reduzieren und so einen besseren Klebstoff produzieren zu können. Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Wahlpflichtbereich B: Biotechnologie und Bioinformatik

Allgemeine Zielsetzung:

- **Zielsetzung 8:** Fettleibigkeit hat soziale Implikationen.

2.3 Kohlenhydrate und Lipide

- Kompetenz: Anwendung von Software zur molekularen Visualisierung für den Vergleich von Zellulose, Stärke und Glykogen..
- Kompetenz: Bestimmung des Body-Mass-Index durch Berechnung oder Verwendung eines Nomogramms.

Hinweise:

- Die Struktur von Stärke sollte Amylose und Amylopectin beinhalten.
- Genannte Beispiele von Fettsäuren sind nicht erforderlich.
- Saccharose, Laktose und Maltose sollten als Beispiele dafür erwähnt werden, dass Disaccharide durch die Kombination von Monosacchariden erzeugt werden.

Grundgedanke: Proteine haben in Lebewesen viele verschiedene Funktionen.

2.4 Proteine	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Nach Mustern, Trends und Diskrepanzen suchen - die meisten, aber nicht alle Organismen setzen Proteine aus denselben Aminosäuren zusammen. (3.1)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Aminosäuren werden durch Kondensation miteinander verbunden, wodurch Polypeptide entstehen. • Es gibt zwanzig verschiedene Aminosäuren in Polypeptiden, die an Ribosomen synthetisiert werden. • Aminosäuren können in beliebigen Sequenzen miteinander verbunden werden, wodurch eine enorme Vielfalt möglicher Polypeptide entsteht. • Die Aminosäuresequenz von Polypeptiden wird von Genen kodiert. • Ein Protein kann entweder aus einem einzigen Polypeptid oder aus mehreren, miteinander verbundenen Polypeptiden bestehen. • Die Aminosäuresequenz bestimmt die dreidimensionale Konformation eines Proteins. • Lebewesen synthetisieren viele verschiedene Proteine mit einer großen Vielfalt verschiedener Funktionen. • Jeder Einzelorganismus hat ein unverwechselbares Proteom. Anwendungsformen und Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Rubisco, Insulin, Immunglobuline, Rhodopsin, Collagen und Spinnenseide als Beispiele der Vielfalt von Proteinfunktionen. • Anwendungsform: Denaturierung von Proteinen durch Hitze oder durch Abweichung des pH-Werts vom Optimum. • Kompetenz: Zeichnen von Strukturformeln, um die Bildung einer Peptidbindung zu zeigen. 	Nutzung: <ul style="list-style-type: none"> • Die Proteomik und die Erzeugung von Proteinen durch Zellen, die in Fermentern kultiviert werden, bieten zahlreiche Produktionschancen für die Nahrungsmittel- und Pharmaindustrie sowie andere Industriezweige. Allgemeine Zielsetzung: <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 7: IKT kann zur molekularen Visualisierung der Struktur von Proteinen verwendet werden. • Zielsetzung 8: Die Entnahme von Humanblutproben für immunologische, pharmazeutische und anthropologische Studien ist Bestandteil eines internationalen Bestrebens, das zahlreiche ethische Fragen aufwirft.

2.4 Proteine

Hinweise:

- Die detaillierte Struktur der sechs zur Veranschaulichung der Funktionen von Proteinen ausgewählten Proteine ist nicht erforderlich.
- Bei Denaturierungsexperimenten kann Eiklar oder eine Albuminlösung verwendet werden.
- Die Schüler sollten wissen, dass die meisten Organismen, abgesehen von ein paar Ausnahmen, die gleichen 20 Aminosäuren mit dem gleichen genetischen Code verwenden. Zur Veranschaulichung könnten charakteristische Beispiele verwendet werden.

Grundgedanke: Enzyme regulieren den Stoffwechsel der Zelle.

2.5 Enzyme	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Design von Experimenten - genaue, quantitative Messungen in Enzymexperimenten erfordern Mehrfachbestimmungen, um ihre Zuverlässigkeit sicherzustellen. (3.2)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Enzyme besitzen ein aktives Zentrum, an das sich spezifische Substrate binden. • Die Enzymkatalyse beinhaltet die Bewegung von Molekülen und die Kollision von Substraten mit dem aktiven Zentrum. • Temperatur, pH-Wert und Substratkonzentration wirken sich auf die Enzymaktivität aus. • Enzyme können denaturiert werden. • Immobilisierte Enzyme finden in der Industrie verbreitet Anwendung. Anwendungsformen und Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Methoden der Produktion von laktosefreier Milch und diesbezügliche Vorteile. • Kompetenz: Design von Experimenten zum Testen der Auswirkungen von Temperatur, pH-Wert und Substratkonzentration auf die Aktivität von Enzymen. • Kompetenz: Experimentelle Untersuchung eines Faktors, der die Enzymaktivität beeinflusst. (Praktikum 3) Hinweise: <ul style="list-style-type: none"> • Laktase kann in Alginatperlen immobilisiert werden, und dann können Experimente durchgeführt werden, in denen Laktose in Milch hydrolysiert wird. • Die Schüler sollten in der Lage sein, Grafiken zu skizzieren, um die erwarteten Auswirkungen von Temperatur, pH-Wert und Substratkonzentration auf die Aktivität von Enzymen zu veranschaulichen. Sie sollten die Muster oder Trends erklären können, die aus diesen Grafiken hervorgehen. 	Erkenntnistheorie: <ul style="list-style-type: none"> • Die Entwicklung bestimmter Methoden nützt bestimmten menschlichen Populationen mehr als anderen. Zum Beispiel hätte die in Europa und Nordamerika entwickelte und verfügbare laktosefreie Milch größere Vorteile in Afrika/Asien, wo Laktose-Intoleranz stärker verbreitet ist. Die Entwicklung von Methoden erfordert finanzielle Investitionen. Sollten Kenntnisse gemeinsam genutzt werden, wenn sie in einem Teil der Welt entwickelt wurden, aber in einem anderen Teil der Welt nützlicher sind? Nutzung: <ul style="list-style-type: none"> • Enzyme werden in der Industrie ausgiebig zur Erzeugung von Produkten verwendet, die von Fruchtsaft bis zu Waschlösung reichen. Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 8 ZLS Stoffwechsel, Zellatmung und Fotosynthese

Grundgedanke: Die Struktur von DNA ermöglicht die effiziente Speicherung genetischer Informationen.

2.6 Struktur von DNA und RNA	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Anwendung von Modellen zur Darstellung von Realwelt-Szenarien – Crick und Watson benutzen Modelle zur Entdeckung der Struktur der DNA. (1.10)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Nukleinsäuren DNA und RNA sind Polymere aus Nukleotiden. DNA unterscheidet sich von RNA in der Anzahl vorhandener Stränge, der Basenzusammensetzung und der Art der Pentose. DNA ist eine Doppelhelix von zwei antiparallelen Strängen von Nukleotiden, die zwischen komplementären Basenpaaren durch Wasserstoffbrücken miteinander verbunden sind. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Cricks und Watsons Aufklärung der Struktur der DNA anhand von Modellen. Kompetenz: Zeichnen von einfachen Diagrammen der Struktur einzelner Nukleotide von DNA und RNA, unter Verwendung von Kreisen, Fünfecken und Rechtecken zur Darstellung von Phosphaten, Pentosen und Basen. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> In Diagrammen der DNA-Struktur braucht die Helixform nicht veranschaulicht zu werden; die beiden Stränge sollten allerdings antiparallel dargestellt werden. Adenin sollte mit Thymin und Guanin mit Cytosin gepaart dargestellt werden, wobei die relativen Längen der Purin- und Pyrimidin-Basen oder die Anzahl von Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Basenpaaren nicht gezeigt zu werden brauchen. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Geschichte der Aufklärung der Struktur der DNA veranschaulicht, dass es zwischen Forschungsgruppen und Forschern sowohl Zusammenarbeit als auch Wettbewerb gibt. Inwiefern ist geheime Forschungsarbeit „anti-wissenschaftlich“? Welches Verhältnis besteht zwischen gemeinsam genutzten und persönlichen Kenntnissen in den Naturwissenschaften? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.2 Wasser Thema 3.5 Genetische Modifikation und Biotechnologie Thema 7 Nukleinsäuren</p>

Grundgedanke: Die genetischen Informationen in der DNA lassen sich exakt kopieren und können übersetzt werden, um die von der Zelle benötigten Proteine herzustellen.

2.7 DNA-Replikation, Transkription und Translation	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Beweise für naturwissenschaftliche Theorien sammeln - Meselson und Stahl sammelten Belege für die semikonservative Replikation der DNA. (1.8)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Replikation der DNA ist semikonservativ und ist abhängig von der komplementären Basenpaarung. Die Doppelhelix wird durch Helikase entwunden, wobei die beiden Stränge durch Lösen der Wasserstoffbrückenbindungen getrennt werden. DNA-Polymerase verknüpft die Nukleotide, um einen neuen Strang zu bilden, wobei der vorbestehende Strang als Vorlage dient. Transkription ist die Synthese von mRNA, die durch RNA-Polymerase von den DNA-Basensequenzen kopiert wurde. Translation ist die Synthese von Polypeptiden an Ribosomen. Die Aminosäuresequenz der Polypeptide wird durch die mRNA gemäß dem genetischen Code bestimmt. Codons aus je drei Basen der mRNA entsprechen einer Aminosäure in einem Polypeptid. Die Translation ist abhängig von der komplementären Basenpaarung zwischen Codons der mRNA und Anticodons der tRNA. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Verwendung von Taq-DNA-Polymerase zur schnellen Erzeugung vieler DNA-Kopien durch die Polymerase-Kettenreaktion (PCR). Anwendungsform: Erzeugung von Humaninsulin in Bakterien als Beispiel für die Universalität des genetischen Codes, die den Gentransfer zwischen Arten ermöglicht. 	<p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 3.5 Genetische Modifikation und Biotechnologie Thema 7.2 Transkription und Genexpression Thema 7.3 Translation</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zielsetzung 8: Bei der Änderung des Genoms eines Organismus zur Erzeugung von Proteinen zur medizinischen Anwendung bei Menschen sind ethische Implikationen zu berücksichtigen.

2.7 DNA-Replikation, Transkription und Translation

- Kompetenz: Verwendung einer Tabelle des genetischen Codes, um abzuleiten, welche(s) Codon(s) welcher Aminosäure entspricht/entsprechen.
- Kompetenz: Analyse der Ergebnisse von Meselson und Stahl, um Unterstützung für die Theorie der semikonservativen Replikation der DNA zu finden.
- Kompetenz: Verwendung einer Tabelle von mRNA-Codons und den zugehörigen Aminosäuren, um die Sequenz von Aminosäuren abzuleiten, die von einem kurzen mRNA-Strang mit bekannter Basensequenz kodiert werden.
- Kompetenz: Ableitung der DNA-Basensequenz für den mRNA-Strang.

Hinweise:

- Die verschiedenen Arten von DNA-Polymerase brauchen nicht voneinander unterschieden zu werden.

Grundgedanke: Zellatmung liefert Energie für die Funktionen des Lebens.

<p>2.8 Zellatmung</p>	<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Beurteilung der Ethik naturwissenschaftlicher Forschung – bei der Verwendung von Wirbellosen in Respirometer-Experimenten sind ethische Implikationen zu berücksichtigen (4.5)</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zellatmung ist die gesteuerte Freisetzung von Energie aus organischen Verbindungen zur Erzeugung von ATP. • Aus der Zellatmung stammendes ATP steht in der Zelle sofort als Energiequelle zur Verfügung. • Bei anaerober Zellatmung entsteht eine kleine Menge von ATP aus Glukose. • Zur aeroben Zellatmung ist Sauerstoff erforderlich; bei diesem Vorgang entsteht eine größere Menge von ATP aus Glukose. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Die Nutzung von anaerober Zellatmung in Hefe zur Erzeugung von Ethanol und Kohlendioxid beim Backen. • Anwendungsform: Laktaterzeugung beim Menschen, wenn anaerobe Atmung zur Maximierung der Krafterzeugung durch Muskelkontraktion verwendet wird. • Kompetenz: Analyse von Ergebnissen aus Experimenten mit der Messung von Atmungsraten bei keimenden Samen oder Wirbellosen mittels Respirometer <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einzelheiten über die Stoffwechselwege bei der Zellatmung sind nicht erforderlich, aber die Substrate und endgültigen Abfallprodukte sollten bekannt sein. • Es gibt zahlreiche einfache Respirometer, die verwendet werden könnten. Es wird erwartet, dass die Schüler wissen, dass eine Lauge zur Absorption von CO₂ verwendet wird, was bedeutet, dass eine Verringerung des Volumens auf den Verbrauch von Sauerstoff zurückzuführen ist. Die Temperatur ist konstant zu halten, um Volumenänderungen aufgrund von Temperaturschwankungen zu vermeiden. 	<p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Die Ethik im Hinblick auf die Verwendung von Tieren in Experimenten könnte in Bezug auf Respirometerexperimente erörtert werden. Die weit verbreitete Verwendung von Speisepflanzen als Biobrennstoffe und die sich daraus ergebenden Auswirkungen auf die Nahrungsmittelpreise werfen ethische Fragen auf.

Grundgedanke: Bei der Fotosynthese wird Sonnenlichtenergie zur Erzeugung lebenswichtiger chemischer Energie benutzt..

2.9 Fotosynthese	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Design von Experimenten – bei Experimenten zur Fotosynthese ist es unerlässlich, die relevanten Variablen zu kontrollieren. (3.1)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fotosynthese ist die Erzeugung von Kohlenstoffverbindungen in Zellen unter Verwendung von Lichtenergie. • Sichtbares Licht reicht über einen bestimmten Wellenlängenbereich, wobei Violett die kürzeste und Rot die längste Wellenlänge aufweist. • Chlorophyll absorbiert rotes und blaues Licht am wirksamsten und reflektiert grünes Licht stärker als andere Farben. • Sauerstoff wird bei der Fotosynthese aus der Fotolyse von Wasser erzeugt. • Energie ist zur Erzeugung von Kohlenhydraten und anderen Kohlenstoffverbindungen aus Kohlendioxid erforderlich. • Temperatur, Lichtintensität und Kohlendioxidkonzentration sind potenziell limitierende Faktoren in Bezug auf die Fotosyntheserate. 	<p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.5 Enzyme</p>
<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Änderungen in der Erdatmosphäre, den Ozeanen und der Gesteinsablagerung infolge von Fotosynthese. • Kompetenz: Zeichnen eines Absorptionsspektrums von Chlorophyll und eines Aktionsspektrums der Fotosynthese. • Kompetenz: Design von Experimenten zur Untersuchung der Auswirkungen limitierender Faktoren auf die Fotosynthese. • Kompetenz: Trennung von Fotosynthesepigmenten mittels Chromatographie. (Praktikum 4) 	

2.9 Fotosynthese

Hinweise:

- Die Schüler sollten wissen, dass sichtbares Licht Wellenlängen zwischen 400 und 700 Nanometern aufweist; allerdings wird nicht von ihnen erwartet, dass sie sich an die Wellenlängen bestimmter Lichtfarben erinnern.
- Wasser für Fotosynthese-Experimente, das kein gelöstes Kohlendioxid enthält, lässt sich durch Kochen und Abkühlen von Wasser erzeugen.
- Zur Trennung fotosynthetischer Pigmente kann zwar Papierchromatographie verwendet werden, aber mit Dünnschichtchromatographie werden bessere Ergebnisse erzielt.

Grundgedanke: Jeder lebende Organismus erbt eine Vorlage für das Leben von seinen Eltern.

3.1 Gene	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften:	
Entwicklungen in der naturwissenschaftlichen Forschung folgen auf technologische Verbesserungen - zur Gensequenzierung werden Gen-Sequenzierer verwendet. (1.8)	
Kennnisse:	Internationale Denkweise:
<ul style="list-style-type: none"> • Ein Gen ist ein vererbbarer Faktor, der aus einem Stück DNA besteht und ein spezifisches Merkmal beeinflusst. • Ein Gen nimmt eine bestimmte Position auf einem Chromosom ein. • Die verschiedenen spezifischen Formen eines Gens werden als Allele bezeichnet. • Allele unterscheiden sich voneinander durch eine bzw. nur ein paar Basen. • Neue Allele werden durch Mutation gebildet. • Das Genom umfasst die gesamten genetischen Informationen eines Organismus. • Die gesamte Basensequenz der menschlichen Gene wurde im Rahmen des Human-Genom-Projekts sequenziert. 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Sequenzierung des menschlichen Genoms zeigt, dass allen Menschen die meisten ihrer Basensequenzen gemein sind, aber auch, dass es zahlreiche Einzelnukleotid-Polymorphismen gibt, die zur Diversität des Menschen beitragen.
Anwendungsformen und Kompetenzen:	Erkenntnistheorie:
<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Die Ursachen von Sichelzellenanämie, einschließlich einer Basenaustauschmutation, einer Änderung der Basensequenz der davon transkribierten mRNA und einer Änderung der Sequenz eines Polypeptids des Hämoglobins. • Anwendungsform: Vergleich der Anzahl von Genen beim Menschen mit anderen Arten. • Kompetenz: Nutzung einer Datenbank zur Bestimmung von Unterschieden in der Basensequenz eines Gens bei zwei Arten. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es gibt eine Verbindung zwischen Sichelzellenanämie und der Prävalenz von Malaria. Wie können wir wissen, ob es sich in solchen Fällen um einen Kausalzusammenhang oder einfach eine Korrelation handelt?
	Allgemeine Zielsetzung:
	<ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 7: Verwendung einer Datenbank zum Vergleich von DNA-Basensequenzen. • Zielsetzung 8: Die Ethik der Patentierung menschlicher Gene.

3.1 Gene

Hinweise:

- Die Schüler sollten in der Lage sein, sich an einen bestimmten Basenaustausch zu erinnern, der bewirkt, dass Glutaminsäure durch Valin als sechste Aminosäure im Hämoglobin-Polypeptid ersetzt wird.
- Die Anzahl von Genen in einer Art darf nicht als Genomgröße bezeichnet werden, da dieser Begriff für die Gesamtmenge der DNA verwendet wird. Mindestens eine Pflanze und ein Bakterium sowie mindestens eine Art mit mehr und eine mit weniger Genen als beim Menschen sollten in den Vergleich einbezogen werden.
- Die Datenbank Genbank® kann bei der Suche nach DNA-Basensequenzen verwendet werden. Die Gensequenz des Cytochrom C steht für viele Organismen zur Verfügung und ist wegen ihrer Verwendung bei der Neuklassifizierung von Organismen in drei Domänen von besonderem Interesse.
- Deletionen, Insertionen und Rastermutationen brauchen nicht einbezogen zu werden.

Grundgedanke: Chromosomen tragen Gene in einer linearen Anordnung, die Angehörigen einer Art gemein ist.

3.2 Chromosomen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Entwicklungen in der Forschung folgen auf technische Verbesserungen - zur Bestimmung der Länge von DNA-Molekülen in Chromosomen wurde Autoradiographie verwendet. (1.8)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prokaryoten haben ein Chromosom, das aus einem kreisförmigen DNA-Molekül besteht. • Bestimmte Prokaryoten weisen auch Plasmide auf, während Eukaryoten keine Plasmide aufweisen. • Chromosomen von Eukaryoten sind lineare DNA-Moleküle, die mit Histoneproteinen zusammen vorliegen. • Jede Eukaryotenart hat verschiedene Chromosomen, die verschiedene Gene tragen. • Homologe Chromosomen tragen die gleiche Sequenz von Genen, wobei diese Gene jedoch nicht unbedingt die gleichen Allele aufweisen. • Diploide Zellkerne weisen Paare homologer Chromosomen auf. • Haploide Zellkerne haben je ein Chromosom jedes Paares. • Die Anzahl von Chromosomen ist eine charakteristische Eigenschaft der Angehörigen einer Art. • Ein Karyogramm zeigt die Chromosomen eines Organismus in homologen Paaren von abnehmender Länge. • Das Geschlecht wird durch Geschlechtschromosomen bestimmt; Autosomen sind Chromosomen, die das Geschlecht nicht bestimmen. 	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • An der Sequenzierung des Reagenoms waren Biologen in zehn Ländern beteiligt. <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.6 Zellteilung</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Die Einfärbung von Wurzelspitzen-Quetschpräparaten und die mikroskopische Untersuchung von Chromosomen sind zwar zu empfehlen, aber nicht obligatorisch. • Zielsetzung 7: Verwendung von Datenbanken zur Identifikation von Genloci und Proteinprodukten von Genen.

3.2 Chromosomen

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Cairns Methode zur Messung der Länge von DNA-Molekülen durch Autoradiographie.
- Anwendungsform: Vergleich der Genomgröße zwischen dem Phagen T2, *Escherichia coli*, *Drosophila melanogaster*, *Homo sapiens* und *Paris japonica*.
- Anwendungsform: Vergleich von diploiden Chromosomenzahlen zwischen *Homo sapiens*, *Pan troglodytes*, *Canis familiaris*, *Oryza sativa* und *Parascaris equorum*.
- Anwendungsform: Verwendung von Karyogrammen zur Ableitung des Geschlechts und zur Diagnose des Down-Syndroms beim Menschen.
- Kompetenz: Verwendung von Datenbanken zur Identifikation des Locus eines Humangens und seines Polypeptidprodukts.

Hinweise:

- Die Begriffe Karyotyp und Karyogramm haben unterschiedliche Bedeutungen. Der Karyotyp ist eine Zelleigenschaft – die Anzahl und Art von Chromosomen, die im Zellkern vorhanden sind; dabei handelt es sich weder um ein Foto noch ein Diagramm dieser Chromosomen.
- Die Genomgröße ist die Gesamtlänge der DNA eines Organismus. Die Beispiele für Genomgröße und Chromosomenzahl wurden zu dem Zweck ausgewählt, interessante Punkte zu erörtern.
- Die beiden vor einer Zellteilung durch DNA-Replikation gebildeten DNA-Moleküle gelten als Schwesterchromatiden, bis sich zu Beginn der Anaphase das Zentromer spaltet. Danach gelten sie als individuelle Chromosomen.

Grundgedanke: Allele trennen sich während der Meiose, so dass sich durch die Fusion von Gameten neue Kombinationen bilden können.

3.3 Meiose	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Sorgfältige Beobachtungen machen - die Meiose wurde durch die mikroskopische Untersuchung von sich teilenden Keimbahnzellen entdeckt. (1.8)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein diploider Zellkern teilt sich durch Meiose, wobei vier haploide Zellkerne entstehen. • Durch Halbierung der Chromosomenzahl wird der sexuelle Lebenszyklus mit Fusion der Gameten ermöglicht. • Die DNA wird vor der Meiose repliziert, so dass alle Chromosomen aus zwei Schwesterchromatiden bestehen. • In den Frühstadien der Meiose findet die Paarung homologer Chromosomen und das Crossing-over sowie anschließend die Kondensation statt. • Die Orientierung der Paare homologer Chromosomen vor der Trennung ist zufällig. • Durch die Trennung von homologen Chromosomenpaaren bei der ersten Teilung in der Meiose wird die Anzahl der Chromosomen halbiert. • Crossing-over und zufällige Orientierung fördern die genetische Vielfalt. • Die Fusion von Gameten unterschiedlicher Eltern fördert die genetische Vielfalt. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Nichttrennung kann Down-Syndrom sowie andere Chromosomenanomalien verursachen. • Anwendungsform: Studien, aus denen hervorgeht, dass das Alter der Eltern die Chancen der Nichttrennung erhöht. 	<p>Erkenntnistheorie: 1922 betrug die Anzahl der in einer menschlichen Zelle gezählten Chromosomen 48. Dreißig Jahre lang blieb das die feststehende Zahl, obwohl eine Revision fotografischer Belege aus der Zeit eindeutig zeigte, dass die Anzahl 46 war. Aus welchen Gründen sind bestehende Überzeugungen mit einer gewissen Trägheit behaftet?</p> <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Verständnis von Karyotypen hat es ermöglicht, Diagnosen für Zwecke der genetischen Beratung zu stellen. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.6 Zellteilung Thema 10.1 Meiose Topic 11.4 Sexuelle Reproduktion</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Pränatales Screening auf Chromosomenanomalien gibt einen Hinweis auf das Geschlecht des Fötus und wirft in manchen Ländern ethische Bedenken bezüglich selektiver Abtreibung weiblicher Föten auf.

3.3 Meiose

- Anwendungsform: Beschreibung von Methoden, die dazu verwendet werden, Zellen zur Karyotypanalyse zu erhalten, wie z. B. die Entnahme von Chorionzottenproben sowie Amniozentese und damit verbundene Risiken.
- Kompetenz: Zeichnen von Diagrammen, um die Stadien der Meiose zu zeigen, bei der vier haploide Zellen entstehen.

Hinweise:

- Die Präparation von Objektträgern zur Darstellung der Meiose ist anspruchsvoll. Für den Fall, dass auf den temporären Objektträgern keine Zellen in der Meiose sichtbar sind, sollten Dauerpräparate zur Verfügung stehen.
- Zeichnungen der Meiosestadien brauchen keine Chiasmata zu enthalten.
- Der Prozess der Bildung von Chiasmata braucht nicht erläutert zu werden.

Grundgedanke: Die Vererbung von Genen folgt bestimmten Mustern.

3.4 Vererbung	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Durchführung quantitativer Messungen mit Mehrfachbestimmungen, um Zuverlässigkeit sicherzustellen. Mendels genetische Kreuzungen mit Erbsenpflanzen brachten numerische Daten hervor. (3.2)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Mendel entdeckte die Vererbungsprinzipien anhand von Experimenten, in denen große Mengen von Erbsenpflanzen gekreuzt wurden. • Gameten sind haploid und enthalten daher nur je ein Allel eines jeden Gens. • Die beiden Allele eines Gens trennen sich bei der Meiose, so dass unterschiedliche haploide Tochterzellkerne entstehen. • Die Fusion von Gameten ergibt diploide Zygoten mit zwei Allelen pro Gen, die entweder dasselbe Allel oder verschiedene Allele sein können. • Dominante Allele maskieren die Auswirkungen rezessiver Allele, während kodominante Allele gemeinsame Auswirkungen haben. • Zahlreiche genetische Krankheiten beim Menschen sind auf rezessive Allele autosomaler Gene zurückzuführen – einige wenige genetische Krankheiten sind allerdings auf dominante oder kodominante Allele zurückzuführen. • Manche genetische Krankheiten sind geschlechtsgekoppelt. Das Vererbungsmuster ist bei geschlechtsgekoppelten Genen aufgrund ihrer Lage auf Geschlechtschromosomen anders. • Beim Menschen sind viele genetische Krankheiten identifiziert worden; die meisten kommen jedoch selten vor. • Durch Strahlung und mutagene Chemikalien wird die Mutationsrate erhöht, was genetische Krankheiten und Krebs verursachen kann. 	Erkenntnistheorie: Mendels Theorien wurden lange nicht von der Welt der Naturwissenschaftler akzeptiert. Welche Faktoren wären der Akzeptanz neuer Ideen durch die wissenschaftliche Gemeinschaft förderlich? Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.6 Zellteilung Allgemeine Zielsetzung: <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Soziale Implikationen der Diagnose von Mutationen, einschließlich der Auswirkungen auf die Familie sowie Stigmatisierung.

3.4 Vererbung

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Vererbung der ABO-Blutgruppen.
- Anwendungsform: Rot-Grün-Blindheit und Hämophilie sind Beispiele für geschlechtsgekoppelte Vererbung.
- Anwendungsform: Vererbung von Mukoviszidose und Huntington-Krankheit.
- Anwendungsform: Die Konsequenzen von Strahlungseinwirkung nach Abwurf der Atombombe auf Hiroshima und Strahlungsunfällen wie in Tschernobyl.
- Kompetenz: Konstruktion von Punnett-Quadraten zur Prognose der Resultate von genetischen monohybriden Kreuzungen.
- Kompetenz: Vergleich von prognostizierten und tatsächlichen Resultaten genetischer Kreuzungen unter Verwendung von Realdaten.
- Kompetenz: Analyse von Stammbaum-Diagrammen zur Ableitung von Vererbungsmustern genetischer Krankheiten.

Hinweise:

- Auf X-Chromosomen befindliche Allele sollten hochgestellt an einem großgeschriebenen Buchstaben X, wie z. B. Xh geschrieben werden.
- Die erwartete Notation für Allele der ABO-Blutgruppen ist:

<i>Phänotyp</i>	0	A	B	AB
<i>Genotyp</i>	ii	I ^A I ^A oder I ^A i	I ^B I ^B oder I ^B i	I ^A I ^B

Grundgedanke: Biologen haben Methoden zur künstlichen Manipulation von DNA, Zellen und Organismen entwickelt.

3.5 Genetische Modifikation und Biotechnologie	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Abschätzung der mit wissenschaftlicher Forschung verbundenen Risiken - Wissenschaftler versuchen, die Risiken abzuschätzen, die mit genetisch veränderten Feldfrüchten bzw. Zuchtvieh verbunden sind. (4.8)</p>	<p>Erkenntnistheorie:</p> <p>Die Verwendung von DNA zur Überführung von Straftätern in Gerichtsverhandlungen gilt als gut etabliert, aber selbst universell anerkannte Theorien werden oft in Anbetracht neuer wissenschaftlicher Beweise widerlegt. Welche Kriterien sind zur Bewertung der Zuverlässigkeit von Beweisen erforderlich?</p> <p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.7 DNA-Replikation, Transkription und Translation</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Das Design eines Bewurzelungsexperiments müsste im Idealfall dazu führen, dass das Experiment von den Schülern tatsächlich ausgeführt wird. • Zielsetzung 8: Es könnte die Ethik der genetischen Modifikation erörtert werden.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gelelektrophorese wird dazu verwendet, Proteine oder DNA-Fragmente je nach Größe voneinander zu trennen. • PCR kann zur Amplifikation geringer Mengen von DNA verwendet werden. • Beim DNA-Profilierung erfolgt ein DNA-Vergleich. • Genetische Modifikation wird durch Gentransfer zwischen Arten bewirkt. • Klone sind Gruppen von genetisch identischen Organismen, die von einer einzigen ursprünglichen Elternzelle stammen. • Viele Pflanzenarten und manche Tierarten verfügen über natürliche Klonierungsmethoden. • Tiere können im Embryostadium geklont werden, indem der Embryo in mehr als eine Gruppe von Zellen zerlegt wird. • Zum Klonen adulter Tiere sind Methoden unter Verwendung differenzierter Zellen entwickelt worden. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Verwendung von DNA-Profilen in Vaterschaftsfällen und bei forensischen Untersuchungen. • Anwendungsform: Beim Gentransfer auf Bakterien unter Verwendung von Plasmiden werden Restriktionsendonukleasen und DNA-Ligasen eingesetzt. • Anwendungsform: Abschätzung der potenziellen Risiken und Vorteile, die mit der genetischen Modifikation von Feldfrüchten verbunden sind. 	

<p>3.5 Genetische Modifikation und Biotechnologie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Produktion geklonter Embryos, die durch somatischen Zellkerntransfer erzeugt werden. • Kompetenz: Design eines Experiments zur Bewertung eines Faktors, der sich auf die Bewurzelung von Stecklingen auswirkt. • Kompetenz: Analyse von Beispielen von DNA-Profilen. • Kompetenz: Analyse von Daten zu Risiken für den Monarchfalter durch Bt-Feldfrüchte. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Schüler müssten aus dem Bandenmuster eines DNA-Profiles ableiten können, ob ein Mann der Vater eines Kindes sein kann. • Dolly kann als Beispiel für somatischen Zellkerntransfer herangezogen werden. • Für Bewurzelungsexperimente sollte eine Pflanzenart ausgewählt werden, welche in Wasser oder einem festen Medium problemlos Wurzeln bildet.
--	--

Grundgedanke: Das fortgesetzte Überleben von Lebewesen, einschl. Menschen, ist von nachhaltigen Lebensgemeinschaften abhängig.

4.1 Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosysteme	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Suche nach Mustern, Trends und Diskrepanzen—Pflanzen und Algen sind zumeist autotroph, wobei das auf einige nicht zutrifft. (3.1)	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arten sind Gruppen von Organismen, die sich potenziell untereinander kreuzen und fruchtbare Nachkommen zeugen können. • Angehörige einer Art können aufgrund reproduktiver Isolation in separaten Populationen auftreten. • Arten haben entweder eine autotrophe oder heterotrophe Ernährungsweise (ein paar Arten verfügen über beide Methoden). • Konsumenten sind heterotrophe Organismen, die sich durch Ingestion von lebenden Organismen ernähren. • Detritusfresser sind heterotrophe Organismen, die durch interne Verdauung organische Nährstoffe aus Detritus gewinnen. • Saprotrophe sind heterotrophe Organismen, die durch externe Verdauung aus toten Organismen organische Nährstoffe beziehen. • Eine Lebensgemeinschaft bildet sich aus Populationen verschiedener Arten, die zusammenleben und in einer Wechselbeziehung zueinander stehen. • Eine Lebensgemeinschaft bildet durch ihre Wechselbeziehungen mit der abiotischen Umwelt ein Ökosystem. • Autotrophe Organismen beziehen anorganische Nährstoffe aus der abiotischen Umwelt. 	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es könnte die Notwendigkeit der Nachhaltigkeit in Bezug auf die Aktivitäten des Menschen erörtert werden, sowie die Methoden, die zur Förderung nachhaltiger Aktivitäten erforderlich sind. <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Geografie Teil 2A: Frischwasser-Probleme und -Konflikte Umweltsysteme und Gesellschaften Thema 2.1 Arten und Populationen</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Es wäre für die Schüler optimal, die Daten für den Chi-Quadrat-Test selbst zu erfassen, damit sie in eigener Regie Erfahrungen in Feldarbeit-Methoden sammeln.

4.1 Arten, Lebensgemeinschaften und Ökosysteme

- Die Versorgung mit anorganischen Nährstoffen wird durch Nährstoffzyklen aufrechterhalten.
- Ökosysteme können potenziell über lange Zeiträume nachhaltig sein.

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Kompetenz: Klassifizierung von Arten als autotrophe Organismen, Konsumenten, Detritusfresser oder Saprotrophe anhand von Kenntnissen über ihre Ernährungsweise.
- Kompetenz: Einrichten abgeschlossener Mesokosmen mit dem Versuch, Nachhaltigkeit zu erreichen. (Praktikum 5)
- Kompetenz: Testen auf Verbindungen zwischen zwei Arten unter Anwendung des Chi-Quadrat-Tests anhand von Daten, die durch Beprobung mittels Quadratmethode erfasst wurden.
- Kompetenz: Erkennen und Interpretation statistischer Signifikanz.

Hinweise:

- Mesokosmen können in offenen Behältern eingerichtet werden. Geschlossene Glasbehälter sind jedoch vorzuziehen, da das Eindringen und Entweichen von Materie verhindert werden kann, wobei das Licht Zugang hat und Wärme entweichen kann. Aquatische Systeme sind wahrscheinlicher erfolgreicher als terrestrische.
- Um Daten für den Chi-Quadrat-Test zu erhalten, sollte ein Ökosystem ausgewählt werden, in dem mehr als ein die Verbreitung der ausgewählten Arten beeinflussender Faktor variiert. Die Beprobung sollte sich auf Zufallszahlen stützen. Für jedes Quadrat ist die An- oder Abwesenheit der gewählten Arten aufzuzeichnen.

Grundgedanke: Ökosysteme erfordern eine kontinuierliche Versorgung mit Energie, um die Lebensprozesse anzutreiben und in Form von Wärme verlorengewandene Energie zu ersetzen.

4.2 Energiefluss	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Erklären Sie Naturphänomene anhand von Theorien - das Energieflusskonzept erklärt die begrenzte Länge von Nahrungsketten. (2.2)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die meisten Ökosysteme hängen von der Energieversorgung durch Sonnenlicht ab. Lichtenergie wird durch Fotosynthese zu chemischer Energie in Kohlenstoffverbindungen umgewandelt. Chemische Energie in Kohlenstoffverbindungen durchfließt Nahrungsketten mittels Nahrungsaufnahme. Aus Kohlenstoffverbindungen durch Atmung freigesetzte Energie wird von Lebewesen genutzt und in Wärme umgesetzt. Lebewesen können Wärme nicht in andere Energieformen umsetzen. Wärme geht aus Ökosystemen verloren. Energieverluste zwischen Trophiestufen beschränken die Länge von Nahrungsketten sowie die Biomasse auf höheren Trophiestufen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kompetenz: Quantitative Darstellung des Energieflusses unter Verwendung von Energiepyramiden. 	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Energetik von Nahrungsketten ist ein Faktor bei der Effizienz von Nahrungsproduktion zur Verminderung des Hungers in der Welt. <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.8 Zellatmung Thema 2.9 Fotosynthese Physik Thema 2.3 Arbeit, Energie und Kraft Thema B.2 Thermodynamik Umweltsysteme und Gesellschaften Thema 2.3 Stoff- und Energieflüsse</p>

4.2 Energiefluss

Hinweise:

- Pyramiden mit Zahlen und Biomasse sind nicht erforderlich. Es sollte den Schülern klar sein, dass die Biomasse in terrestrischen Ökosystemen in dem Maße abnimmt, wie die Energie entlang von Nahrungsketten aufgrund des Verlusts von Kohlendioxid, Wasser und anderen Abbauprodukten, wie u.a. Harnstoff, abnimmt.
- Energiepyramiden sind maßstabstreu und stufenförmig, nicht in Dreieckform, zu zeichnen. Es sind die Begriffe Produzent, Primärkonsument und Sekundärkonsument usw. zu verwenden anstelle von erster Trophiestufe, zweiter Trophiestufe usw.
- Die Unterscheidung zwischen dem Energiefluss in Ökosystemen und dem Kreislauf anorganischer Nährstoffe sollte hervorgehoben werden. Schüler sollten verstehen, dass es eine kontinuierliche, aber variable Energieversorgung in Form von Sonnenlicht gibt, der Vorrat an Nährstoffen in einem Ökosystem jedoch endlich und begrenzt ist.

Grundgedanke: Die kontinuierliche Verfügbarkeit von Kohlenstoff in Ökosystemen hängt vom Kohlenstoffkreislauf ab.

4.3 Kohlenstoffkreislauf	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Durchführung genauer quantitativer Messungen—es ist wichtig, zuverlässige Daten über die Konzentration von Kohlendioxid und Methan in der Atmosphäre zu erfassen. (3.1)</p>	<p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Physik Thema 8.1 Energiequellen Chemie Thema C.2 Fossile Brennstoffe Topic C.5 Umweltauswirkungen – globale Erwärmung</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Die ethischen Implikationen der Umnutzung von Feldfrüchten, wie z. B. Mais, von einem Nahrungsmittel zu einem Brennstoff könnten erörtert werden.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autotrophe Organismen setzen Kohlendioxid in Kohlenhydrate und andere Kohlenstoffverbindungen um. • In aquatischen Ökosystemen ist Kohlenstoff in Form von gelöstem Kohlendioxid und Hydrogencarbonationen vorhanden. • Kohlendioxid gelangt durch Diffusion aus der Atmosphäre oder aus dem Wasser in autotrophe Organismen. • Kohlendioxid wird durch Atmung erzeugt und gelangt durch Diffusion aus Organismen ins Wasser oder in die Atmosphäre. • Methan wird aus organischen Stoffen unter anaeroben Bedingungen durch methanogene Archaea erzeugt und ein Teil davon diffundiert in die Atmosphäre oder sammelt sich im Boden an. • In der Atmosphäre wird Methan durch Oxidation in Kohlendioxid und Wasser umgesetzt. • Torf bildet sich, wenn organische Stoffe sich aufgrund von sauren und/oder anaeroben Bedingungen in wassergesättigtem Boden nicht vollständig zersetzen können. • Teilzeretzte organische Materie aus früheren geologischen Zeitaltern wurde entweder in Kohle oder Öl und Gas umgesetzt, die sich in porösem Felsgestein ansammeln. 	

4.3 Kohlenstoffkreislauf

- Kohlendioxid wird durch das Verbrennen von Biomasse und fossilisierten organischen Stoffen erzeugt.
- Tiere, wie z. B. riffbildende Korallen und *Mollusca*, besitzen harte Teile, die sich aus Calciumcarbonat zusammensetzen und zu Kalkstein fossilisiert werden können.

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Schätzung von Kohlenstoffflüssen infolge von Prozessen im Kohlenstoffkreislauf.
- Anwendungsform: Analyse von Daten aus Luftüberwachungsstationen zur Erklärung jährlicher Schwankungen.
- Kompetenz: Konstruktion eines Diagramms des Kohlenstoffkreislaufs

Hinweise:

- Kohlenstoffflüsse sind in Gigatonnen zu messen.

Grundgedanke: Die Konzentrationen von Gasen in der Atmosphäre wirken sich auf die an der Erdoberfläche herrschenden Klimabedingungen aus.

4.4 Klimawandel	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Bewertung von Behauptungen - Bewertung der Behauptungen, dass die Aktivitäten des Menschen einen Klimawandel verursachen. (5.2)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kohlendioxid und Wasserdampf sind die bedeutendsten Treibhausgase. • Andere Gase wie z. B. Methan und Stickoxide haben geringere Auswirkungen. • Die Auswirkungen eines Gases hängen von seiner Fähigkeit ab, Langwellenstrahlung zu absorbieren sowie von seiner Konzentration in der Atmosphäre. • Die erwärmte Erde sendet langwellige Strahlung (Wärme) aus. • Langwellige Strahlung wird von Treibhausgasen absorbiert, die die Wärme in der Atmosphäre festhalten. • Globale Temperaturen und Klimamuster werden von der Konzentration von Treibhausgasen beeinflusst. • Es besteht eine Korrelation zwischen dem Ansteigen der Konzentration von Kohlendioxid in der Atmosphäre seit Beginn der industriellen Revolution vor zweihundert Jahren und den durchschnittlichen globalen Temperaturen. • Der Anstieg von Kohlendioxid in jüngster Vergangenheit ist größtenteils auf einen Anstieg bei der Verbrennung fossiler organischer Stoffe zurückzuführen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Die Gefährdung von Korallenriffen durch zunehmende Konzentration von gelöstem Kohlendioxid. • Anwendungsform: Korrelationen zwischen globalen Temperaturen und der Kohlendioxidkonzentration auf der Erde. • Anwendungsform: Beurteilung von Behauptungen, dass die Aktivitäten des Menschen keinen Klimawandel verursachen. 	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Treibhausgase werden lokal abgegeben, haben jedoch globale Auswirkungen, weshalb eine internationale Zusammenarbeit zur Senkung von Emissionen unerlässlich ist. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Vorbeugungsprinzip soll Entscheidungsprozessen als Wegweiser in Fällen dienen, wo Unsicherheit besteht. Ist in den Naturwissenschaften jemals Sicherheit möglich? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Physik Thema 8.2 Strahlung und der Treibhauseffekt. Geografie: Teil 1.3 Muster von Umweltqualität und Nachhaltigkeit/Atmosphäre und Wandel/ Umweltsysteme und Gesellschaften Thema 7.2 Klimawandel</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 7: Zur Analyse von Treibhausgaskonzentrationen können Datenbanken verwendet werden. • Zielsetzung 8: Es gibt interessante Parallelen zwischen Menschen, die nicht gewillt sind, ihren CO₂-Fußabdruck zu verringern und Betrug bei Tieren, die gesellig leben. Wenn das Ausmaß des Betrugs eine bestimmte Grenze überschreitet, bricht das Sozialverhalten zusammen.

<p>4.4 Klimawandel</p>	<p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none">• Kohlendioxid, Methan und Wasserdampf sind in die Diskussionen mit einzubeziehen.• Die schädlichen Konsequenzen des Ozonabbaus brauchen nicht erörtert zu werden. Es ist klarzumachen, dass Ozonabbau nicht die Ursache des verstärkten Treibhauseffekts ist.
-------------------------------	---

Grundgedanke: Es liegen überwältigende Belege für die Evolution des Lebens auf der Erde vor.

5.1 Nachweise für Evolution	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Suche nach Mustern, Trends und Diskrepanzen - es gibt in der Knochenstruktur von Wirbeltierextremitäten trotz unterschiedlicher Nutzung gemeinsame Merkmale. (3.1)	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evolution erfolgt, wenn sich vererbare Merkmale einer Art ändern. • Der Fossilbericht liefert Belege für die Evolution. • Die selektive Züchtung von Haustieren zeigt, dass künstliche Auslese Evolution verursachen kann. • Die Evolution homologer Strukturen durch adaptive Radiation erklärt strukturelle Ähnlichkeiten bei unterschiedlichen Funktionen. • Populationen einer Art können sich durch Evolution allmählich zu separaten Arten entwickeln. • Die kontinuierliche Variation über den geografischen Verbreitungsbereich verwandter Populationen entspricht dem Konzept gradueller Divergenz. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Entwicklung melanistischer Insekten in Gegenden mit Verschmutzungsbelastung. • Anwendungsform: Vergleich der fünfstrahligen Extremitäten bei Säugetieren, Vögeln, Amphibien und Reptilien, die unterschiedliche Fortbewegungsmethoden haben. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Evolutionsgeschichte ist ein besonders anspruchsvoller Bereich der Naturwissenschaft, da sich keine Experimente durchführen lassen, um Ereignisse in der Vergangenheit oder deren Ursachen nachzuvollziehen. Nichtsdestotrotz gibt es naturwissenschaftliche Methoden, mit denen es sich ohne begründeten Zweifel feststellen lässt, was sich in manchen Fällen abgespielt hat. Wie lassen sich diese Methoden mit denen vergleichen, die von Historikern zur Rekonstruktion der Vergangenheit angewandt werden? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Physik Thema 7.1 Diskrete Energie und Radioaktivität Geografie Teil 1.3 Muster von Umweltqualität sowie Nachhaltigkeit/Biodiversität und Wandel Umweltsysteme und Gesellschaften Thema 4 Biodiversität in Ökosystemen</p>

Grundgedanke: Die Vielfalt von Lebensformen ist der Evolution zu verdanken, die aufgrund natürlicher Auslese weiter fortschreitet.

<p>5.2 Natürliche Auslese</p>	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Erklären Sie Naturphänomene anhand von Theorien - die Theorie der Evolution durch natürliche Auslese kann die Entwicklung der Resistenz gegen Antibiotika in Bakterien erklären. (2.1)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Natürliche Auslese kann nur dann erfolgen, wenn unter den Angehörigen einer Art Vielfalt besteht. Mutation, Meiose und sexuelle Reproduktion verursachen Variationen zwischen Individuen in einer Art. Anpassungen sind Merkmale, durch die ein Einzelorganismus an seine Umwelt und die erforderliche Lebensweise angepasst ist. Arten neigen dazu, mehr Nachwuchs zu erzeugen als für die Umwelt tragbar ist. Besser angepasste Einzelorganismen überleben öfter und bringen mehr Nachwuchs hervor, während nicht so gut angepasste Individuen öfter sterben oder weniger Nachwuchs hervorbringen. Individuen mit Reproduktionserfolg vererben ihrem Nachwuchs ihre Merkmale. Durch natürliche Auslese nimmt die Frequenz von Merkmalen zu, aufgrund derer die Individuen besser angepasst sind, während die Frequenz anderer Merkmale abnimmt, so dass sich innerhalb der Art Änderungen ergeben. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Änderungen der Schnäbel von Finken auf Daphne Major. Anwendungsform: Evolution der Resistenz gegen Antibiotika in Bakterien. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Schüler sollten sich darüber klar sein, dass Merkmale, die ein Individuum während seines Lebens erworben hat, nicht vererbbar sind. Der Begriff Lamarckismus braucht nicht erwähnt zu werden. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Natürliche Auslese ist eine Theorie. Wie viele Belege sind zur Unterstützung einer Theorie erforderlich und welche Gegenbeweise sind erforderlich, um die Theorie anzufechten?

Grundgedanke: Arten werden nach einem international vereinbarten System benannt und klassifiziert.

5.3 Klassifizierung der Biodiversität	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Zusammenarbeit zwischen Gruppen von Naturwissenschaftlern - Naturwissenschaftler verwenden die binäre Nomenklatur zur Identifikation einer Art anstelle der zahlreichen national und regional unterschiedlichen Bezeichnungen. (4,3)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die binäre Nomenklatur der Arten wird unter Biologen universell angewendet und wurde in einer Reihe von Kongressen ausgearbeitet und vereinbart. Wenn Arten entdeckt werden, erhalten sie wissenschaftliche Bezeichnungen anhand der binären Nomenklatur. Taxonomen klassifizieren Arten unter Verwendung einer Hierarchie von <i>Taxa</i>. Alle Organismen werden im Rahmen von drei Domänen klassifiziert. Die Haupt-Taxa zur Klassifizierung von Eukaryoten sind: Reich, Stamm, Klasse, Ordnung, Familie, Gattung und Art. Bei einer natürlichen Klassifikation setzen sich die Gattung und die zugehörigen höheren Taxa aus allen Arten zusammen, die sich aus einer gemeinsamen Vorfahrenart entwickelt haben. Artengruppen werden von Taxonomen manchmal neu klassifiziert, wenn neue Belege zeigen, dass ein bisheriges Taxon Arten enthält, die von einer anderen Vorfahrenart abstammen. Natürliche Klassifikationen helfen bei der Identifikation von Arten und ermöglichen die Prognose von Merkmalen, die den Arten innerhalb einer Gruppe gemein sind. 	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Es gibt internationale Codes der Nomenklatur und vertragliche Vereinbarungen über die Prinzipien, die bei der Klassifizierung von Lebewesen zu befolgen sind. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Einführung eines binären Systems zur Nomenklatur ist vorwiegend auf den schwedischen Botaniker und Arzt Carolus Linnaeus (1707–1778) zurückzuführen. Linnaeus hat auch vier Gruppen von Menschen definiert, wobei sich die Unterteilung sowohl auf physische wie auf soziale Merkmale stützte. Vom Standpunkt des 21. Jahrhunderts aus sind seine Beschreibungen als rassistisch zu betrachten. Wie beeinflusst der soziale Kontext des wissenschaftlichen Arbeitens die Methoden und Ergebnisse der Forschung? Ist es bei einer Beurteilung ethischer Aspekte von Wahrheitsansprüchen erforderlich, den sozialen Kontext zu berücksichtigen?

5.3 Klassifizierung der Biodiversität

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Klassifizierung einer Pflanzen- und einer Tierart von der Domänenebene zur Artebene.
- Anwendungsform: Das Erkennen von Merkmalen von Bryophyta, Filicinophyta, Coniferophyta und Angiospermophyta.
- Anwendungsform: Das Erkennen von Merkmalen von Porifera, Cnidaria, Plathelminthes, Annelida, Mollusca, Arthropoda und Chordata.
- Anwendungsform: Das Erkennen von Merkmalen von Vögeln, Säugetieren, Amphibien, Reptilien und Fischen.
- Kompetenz: Konstruktion von dichotomen Bestimmungsschlüsseln zur Identifikation von Individuen.

Hinweise:

- Für die drei Domänen sind die Bezeichnungen Archaea, Eubacteria und Eukaryota anzuwenden.
- Angehörige dieser Domänen sind als Archaeen, Bakterien und Eukaryoten zu bezeichnen.
- Die Schüler sollten wissen, welche Pflanzenstämme Gefäßgewebe aufweisen, während andere Einzelheiten des inneren Aufbaus nicht erforderlich sind.
- Bei den Erkennungsmerkmalen, die für die ausgewählten Tierstämme erwartet werden, handelt es sich um diejenigen, die bei der Unterscheidung der Gruppen untereinander am nützlichsten sind, wobei komplette Beschreibungen der Merkmale jedes einzelnen Stamms nicht erforderlich sind.
- Viren sind nicht als Lebewesen klassifiziert.

Grundgedanke: Die Abstammung von Gruppen lässt sich durch einen Vergleich ihrer Basen- oder Aminosäuresequenzen erschließen.

5.4 Kladistik	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Falsifikation von Theorien, wobei eine Theorie durch eine andere abgelöst wird - Pflanzenfamilien sind infolge von kladistischen Belegen neu klassifiziert worden. (1.9)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Eine Klade ist eine Gruppe von Organismen, die von einem gemeinsamen Vorfahren abstammen. • Hinweise darauf, welche Arten einer Klade angehören, lassen sich aus der Basensequenz eines Gens oder der entsprechenden Aminosäuresequenz eines Proteins ableiten. • Sequenzunterschiede sammeln sich graduell an, so dass eine positive Korrelation zwischen der Anzahl von Unterschieden zwischen zwei Arten und der Zeit besteht, als sie von einem gemeinsamen Vorfahren abzweigten. • Merkmale können entweder analog oder homolog sein. • Bei Kladogrammen handelt es sich um Baumdiagramme, die die wahrscheinlichste Abfolge von Verzweigungen in Kladen anzeigen. • Kladistische Belege haben gezeigt, dass Klassifikationen mancher Gruppen auf Basis der Struktur nicht mit den evolutionären Ursprüngen einer Gruppe oder Art übereinstimmen. 	Erkenntnistheorie: <ul style="list-style-type: none"> • Ein wichtiger Fortschritt in der Bakterienforschung war 1977 die Erkenntnis von Carl Woese, dass <i>Archaea</i> eine andere evolutionäre Abstammungslinie als Bakterien aufweisen. Berühmte Wissenschaftler, wie u.a. Luria und Mayr, widersprachen seiner Unterteilung der Prokaryoten. Inwiefern ist Konservatismus in den Naturwissenschaften wünschenswert?
Anwendungsformen und Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Kladogramme wie u.a. vom Menschen und anderen Primaten. • Anwendungsform: Neuklassifizierung der Familie der Braunwurzgewächse unter Verwendung kladistischer Belege. • Kompetenz: Analyse von Kladogrammen zur Ableitung evolutionärer Zusammenhänge. 	

Grundgedanke: Die Struktur der Dünndarmwand ermöglicht, dass der Dünndarm die Nahrung bewegen, verdauen und resorbieren kann.

6.1 Verdauung und Resorption	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften:	
Anwendung von Modellen zur Darstellung von Real-Welt-Szenarien - Dialyseschläuche können zum Modellieren der Resorption im Darm verwendet werden. (1.10)	
Kenntnisse:	Nutzung:
<ul style="list-style-type: none"> • Durch Kontraktion der Ring- und Längsmuskeln im Dünndarm wird Nahrung mit Enzymen vermischt und den Darm entlang transportiert. • Die Bauchspeicheldrüse gibt Enzyme in das Lumen des Dünndarms ab. • Die meisten Makromoleküle in der Nahrung werden von Enzymen im Dünndarm zu Monomeren verdaut. • Durch Zotten wird die Oberfläche des Epithels vergrößert, die zur Resorption zur Verfügung steht. • Dünndarmzotten resorbieren die durch Verdauung erzeugten Monomere sowie Mineralionen und Vitamine. • Zur Resorption unterschiedlicher Nährstoffe sind unterschiedliche Methoden des Membrantransports erforderlich. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestimmte hydrolytische Enzyme besitzen wirtschaftliche Bedeutung, wie z. B. Amylase bei der Erzeugung von Zuckern aus Stärke sowie beim Bierbrauen. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.1 Von Molekülen zum Stoffwechsel Thema 2.5 Enzyme</p>
Anwendungsformen und Kompetenzen:	
<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Prozesse, die sich im Dünndarm abspielen und zur Verdauung von Stärke und zum Transport der Verdauungsprodukte zur Leber führen. • Anwendungsform: Verwendung von Dialyseschläuchen zur Modellierung der Resorption verdauter Nahrung im Dünndarm. 	

6.1 Verdauung und Resorption

- Kompetenz: Erstellung eines beschrifteten Diagramms des Verdauungssystems.
- Kompetenz: Identifikation der Gewebeschichten in Querschnitten aus dem Dünndarm bei Betrachtung mittels Mikroskop oder in mikroskopischen Aufnahmen.

Hinweise:

- Die Schüler sollten wissen, dass Amylase, Lipase und eine Endopeptidase von der Bauchspeicheldrüse ausgeschieden werden. Die Bezeichnung Trypsin und die Methode zu seiner Aktivierung brauchen nicht erwähnt zu werden.
- Die Schüler sollten wissen, dass Stärke, Glykogen, Lipide und Nukleinsäuren zu Monomeren verdaut werden und dass Zellulose unverdaut bleibt.
- Gewebeschichten sollten Längs- und Ringmuskeln, Schleimhaut und Epithel umfassen.

Grundgedanke: Der Blutkreislauf dient dazu, den Zellen kontinuierlich Stoffe zuzuführen, wobei gleichzeitig Abfallprodukte abtransportiert werden.

6.2 Der Blutkreislauf	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Theorien gelten als unsicher - William Harvey warf Theorien um, die vom Philosophen Galen in der griechischen Antike bezüglich des Transports von Blut im Körper entwickelt wurden. (1:9)</p>	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unserem heutigen Verständnis nach sind Emotionen eher das Produkt von Gehirnaktivität statt Herzaktivität. Ist der Wert wissenschaftlich fundierter Kenntnisse höher einzuschätzen als auf Intuition gestütztes Wissen? <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Verständnis der Struktur des Blutkreislaufs hat die Entwicklung der Herzchirurgie ermöglicht. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.2 Wasser Thema 2.3 Kohlenhydrate und Lipide Thema 6.4 Gasaustausch Thema 6.6 Hormone, Homöostase und Reproduktion</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Es empfiehlt sich das Sezieren eines Herzens als Methode zur Untersuchung der Herzstruktur. • Zielsetzung 8: Es könnten die sozialen Implikationen der koronaren Herzkrankheit erörtert werden.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arterien transportieren Blut unter hohem Druck von den Ventrikeln zum Körpergewebe. • Die Wände von Arterien besitzen Muskelzellen sowie elastische Fasern. • Der Muskel und die elastischen Fasern helfen bei der Aufrechterhaltung des Blutdrucks zwischen Pumpvorgängen. • Das Blut durchströmt die Gewebe in Kapillaren. Kapillaren besitzen durchlässige Wände, die den Austausch von Stoffen zwischen den Zellen im Gewebe und dem Blut in den Kapillaren ermöglichen. • Venen sammeln bei niedrigem Druck Blut aus den Körpergeweben und führen es wieder den Herzvorhöfen zu. • Klappen in den Venen und dem Herzen stellen den Blutkreislauf sicher, indem sie Rückfluss verhindern. • Für die Lunge gibt es einen separaten Kreislauf. • Der Herzschlag wird von einer Gruppe spezialisierter Muskelzellen im rechten Atrium ausgelöst, die als Sinusknoten bezeichnet wird. • Der Sinusknoten fungiert als Schrittmacher. • Der Sinusknoten gibt ein elektrisches Signal ab, das die Kontraktion auslöst, während es durch die Wände der Atrien und dann die Wände der Ventrikel weitergeleitet wird. 	

6.2 Der Blutkreislauf

- Die Herzfrequenz kann durch Impulse erhöht oder gesenkt werden, die dem Herzen über zwei Nerven von der Medulla oblongata im Gehirn zugeführt werden.
- Adrenalin (Epinephrin) erhöht die Herzfrequenz zur Vorbereitung auf intensive Körperbewegung.

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: William Harveys Entdeckung des Blutkreislaufs mit dem Herz als Pumpe.
- Anwendungsform: Druckänderungen im linken Atrium, linken Ventrikel und der Aorta während des Herzzyklus.
- Anwendungsform: Ursachen und Konsequenzen einer Verstopfung der Herzarterien.
- Kompetenz: Identifikation von Blutgefäßen als Arterien, Kapillaren oder Venen anhand der Struktur ihrer Wände.
- Kompetenz: Erkennen der Kammern und Klappen des Herzens sowie der damit verbundenen Blutgefäße in seziierten Herzen oder in Diagrammen der Herzstruktur.

Grundgedanke: Der Körper des Menschen besitzt Strukturen und Prozesse, um sich vor der kontinuierlichen Gefährdung durch Pathogene zu schützen.

6.3 Abwehr gegen Infektionskrankheiten	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Mit wissenschaftlicher Forschung verbundene Risiken - die Tests von Florey und Chain zur Sicherheit von Penicillin wären mit dem heutigem Testprotokoll nicht konform. (4.8)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> Die Haut und die Schleimhäute bilden eine Primärabwehr gegen Pathogene, die Infektionskrankheiten verursachen. Hautschnitte werden durch Blutgerinnung verschlossen. Gerinnungsfaktoren werden aus Blutplättchen freigesetzt. Die Kaskadenreaktion führt zur rapiden Umsetzung von Fibrinogen zu Fibrin durch Thrombin. Die Aufnahme von Pathogenen durch phagozytische weiße Blutkörperchen verleiht eine nichtspezifische Immunität gegen Krankheiten. Die Erzeugung von Antikörpern durch Lymphozyten als Reaktion auf bestimmte Pathogene verleiht spezifische Immunität. Antibiotika blockieren Prozesse, die zwar in prokaryotischen Zellen, nicht aber in eukaryotischen Zellen erfolgen. Viruskrankheiten können nicht durch Antibiotika behandelt werden, da Viren keinen Stoffwechsel aufweisen. Einige Bakterienstämme haben Gene entwickelt, die für eine Resistenz gegen Antibiotika sorgen, und manche Bakterien weisen mehrfache Resistenzen auf. Anwendungsformen und Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Ursachen und Konsequenzen der Entstehung von Blutgerinnseln in Herzarterien. 	Internationale Denkweise: <ul style="list-style-type: none"> Die Verbreitung und Eindämmung von Krankheiten, wie z. B. Vogelgrippe, erfordern internationale Koordination und Kommunikation. Nutzung: <ul style="list-style-type: none"> Das Verständnis der Immunität hat zur Entwicklung von Impfungen geführt. Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 5.2 Natürliche Auslese Chemie Thema D2 Aspirin und Penicillin Allgemeine Zielsetzung: <ul style="list-style-type: none"> Zielsetzung 8: Die sozialen und ökonomischen Vorteile der Eindämmung bakterieller Krankheiten in der ganzen Welt sollten besonders hervorgehoben werden. Zielsetzung 9: Die Naturwissenschaft verfügt über begrenzte Mittel zum Kampf gegen Pathogene, wie an der Verbreitung neuer Krankheiten und Antibiotika-resistenter Bakterien zu erkennen ist.

6.3 Abwehr gegen Infektionskrankheiten	
	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Experimente von Florey und Chain zum Testen von Penicillin bei bakteriellen Infektionen in Mäusen. • Anwendungsform: Auswirkungen von HIV auf das Immunsystem und Übertragungswege. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Diagramme der Haut sind nicht erforderlich. • Phagozyten- und Lymphozyten-Untergruppen sind nicht erforderlich. Die Schüler sollten jedoch wissen, dass einige Lymphozyten als Gedächtniszellen fungieren und sich schnell zu einem Klon von Plasmazellen vermehren können, falls ein Pathogen mit einem bestimmten Antigen erneut angetroffen wird. • Die Auswirkungen von HIV auf das Immunsystem sollten auf eine Senkung der Anzahl aktiver Lymphozyten beschränkt werden sowie auf den Verlust der Fähigkeit, Antikörper zu erzeugen, was zur Entwicklung von AIDS führt.

Grundgedanke: Die Lunge wird aktiv belüftet, um sicherzustellen, dass Gasaustausch auf passive Weise erfolgen kann.

6.4 Gasaustausch	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Beweise für Theorien erlangen - epidemiologische Untersuchungen haben zu unserem Verständnis der Ursachen von Lungenkrebs beigetragen. (1.8)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> Die Ventilation dient zur Beibehaltung der Konzentrationsgradienten von Sauerstoff und Kohlendioxid zwischen Luft in den Alveolen und Blut, das in benachbarten Blutgefäßen fließt. Bei Pneumozyten vom Typ I handelt es sich um äußerst dünne Alveolarzellen, die zur Durchführung von Gasaustausch angepasst sind. Pneumozyten vom Typ II sondern eine Lösung ab, die in den Alveolen eine feuchte Oberfläche herstellt und den sogenannten Surfactant-Faktor enthält, der durch Verringerung der Oberflächenspannung verhindert, dass die Seiten der Alveole aneinander haften. Atemluft wird der Lunge über die Trachea und die Bronchien und von dort aus über Bronchiolen den Alveolen zugeführt. Muskelkontraktionen verursachen die Druckänderungen im Thorax, welche Luft in die Lunge hinein und aus ihr heraus pressen, um sie zu belüften. Zum Ein- und Ausatmen werden verschiedene Muskeln benötigt, da Muskeln nur bei der Kontraktion arbeiten. Anwendungsformen und Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Ursachen und Konsequenzen von Lungenkrebs. Anwendungsform: Ursachen und Konsequenzen des Lungenemphysems. Anwendungsform: Externe und interne Zwischenrippenmuskeln sowie Zwerchfell und Bauchmuskulatur als Beispiele von antagonistischer Muskelwirkung. Kompetenz: Überwachung der Ventilation beim Menschen im Ruhezustand sowie nach leichter bzw. starker körperlicher Betätigung. (Praktikum 6) 	Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.4 Membrantransport Thema 1.6 Zellteilung Thema 6.2 Der Blutkreislauf Physik Thema 3.2 Modellieren eines Gases Allgemeine Zielsetzung: <ul style="list-style-type: none"> Zielsetzung 8: Es könnten die sozialen Konsequenzen von Lungenkrebs und Lungenemphysem erörtert werden.

6.4 Gasaustausch**Hinweise:**

- Die Ventilation kann entweder durch einfache Beobachtung und eine einfache Apparatur oder durch Datenaufzeichnung mittels Spirometer oder Brustriemen und Druckmessgerät überwacht werden. Die Ventilationsrate und das Atemzugvolumen sind zu messen, aber die Begriffe Vitalkapazität und Residualvolumen werden nicht erwartet.
- Die Schüler sollten in der Lage sein, ein Diagramm zu zeichnen, das die Struktur einer Alveole und eines benachbarten Blutgefäßes zeigt.

Grundgedanke: Neuronen übertragen den Impuls, Synapsen modulieren den Impuls.

6.5 Neuronen und Synapsen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Zusammenarbeit zwischen Gruppen von Wissenschaftlern - Biologen tragen zur Forschungsarbeit auf dem Gebiet von Gedächtnis und Lernen bei. (4.3)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Neuronen übertragen elektrische Impulse. • Die Myelinisierung von Nervenfasern ermöglicht die saltatorische Erregungsleitung. • Neuronen pumpen Natrium- und Kaliumionen durch ihre Membranen, um ein Ruhepotenzial zu erzeugen. • Ein Aktionspotenzial setzt sich aus Depolarisation und Repolarisation des Neurons zusammen. • Nervenimpulse sind Aktionspotenziale, die an den Axonen von Neuronen entlang weitergeleitet werden. • Die Weiterleitung von Nervenimpulsen ist das Ergebnis lokaler Ströme, die bewirken, dass jeder nachfolgende Bereich des Axons das Schwellenpotenzial erreicht. • Synapsen sind Verbindungen zwischen Neuronen sowie zwischen Neuronen und Rezeptor- oder Effektorzellen. • Wenn präsynaptische Neuronen depolarisiert werden, geben sie einen Neurotransmitter in die Synapse ab. • Ein Nervenimpuls wird nur dann ausgelöst, wenn das Schwellenpotenzial erreicht ist. 	<p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Verständnis der Funktionsweise von Neurotransmittern und Synapsen hat zur Entwicklung zahlreicher Arzneimittel zur Behandlung psychiatrischer Erkrankungen geführt. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.4 Membrantransport Chemie Thema C6 Elektrochemie Psychologie Pflichtteil: Biologisches Analyseniveau</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Die sozialen Auswirkungen des Missbrauchs psychoaktiver Drogen könnten in Betracht gezogen werden, wie auch die Nutzung des Neurotoxins <i>Botox</i> zur kosmetischen Behandlung.

<p>6.5 Neuronen und Synapsen</p>	<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Freisetzung und Wiederaufnahme von Acetylcholin durch Neuronen an Synapsen. • Anwendungsform: Blockierung der synaptischen Übertragung an cholinergen Synapsen in Insekten durch Bindung von Neonicotinoid-Pestiziden an Acetylcholinrezeptoren. • Kompetenz: Analyse von Oszilloskopaufzeichnungen, die Ruhepotenziale und Aktionspotenziale zeigen. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die strukturellen Einzelheiten verschiedener Arten von Neuronen sind nicht erforderlich. • Es brauchen nur chemische, keine elektrischen Synapsen erwähnt zu werden, und diese brauchen nur als Synapsen bezeichnet zu werden.
---	---

Grundgedanke: Hormone kommen ins Spiel, wenn Signale weit verbreitet werden müssen.

6.6 Hormone, Homöostase und Reproduktion	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen in Geräten - William Harvey war in seinen Forschungsbeobachtungen der Fortpflanzung durch einen Mangel an Ausrüstung gehindert. Das Mikroskop wurde erst 17 Jahre nach seinem Tod erfunden. (1.8)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Glukagon und Insulin werden von α- und β-Zellen in der Bauchspeicheldrüse sezerniert, um den Blutzuckerspiegel zu regulieren. • Thyroxin wird von der Schilddrüse sezerniert, um die Stoffwechselrate zu regulieren und zur Regulierung der Körpertemperatur beizutragen. • Leptin wird von Zellen im Fettgewebe sezerniert und bewirkt Appetithemmung im Hypothalamus im Gehirn. • Melatonin wird zur Regulierung der circadianen Rhythmen von der Zirbeldrüse sezerniert. • Ein Gen auf dem Y-Chromosom bewirkt, dass sich die embryonalen Gonaden zu Hoden entwickeln und Testosteron sezernieren. • Testosteron bewirkt die pränatale Entwicklung der männlichen Genitalien und sowohl Samenerzeugung als auch die Entwicklung männlicher sekundärer Geschlechtsmerkmale in der Pubertät. • Östrogen und Progesteron bewirken die pränatale Entwicklung der weiblichen Fortpflanzungsorgane und der weiblichen sekundären Geschlechtsmerkmale in der Pubertät. • Der Menstruationszyklus wird durch negative und positive Rückkopplungsmechanismen mittels Eierstock- und Hypophysenhormonen reguliert. 	<p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hormone werden in verschiedenen Therapien verwendet, wie z. B. Hormonersatztherapien. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 3.2 Chromosomen Thema 3.3 Meiose Thema 10.1 Meiose Psychologie Pflichtteil: Biologisches Analyseniveau</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Wissenschaftler sind sich dessen bewusst, dass die von Frauen bei der Fruchtbarkeitsbehandlung eingenommenen Medikamente potenzielle Gesundheitsrisiken beinhalten. Sollte bei der Behandlung unfruchtbarer Ehepaare das wissenschaftliche Wissen Vorrang vor Mitgefühl haben?

6.6 Hormone, Homöostase und Reproduktion

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Ursachen und Behandlung von Diabetes Typ I und Typ II.
- Anwendungsform: Testen von Leptin bei Patienten mit klinischer Fettleibigkeit und der Gründe für das Versagen, die Krankheit unter Kontrolle zu bringen.
- Anwendungsform: Ursachen von Jetlag und Verwendung von Melatonin zur Linderung der Symptome.
- Anwendungsform: Die Verwendung bei IVF von Medikamenten zur Unterdrückung der normalen Sekretion von Hormonen, gefolgt von der Verabreichung künstlicher Dosen von Hormonen zur Einleitung einer Superovulation und Bewirkung einer Schwangerschaft.
- Anwendungsform: William Harveys Untersuchung der sexuellen Fortpflanzung bei Hirschen.
- Kompetenz: Beschriftung von Diagrammen der männlichen und weiblichen Geschlechtsorgane, wobei die Bezeichnungen der Strukturen und ihre Funktionen zu zeigen sind.

Hinweise:

- Die Rollen von FSH, LH, Östrogen und Progesteron im Menstruationszyklus sind anzugeben.
- William Harvey gelang es nicht, das Geheimnis der sexuellen Fortpflanzung zu enthüllen, da zu der Zeit, als er seine Forschungsarbeit betrieb, noch keine funktionierenden Mikroskope zur Verfügung standen. Die Fusion der Gameten und die nachfolgende Embryoentwicklung blieben daher unentdeckt.

Grundgedanke: Die Struktur der DNA ist für ihre Funktion ideal geeignet.

7.1 DNA-Struktur und Replikation

Beschaffenheit der Naturwissenschaften:

Durchführung sorgfältiger Beobachtungen - Rosalind Franklins Röntgenbeugungsanalyse lieferte ausschlaggebende Hinweise darauf, dass DNA eine Doppelhelix bildet. (1.8)

Kenntnisse:

- Nukleosomen tragen zum Supercoiling der DNA bei.
- Die DNA-Struktur wies auf einen Mechanismus der DNA-Replikation hin.
- DNA-Polymerasen können nur dem 3'-Ende eines Primers Nukleotide hinzufügen.
- Die DNA-Replikation erfolgt am Leitstrang kontinuierlich und am Folgestrang diskontinuierlich.
- Die DNA-Replikation wird durch ein komplexes System von Enzymen ausgeführt.
- Manche Bereiche der DNA kodieren nicht für Proteine, sondern besitzen andere wichtige Funktionen.

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Die von Rosalind Franklin und Maurice Wilkins durchgeführte Untersuchung der DNA-Struktur durch Röntgenbeugung.
- Anwendungsform: Verwendung von Nukleotiden mit Didesoxyribonukleinsäure zur Unterbindung der DNA-Replikation zur Vorbereitung von Proben zur Basensequenzierung.

Erkenntnistheorie:

- Stark repetitive Sequenzen wurden früher als „Junk-DNA“ bezeichnet, woran zu erkennen ist, dass man ihr keine Rolle zuerkannte. Inwieweit beeinflussen die Etiketten und Kategorien, die beim Streben nach Erkenntnis angewendet werden, das Wissen, das wir erringen können?

Nutzung:

Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen:
Biologie
Thema 2.6 Struktur von DNA und RNA

Allgemeine Zielsetzung:

- **Zielsetzung 6:** Die Schüler könnten Modelle zur Veranschaulichung der Stadien der DNA-Replikation entwerfen.

7.1 DNA-Struktur und Replikation

- Anwendungsform: Beim DNA-Profilung werden Tandem-Repeats genutzt.
- Kompetenz: Analyse von Resultaten des Experiments von Hershey und Chase zur Lieferung von Belegen, dass die DNA das genetische Material bildet.
- Kompetenz: Nutzung von Software zur molekularen Visualisierung zwecks Analyse des Verhältnisses zwischen Protein und DNA innerhalb eines Nukleosoms.

Hinweise:

- Die Einzelheiten der DNA-Replikation sind bei Prokaryoten anders als bei Eukaryoten. Es braucht nur das prokaryotische System behandelt zu werden.
- Unter den Proteinen und Enzymen, die bei der DNA-Replikation eine Rolle spielen, sollten Helicase, DNA-Gyrase, Einzelstrang-bindende Proteine, DNA-Primase und die DNA-Polymerasen I und III erwähnt werden.
- Von den Bereichen der DNA, die nicht für Proteine kodieren, sollten nur Regulatoren der Genexpression, Introns, Telomere und tRNA-Gene behandelt werden.

Grundgedanke: Als Code in der DNA gespeicherte Informationen werden in die mRNA kopiert.

7.2 Transkription und Genexpression	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Suche nach Mustern, Trends und Diskrepanzen - es gibt zunehmend Beweise dafür, dass die Umwelt vererbare Änderungen in epigenetischen Faktoren auslösen kann. (3.1)</p>	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die „Nature-Nurture-Debatte“ hinsichtlich der relativen Bedeutung der angeborenen Eigenschaften eines Einzelorganismus gegenüber den durch Erfahrungen angeeigneten Eigenschaften ist keineswegs beendet. Ist der Versuch, diese Frage zu beantworten, für die Wissenschaft von Bedeutung? <p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.7 DNA-Replikation, Transkription und Translation</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Transkription erfolgt in der Richtung von 5' zu 3'. Nukleosomen helfen bei der Regulierung der Transkription bei Eukaryoten. In eukaryotischen Zellen wird nach der Transkription die mRNA modifiziert. Durch Spleißen von mRNA nimmt die Anzahl verschiedener Proteine zu, die von einem Organismus erzeugt werden können. Die Genexpression wird durch Proteine reguliert, die sich an bestimmte Basensequenzen der DNA binden. Die Umwelt einer Zelle und eines Organismus wirkt auf die Genexpression ein. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Der Promotor als Beispiel von nichtkodierender DNA mit einer Funktion. Kompetenz: Analyse von Änderungen des DNA-Methylierungsmusters. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> RNA-Polymerase fügt das 5'-Ende des freien RNA-Nukleotids an das 3'-Ende des wachsenden mRNA-Moleküls an. 	

Grundgedanke: Von DNA auf mRNA transferierte Informationen werden in eine Aminosäuresequenz übersetzt.

7.3 Translation	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen in der Rechnerkapazität von Computern - die Anwendung von Computern hat Wissenschaftler in die Lage versetzt, Fortschritte in Bioinformatikanwendungen zu machen, wie z. B. Genlokalisierung innerhalb von Genomen und Identifikation konservierter Sequenzen. (3.7)</p>	<p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.7 DNA-Replikation, Transkription und Translation Wahlpflichtbereich B: Biotechnologie und Bioinformatik</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Initiation der Translation kommen die Komponenten zusammen, die den Prozess ausführen. • Bei der Synthese des Polypeptids erfolgt ein sich wiederholender Ablauf. • Der Zerfall der Komponenten schließt sich der Termination der Translation an. • Freie Ribosomen synthetisieren Proteine zur vorwiegenden Verwendung innerhalb der Zelle. • Gebundene Ribosomen synthetisieren Proteine vorwiegend zur Sekretion oder zur Verwendung in Lysosomen. • Die Translation kann bei Prokaryoten unmittelbar nach der Transkription erfolgen, was auf die Abwesenheit einer Kernhülle zurückzuführen ist. • Die Sequenz und Anzahl der Aminosäuren in einem Polypeptid bilden die Primärstruktur. • Die Sekundärstruktur entsteht durch Bildung von Alpha-Helices sowie Beta-Faltblättern, die durch Wasserstoffbrückenbindungen stabilisiert werden. • Die Tertiärstruktur ergibt sich aus der weiteren Faltung des Polypeptids, stabilisiert durch die Wechselwirkungen zwischen R-Gruppen. • Die Quartärstruktur besteht in Proteinen mit mehr als einer Polypeptidkette. 	

<p>7.3 Translation</p>	<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: tRNA-aktivierende Enzyme veranschaulichen die Enzym-Substrat-Spezifität sowie die Rolle der Phosphorylierung. • Kompetenz: Identifikation von Polysomen in elektronenmikroskopischen Aufnahmen von Prokaryoten und Eukaryoten. • Kompetenz: Anwendung von Software zur molekularen Visualisierung zwecks Analyse der Struktur eukaryotischer Ribosomen und eines tRNA-Moleküls. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erwartet wird die Angabe der Bezeichnungen der tRNA-Bindungsstellen sowie ihrer Rollen. • Beispiele für Start- und Stoppcodons brauchen nicht angegeben zu werden. • Polare und unpolare Aminosäuren sind für die zwischen R-Gruppen gebildeten Bindungen relevant. • Die Quartärstruktur kann die Bindung einer prosthetischen Gruppe beinhalten, um ein konjugiertes Protein zu bilden.
-------------------------------	--

Grundgedanke: Stoffwechselreaktionen werden als Reaktion auf die Erfordernisse der Zelle reguliert.

8.1 Stoffwechsel	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen in der Rechnerkapazität von Computern - Entwicklungen in Bioinformatik, wie z. B. das Abfragen von Datenbanken, haben die Forschung auf dem Gebiet von Stoffwechselwegen erleichtert. (3-8)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stoffwechselwege bestehen aus Ketten und Zyklen von enzymkatalysierten Reaktionen. • Enzyme verringern die Aktivierungsenergie der chemischen Reaktionen, die sie katalysieren. • Enzyminhibitoren können entweder kompetitiver oder nichtkompetitiver Art sein. • Stoffwechselwege können durch Endprodukthemmung reguliert werden. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Endprodukthemmung des Weges, der Threonin zu Isoleucin umsetzt. • Anwendungsform: Anwendung von Datenbanken zur Identifikation potenzieller neuer Antimalaria-Medikamente. • Kompetenz: Berechnung und grafische Darstellung der Reaktionsraten anhand von Rohdaten aus Experimenten. • Kompetenz: Unterscheidung verschiedener Arten der Hemmung aus Grafiken bei einer festgesetzten Substratkonzentration. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zahlreiche Stoffwechselwege sind im Anschluss an eine Reihe sorgfältig regulierter und wiederholter Experimente beschrieben worden. Inwieweit können wir aus der Betrachtung einzelner Komponenten Kenntnisse über das Ganze ableiten? <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zahlreiche Enzyminhibitoren haben in der Medizin Anwendung gefunden. Ethanol ist beispielweise als kompetitiver Inhibitor bei Vergiftungen mit Frostschutzmittel verwendet worden. • Fomepizol – ein Inhibitor der Alkoholdehydrogenase – ist ebenfalls als Mittel gegen Frostschutzmittelvergiftung verwendet worden. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.7 DNA-Replikation, Transkription und Translation Chemie Thema 6.1 Kollisionstheorie und Reaktionsraten</p>

8.1 Stoffwechsel

Hinweise:

- Enzymhemmung sollte anhand eines bestimmten Beispiels für kompetitive und nichtkompetitive Hemmung untersucht werden.

Allgemeine Zielsetzung:

- **Zielsetzung 6:** Es können Experimente auf dem Gebiet der Enzymhemmung durchgeführt werden.
- **Zielsetzung 7:** Es sind Computersimulationen der Enzymwirkung einschließlich Stoffwechselhemmung verfügbar.

Grundgedanke: Energie wird bei der Zellatmung in eine nutzbare Form umgesetzt.

8.2 Zellatmung	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Paradigmenwechsel- die chemiosmotische Theorie führte zu einem Paradigmenwechsel auf dem Gebiet der Bioenergetik. (2.3)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Bei der Zellatmung erfolgt die Oxidation und Reduktion von Elektronen-Carriern. • Phosphorylierung von Molekülen macht sie weniger stabil. • Bei der Glykolyse wird Glukose im Zytoplasma zu Pyruvat umgewandelt. • Glykolyse ergibt einen geringen Nettogewinn von ATP ohne Verwendung von Sauerstoff. • Bei aerober Zellatmung wird Pyruvat bei der oxidativen Decarboxylierung zunächst decarboxyliert, dann oxidiert, in eine Acetylverbindung umgewandelt und an das Coenzym A gebunden, wodurch Acetyl-CoA entsteht. • Im Krebs-Zyklus wird die Oxidation von Acetylgruppen mit der Reduktion von Wasserstoff-Carriern gekoppelt, wobei Kohlendioxid freigesetzt wird. • Durch Oxidationsreaktionen freigesetzte Energie wird über reduziertes NAD und FAD den Cristae der Mitochondrien zugeführt. • Der Transfer von Elektronen zwischen Carriern in der Elektronentransportkette in der Membran der Cristae ist mit dem Transport (Pumpen) von Protonen gekoppelt. • Bei der Chemiosmose diffundieren Protonen durch die ATP-Synthase, wobei ATP entsteht. • Sauerstoff ist zur Bindung an die freien Protonen erforderlich. Dabei entsteht Wasser, wodurch der Wasserstoffgradient aufrechterhalten wird. • Die Struktur des Mitochondriums ist der Funktion angepasst, die es übernimmt. 	Erkenntnistheorie: <ul style="list-style-type: none"> • Peter Mitchells chemiosmotische Theorie traf jahrzehntelang auf Opposition, bevor sie schließlich akzeptiert wurde. Aus welchen Gründen resultiert eine Widerlegung nicht immer in sofortiger Akzeptanz neuer Theorien oder einem Paradigmenwechsel? Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.8 Zellatmung Chemie Thema 9.1 Oxidation und Reduktion

8.2 Zellatmung

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Elektronenmikroskopie zur Erstellung von Bildern aktiver Mitochondrien.
- Kompetenz: Analyse von Diagrammen der Stoffwechselwege der aeroben Atmung, um abzuleiten, wo die Decarboxylierungs- und Oxidationsreaktionen stattfinden.
- Kompetenz: Beschriftung des Diagramms eines Mitochondriums zur Verdeutlichung der Anpassungen an seine Funktion.

Hinweise:

- Die Bezeichnungen der Zwischenverbindungen in der Glykolyse und im Krebs-Zyklus brauchen nicht erwähnt zu werden.

Grundgedanke: Lichtenergie wird in chemische Energie umgewandelt.

8.3 Fotosynthese	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen in Geräten - Zugang zu Quellen von ¹⁴ C sowie die Autoradiographie versetzten Calvin in die Lage, die Wege der Kohlenstofffixierung aufzuklären. (1.8)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> Die Lichtreaktionen finden in den Thylakoidmembranen und im Thylakoidinnenraum statt. Die Dunkelreaktionen finden im Stroma statt. Reduziertes NADP und ATP werden bei den Lichtreaktionen erzeugt. Absorption von Licht durch Photosysteme erzeugt angeregte Elektronen. Fotolyse von Wasser erzeugt Elektronen zur Verwendung in den Lichtreaktionen. Transfer angeregter Elektronen erfolgt zwischen Carriern in den Thylakoidmembranen. Angeregte Elektronen aus dem Photosystem II werden dazu verwendet, zur Herstellung eines Protonengradienten beizutragen. ATP-Synthase in Thylakoiden erzeugt ATP durch den Protonengradienten. Angeregte Elektronen aus dem Photosystem I dienen der Reduktion von NADP. In den Dunkelreaktionen katalysiert eine Carboxylase die Carboxylierung von Ribulosebiphosphat. 3-Phosphoglycerat wird mittels reduziertem NADP und ATP zu Triosephosphat reduziert. Triosephosphat dient zur Regenerierung von RuBP und zur Erzeugung von Kohlenhydraten. 	Erkenntnistheorie: <ul style="list-style-type: none"> Das „Lollipop-Experiment“, das zur Erarbeitung der biochemischen Einzelheiten des Calvin-Zyklus verwendet wird, zeigt beträchtliche Kreativität. Inwieweit ist die Kreation eines eleganten Protokolls mit der Kreation eines Kunstwerks vergleichbar? Nutzung: <ul style="list-style-type: none"> Das Projekt <i>Global Artificial Photosynthesis</i> (GAP) zielt darauf ab, im Verlauf des nächsten Jahrzehnts ein künstliches „Blatt“ herzustellen. Eine elektronische Version des Blattes, das Sauerstoff und Wasserstoff aus Wasser und Sonnenlicht herstellt, wurde bereits erfunden und wird im Laufe des nächsten Jahrzehnts zur praktischen Anwendung weiterentwickelt. Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.9 Fotosynthese Thema 4.2 Energiefluss Thema 4.3 Kohlenstoffkreislauf Chemie Thema 9.1 Oxidation und Reduktion

<p>8.3 Fotosynthese</p>	<p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Denkbare Experimente wären u.a. Hills Methode zur Demonstration des Elektronentransfers in Chloroplasten durch Beobachtung der DCPIP-Reduktion, Immobilisierung einer Algenkultur wie z. B. <i>Scenedesmus</i> in Alginatperlen sowie Messung der Fotosyntheserate durch Überwachung ihres Effekts auf einen Hydrogencarbonatindikator.
	<ul style="list-style-type: none"> • Ribulosebiphosphat wird mittels ATP wiederhergestellt. • Die Struktur des Chloroplasts wird seiner Funktion in der Fotosynthese angepasst. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Calvins Experiment zur Verdeutlichung der Carboxylierung von RuBP. • Kompetenz: Beschriftung eines Diagramms zur Veranschaulichung der Anpassungen eines Chloroplasts an seine Funktion.

Grundgedanke: Die Struktur und Funktion sind im Xylem von Pflanzen korreliert.

9.1 Transport im Xylem von Pflanzen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Anwendung von Modellen zur Darstellung von Real-Welt-Szenarien - Mechanismen beim Transport von Wasser im Xylem können mittels Geräten und Material untersucht werden, die strukturelle Ähnlichkeiten zu Pflanzengewebe aufweisen. (1.10)</p>	<p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.2 Wasser Themen 2.9 und 8.3 Fotosynthese</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 7: Die Einführung von Software zur Bildverarbeitung sowie von Digitalmikroskopen hat die Fähigkeit zur Erfassung weiterer Daten weiter verbessert, was wiederum die Zuverlässigkeit erhöht. • Zielsetzung 6: Mögliche Experimente sind u.a. die Messung von Spaltöffnungsgrößen und der Spaltöffnungsverteilung an Blattabdrücken, einschließlich Mehrfachbestimmungen zur Erhöhung der Zuverlässigkeit.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transpiration ist die unvermeidliche Konsequenz des Gasaustausches im Blatt. • Pflanzen befördern Wasser von den Wurzeln zu den Blättern, um Transpirationsverluste zu ersetzen. • Die kohäsive Eigenschaft von Wasser und die Struktur der Xylemgefäße ermöglichen den Transport unter Spannung. • Die adhäsive Eigenschaft von Wasser sowie die Evaporation erzeugen Spannkraft in den Blattzellwänden. • Die aktive Aufnahme von Mineralionen in den Wurzeln verursacht Absorption von Wasser durch Osmose. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Anpassungen von Pflanzen in Wüsten und in Salzböden zur Wasserrückhaltung. • Anwendungsform: Modelle des Wassertransports im Xylem unter Verwendung einfacher Vorrichtungen einschl. Lösch- oder Filterpapier, poröser Töpfe und Kapillarschläuchen. 	

<p>9.1 Transport im Xylem von Pflanzen</p>	<ul style="list-style-type: none">• Kompetenz: Zeichnung der Struktur von Primärxylemgefäßen in Sprossachsenquerschnitten auf Basis von Mikroskopaufnahmen.• Kompetenz: Messung von Transpirationsraten unter Verwendung von Potometern. (Praktikum 7)• Kompetenz: Design eines Experiments zum Testen von Hypothesen über die Auswirkungen von Temperatur oder Luftfeuchtigkeit auf Transpirationsraten.
---	---

Grundgedanke: Die Struktur und Funktion sind im Phloem von Pflanzen korreliert.

9.2 Transport im Phloem von Pflanzen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen in Geräten - experimentelle Methoden zur Messung von Phloemtransportraten unter Verwendung von Blattlaus-Stechrüsseln und radioaktiv markiertem Kohlendioxid waren erst dann möglich, als Radioisotope verfügbar wurden. (1.8)</p>	<p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.4 Membrantransport</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pflanzen transportieren organische Verbindungen von Quellen zu Senken. • Die Inkompressibilität von Wasser ermöglicht den Transport entlang hydrostatischer Druckgradienten. • Aktiver Transport dient zur Beförderung organischer Verbindungen in die Siebröhren des Phloems an der Quelle. • Hohe Lösungskonzentrationen im Phloem an der Quelle führen zur Wasseraufnahme durch Osmose. • Erhöhter hydrostatischer Druck bewirkt, dass der Inhalt des Phloems den Senken zufließt. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Struktur-Funktions-Beziehungen bei den Siebröhren des Phloems. • Kompetenz: Identifikation von Xylem und Phloem in Mikroskopaufnahmen von Sprossachse und Wurzel. • Kompetenz: Analyse von Daten aus Experimenten zur Messung von Phloemtransportraten unter Verwendung von Blattlaus-Stechrüsseln und radioaktiv markiertem Kohlendioxid. 	

Grundgedanke: Pflanzen passen ihr Wachstum an Umweltbedingungen an.

<p>9.3 Wachstum bei Pflanzen</p>	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen in der Analyse und Ableitung - Verbesserungen in Analysemethoden, die das Aufspüren von Spuren Mengen von Stoffen ermöglichen, haben zu Fortschritten im Verständnis von Pflanzenhormonen und ihren Auswirkungen auf die Genexpression geführt. (1.8)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nicht differenzierte Zellen in den Meristemen von Pflanzen ermöglichen unbegrenztes Wachstum. • Durch Mitose und Zellteilung in der Triebspitze entstehen Zellen, die zur Erweiterung der Sprossachse und zur Entwicklung von Blättern erforderlich sind. • Pflanzenhormone regulieren das Wachstum in der Triebspitze. • Pflanzentriebe reagieren durch Tropismen auf ihre Umwelt. • Auxin-Effluxpumpen können Konzentrationsgradienten von Auxin im Pflanzengewebe hervorrufen. • Auxin beeinflusst die Zellwachstumsrate durch Änderung des Genexpressionsmusters. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Mikrovermehrung von Pflanzen unter Verwendung von Gewebe aus der Triebspitze sowie nährstoffhaltigen Agar-Gelen und Wachstumshormonen. • Anwendungsform: Anwendung von Mikrovermehrung für den rapiden Aufbau neuer Sorten, Produktion virusfreier Stämme bestehender Sorten sowie Vermehrung von Orchideen und anderen seltenen Arten. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auxin ist das einzige genannte Hormon, dessen Angabe erwartet wird. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pflanzen kommunizieren sowohl intern als extern auf chemischem Wege. Inwiefern ließe sich sagen, dass Pflanzen eine Sprache besitzen? <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mikrovermehrung dient dem raschen Aufbau neuer Pflanzensorten. Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 3.5 Genetische Modifikation und Biotechnologie. <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Es könnten Untersuchungen auf dem Gebiet von Tropismen ausgeführt werden.

Grundgedanke: Die Reproduktion bei Blütenpflanzen wird von der biotischen und der abiotischen Umwelt beeinflusst.

9.4 Reproduktion bei Pflanzen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Paradigmenwechsel – mehr als 85 % der 250.000 Arten von Blütenpflanzen auf der Welt sind zur Reproduktion von Bestäubern abhängig. Diese Kenntnis hat zum Schutz ganzer Ökosysteme anstelle einzelner Arten geführt. (2.3)</p>	<p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Universität Göttingen in der Bundesrepublik Deutschland hat 2005 eine umfangreiche Revision wissenschaftlicher Studien aus 200 Ländern für 115 der global führenden Feldfrüchte durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass 87 der Feldfruchtplanzen in gewissem Grade von Tierbestäubung, einschließlich Bienen, abhängen. Die Menge entspricht einem Drittel der globalen Feldfruchtproduktion.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bei der Blütenbildung erfolgt eine Änderung in der Genexpression in der Triebspitze. Der Start der Blütenbildung ist bei vielen Pflanzen eine Reaktion auf die Länge heller und dunkler Perioden. Der Erfolg der Pflanzenreproduktion richtet sich nach Bestäubung, Befruchtung und Samenverbreitung. Die meisten Blütenpflanzen stehen bei sexueller Reproduktion in einem mutualistischen Verhältnis zu den Bestäubern. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Methoden, die dazu verwendet werden, Kurztagepflanzen zum Blühen außerhalb der Saison zu veranlassen. Kompetenz: Zeichnung der internen Struktur von Samenkörnern. Kompetenz: Zeichnung von Halbansichten tierbestäubter Blüten. Kompetenz: Design von Experimenten zum Testen von Hypothesen in Bezug auf Faktoren, die sich auf Keimung auswirken. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Schüler sollten die Unterschiede zwischen Bestäubung, Befruchtung und Samenverbreitung verstehen, wobei sie jedoch keine Einzelheiten über die jeweiligen Prozesse angeben brauchen. Das Blühen bei sogenannten Kurztagepflanzen, z. B. Chrysanthem, wird durch lange Nächte, nicht aber durch kurze Tage stimuliert. 	<p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Universität Göttingen in der Bundesrepublik Deutschland hat 2005 eine umfangreiche Revision wissenschaftlicher Studien aus 200 Ländern für 115 der global führenden Feldfrüchte durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass 87 der Feldfruchtplanzen in gewissem Grade von Tierbestäubung, einschließlich Bienen, abhängen. Die Menge entspricht einem Drittel der globalen Feldfruchtproduktion.

Grundgedanke: Meiose führt zu unabhängiger Anordnung der Chromosomen und unterschiedlicher Zusammenstellung der Allele in den Tochterzellen.

10.1 Meiose	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Durchführung sorgfältiger Beobachtungen - sorgfältige Beobachtungen und Aufzeichnungen resultierten in anomalen Daten, die durch Mendels Unabhängigkeitsregel nicht erklärt werden konnten. Thomas Hunt Morgan entwickelte das Konzept gekoppelter Gene zur Erklärung der Anomalien. (1.8)</p>	<p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Thema 1.6 Zellteilung Thema 3.3 Meiose Thema 11.4 Sexuelle Reproduktion</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Mögliche Aktivitäten sind u.a. das Einfärben von Lilienantheren oder anderem Gewebe mit Keimbahnzellen sowie mikroskopische Untersuchungen zur Beobachtung von Zellen in der Meiose.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chromosomen replizieren sich in der Interphase vor der Meiose. • Crossing-over ist der Austausch von DNA-Material zwischen homologen Nicht-Schwester-Chromatiden. • Crossing-over erzeugt neue Kombinationen von Allelen auf den Chromosomen der haploiden Zellen. • Chiasmatabildung zwischen Nicht-Schwester-Chromatiden kann zum Austausch von Allelen führen. • Homologe Chromosomen trennen sich in Meiose I. • Schwesterchromatiden trennen sich in Meiose II. • Unabhängige Kombination von Genen ist auf die Zufallsorientierung von Paaren homologer Chromosomen in Meiose I zurückzuführen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kompetenz: Zeichnung von Diagrammen, um durch Crossing-over gebildete Chiasmata zu zeigen. 	

10.1 Meiose

Hinweise:

- Diagramme von Chiasmata sollten Schwesterchromatiden zeigen, die noch eng aufeinander ausgerichtet sind, außer an der Stelle, wo Crossing-over stattgefunden hat und sich ein Chiasma gebildet hat.

Grundgedanke: Gene können entweder gekoppelt oder ungekoppelt sein und werden dementsprechend vererbt.

10.2 Vererbung	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Suche nach Mustern, Trends und Diskrepanzen - Mendel benutzte Beobachtungen der Natur, um Muster und Trends herauszufinden und zu erklären. Seither haben Wissenschaftler nach Diskrepanzen gesucht und Fragen auf Basis weiterer Beobachtungen gestellt, um Ausnahmen von den Regeln darzulegen. Morgan hat beispielsweise bei seinen Experimenten mit <i>Drosophila</i> Nicht-Mendelsche Verhältnisse entdeckt. (3.1)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Genloci gelten als gekoppelt, wenn sie sich auf demselben Chromosom befinden. • Nicht gekoppelte Gene trennen sich infolge von Meiose unabhängig voneinander. • Variationen können diskret oder kontinuierlich auftreten. • Die Phänotypen von polygenen Merkmalen zeigen gewöhnlich kontinuierliche Variation. • Durch Chi-Quadrat-Tests wird ermittelt, ob der Unterschied zwischen einer beobachteten und einer erwarteten Häufigkeitsverteilung statistisch signifikant ist. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Morgans Entdeckung von Nicht-Mendelschen Verhältnissen bei <i>Drosophila</i>. • Anwendungsform: Ausfüllen und Analyse von Punnett-Quadraten für dihybride Merkmale. • Anwendungsform: Polygene Merkmale, wie z. B. die Größe eines Menschen, können auch von Umweltfaktoren beeinflusst werden. • Kompetenz: Berechnen der prognostizierten genotypischen und phänotypischen Verhältnisse der Nachkommen von dihybriden Kreuzungen mit nicht gekoppelten autosomalen Genen. 	<p>Erkenntnistheorie: Bei der Betrachtung gekoppelter Gene erwies es sich recht bald, dass es Ausnahmen zur Unabhängigkeitsregel gibt. Worin besteht in der Wissenschaft der Unterschied zwischen einer Regel und einer Theorie?</p> <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über die Vererbung ermöglichten es den Landwirten, ihre Tiere selektiv auf bestimmte Eigenschaften hin zu züchten. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen Biologie Thema 3.4 Vererbung</p> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 4: Anwendung analytischer Kompetenzen zur erfolgreichen Lösung genetischer Kreuzungen. • Zielsetzung 8: Ethische Bedenken ergeben sich bezüglich der Verhinderung der Vererbung von Erbkrankheiten.

10.2 Vererbung

- Kompetenz: Identifikation von Rekombinanten bei Kreuzungen mit zwei gekoppelten Genen.
- Kompetenz: Anwendung eines Chi-Quadrat-Tests auf Daten aus dihybriden Kreuzungen.

Hinweise:

- Allele werden in dihybriden Kreuzungen normalerweise nebeneinander dargestellt, wie zum Beispiel TtBb. Bei Kreuzungen mit Kopplung ist es üblicher, diese als Paare in vertikaler Anordnung darzustellen, beispielsweise so:

$$\begin{array}{c} T B \\ \hline t b \end{array}$$

- Dieses Format wird in Prüfungsaufgaben verwendet, oder die Schüler erhalten genug Informationen, aus denen sie ableiten können, welche Allele gekoppelt sind.

Grundgedanke: Genpools ändern sich im Laufe der Zeit.

10.3 Genpools und Artenbildung	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Suche nach Mustern, Trends und Diskrepanzen - Muster von Chromosomenzahlen in manchen Gattungen lassen sich durch Artbildung aufgrund von Polyploidie erklären. (3.1)</p>	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Punktualismus galt lange als alternative Evolutionstheorie und stellte eine Herausforderung für das seit langem etablierte Paradigma von Darwins Gradualismus dar. Wie ergeben sich Paradigmenwechsel in der Wissenschaft und welche Faktoren bedingen ihren Erfolg? <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Viele Feldfruchtarten wurden polyploid entwickelt. Polyploidie erhöht die Allelvielfalt und ermöglicht die Entwicklung neuartiger Phänotypen. Polyploidie verleiht Hybriden außerdem Vitalität. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 5.1 Belege für die Evolution</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ein Genpool setzt sich aus allen Genen und den zugehörigen unterschiedlichen Allelen zusammen, die in einer Population vorkommen, deren Angehörige sich untereinander kreuzen. • Für die Evolution ist es erforderlich, dass sich die Allelfrequenzen in einer Population im Laufe der Zeit ändern. • Die reproduktive Isolation von Populationen kann entweder zeitlich bedingt, verhaltensbedingt oder geografisch bedingt sein. • Artbildung aufgrund von Divergenz isolierter Populationen kann graduell erfolgen. • Artbildung kann abrupt erfolgen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Identifikation von gerichteter, stabilisierender und disruptiver Selektion. • Anwendungsform: Artbildung in der Gattung <i>Allium</i> durch Polyploidie. • Kompetenzen: Vergleich von Allelfrequenzen geografisch isolierter Populationen. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Punktualismus bedeutet lange Zeiträume ohne beträchtliche Änderung und kurze Zeiträume rascher Evolution. 	

Grundgedanke: Immunität gründet sich auf die Erkennung körpereigener Stoffe und Zerstörung von Fremdstoffen.

11.1 Erzeugung von Antikörpern und Impfung	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Erwägung ethischer Implikationen der Forschung - Jenner testete seinen Impfstoff gegen Pocken an einem Kind. (4.5)</p>	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Weltgesundheitsorganisation hat die Kampagne der globalen Ausrottung von Pocken 1967 in die Wege geleitet. Die Kampagne galt bereits 1977 – nur 10 Jahre danach – als erfolgreich. <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Humanimpfstoffe werden oft unter Nutzung der Immunreaktionen anderer Tiere hergestellt. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 6.3 Abwehr gegen Infektionskrankheiten Thema 11.4 Sexuelle Reproduktion Geografie Teil 2F: Die Geografie von Nahrungsmitteln und Gesundheit</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zielsetzung 7: Anwendung von Datenbanken zur Analyse epidemiologischer Daten.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Jeder Organismus besitzt an der Oberfläche seiner Zellen unverwechselbare Moleküle. Manche Pathogene können artspezifisch sein, während andere Artenbarrieren durchbrechen können. B-Lymphozyten werden bei Säugetieren durch T-Lymphozyten aktiviert. Aktivierte B-Zellen vermehren sich, wobei Klone von Plasmazellen und Gedächtniszellen entstehen. Plasmazellen sezernieren Antikörper. Antikörper tragen zur Zerstörung von Pathogenen bei. Weißer Blutkörperchen geben als Reaktion auf Allergene Histamin ab. Histamine verursachen allergische Symptome. Immunität hängt von der Langlebigkeit von Gedächtniszellen ab. Impfstoffe enthalten Antigene, die Immunität auslösen, die Krankheit aber nicht verursachen. Durch die Fusion einer Tumorzelle mit einer Antikörper erzeugenden Plasmazelle entsteht eine Hybridomzelle. Monoklonale Antikörper werden durch Hybridomzellen erzeugt. 	

11.1 Erzeugung von Antikörpern und Impfung

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Pocken waren die erste Infektionskrankheit bei Menschen, die durch Impfung ausgemerzt wurde.
- Anwendungsform: Monoklonale Antikörper gegen hCG werden in Schwangerschaftstests verwendet.
- Anwendungsform: Antigene an der Oberfläche der roten Blutkörperchen stimulieren die Antikörperproduktion bei einer Person mit einer anderen Blutgruppe.
- Kompetenzen: Analyse epidemiologischer Daten bezüglich Impfprogrammen.

Hinweise:

- Begrenzen Sie das Thema auf die Immunreaktion bei Säugetieren.

Grundgedanke: Die Aufgaben des Bewegungsapparats sind Bewegung, Stützung und Schutz.

11.2 Bewegung	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen von Geräten - fluoreszierende Calciumionen dienen zur Untersuchung zyklischer Wechselwirkungen bei der Muskelkontraktion. (1.8)</p>	<p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 7: Anwendung von Greifkraft-Datenloggern zur Bewertung von Muskelermüdung. • Zielsetzung 7: Anwendung von Animation zur Visualisierung der Kontraktion.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Knochen und Exoskelette bieten Ankerpunkte für Muskeln und wirken als Hebel. • Synovialgelenke ermöglichen bestimmte, aber nicht alle Bewegungen. • Zur Körperbewegung müssen Muskeln in antagonistischen Paaren arbeiten. • Skelettmuskelfasern sind vielkernig und enthalten ein spezialisiertes endoplasmatisches Retikulum. • Muskelfasern enthalten zahlreiche Myofibrillen. • Jede Myofibrille setzt sich aus kontraktile Sarkomeren zusammen. • Die Kontraktion des Skelettmuskels wird durch das ineinandergleiten von Aktin- und Myosinfilamenten erzielt. • ATP-Hydrolyse und die Bildung von Querbrücken sind erforderlich, um die Filamente gleiten zu lassen. • Calciumionen und die Proteine Tropomyosin und Troponin regulieren die Muskelkontraktionen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Antagonistische Muskelpaare in einem Insektenbein. • Kompetenz: Beschriftung eines Diagramms des Ellbogens beim Menschen. • Kompetenz: Zeichnung beschrifteter Diagramme der Struktur eines Sarkomers. • Kompetenz: Analyse von elektronenmikroskopischen Aufnahmen, um den Kontraktionszustand von Muskelfasern zu ermitteln. 	

11.2 Bewegung

Hinweise:

- Das Ellbogendiagramm sollte Knorpel, Gelenkflüssigkeit, Gelenkkapsel, benannte Knochen und benannte antagonistische Muskeln enthalten.
- Die Zeichnung eines beschrifteten Diagramms, das die Struktur eines Sarkomers zeigt, sollte die Z-Scheiben, Aktinfilamente, Myosinfilamente mit Köpfen und die sich daraus ergebenden hellen I-Banden und dunklen A-Banden einschließen.
- Die Messung der Länge von Sarkomeren erfordert die Kalibrierung der Okularskala des Mikroskops.

Grundgedanke: Alle Tiere scheiden stickstoffhaltige Abfallprodukte aus. Einige Tiere regulieren auch die Wasser- und Lösungskonzentrationen.

11.3 Die Niere und Osmoregulation	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Neugier in Bezug auf bestimmte Phänomene - Untersuchungen wurden durchgeführt, um zu ermitteln, wie Wüstentiere Wasserverlust bei der Ausscheidung ihrer Abfallprodukte verhindern. (1.5)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiere sind entweder Osmoregulierer oder Osmokonformer. • Die Malpighi-Gefäße bei Insekten und die Niere führen Osmoregulierung sowie die Beseitigung stickstoffhaltiger Abfallprodukte aus. • Die Zusammensetzung des Bluts in der Nierenarterie ist anders als in der Nierenvene. • Die Ultrastruktur des Glomerulus und die Bowmansche Kapsel erleichtern die Ultrafiltration. • Im proximalen gewundenen Tubulus findet die selektive Rückresorption nützlicher Substanzen durch aktiven Transport statt. • Die Henlesche Schleife dient zur Aufrechterhaltung hypertotonischer Bedingungen im Nierenmark. • ADH reguliert die Rückresorption von Wasser im Sammelrohr. • Die Länge der Henleschen Schleife steht in positiver Korrelation zu dem Bedarf an Wasserrückhaltung bei Tieren. • Die Art des stickstoffhaltigen Abfalls bei Tieren korreliert mit der evolutionären Geschichte und dem Habitat. 	<p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Beseitigung von Nierensteinen durch Ultraschallbehandlung. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.3 Membranstruktur Thema 1.4 Membrantransport</p>

11.3 Die Niere und Osmoregulation

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Konsequenzen von Dehydratation und Hyperhydratation.
- Anwendungsform: Behandlung von Nierenversagen durch Hämodialyse oder Nierentransplantation.
- Anwendungsform: Blutzellen, Glukose, Proteine und Medikamente lassen sich in Urinests ermitteln.
- Kompetenz: Zeichnung und Beschriftung eines Diagramms der Niere beim Menschen.
- Kompetenz: Beschriftung von Diagrammen des Nephrons.

Hinweise:

- Vorzugsweise wird ADH anstelle von Vasopressin verwendet.
- Das Diagramm des Nephrons sollte den Glomerulus, die Bowmansche Kapsel, den proximalen gewundenen Tubulus, die Henlesche Schleife und den distalen gewundenen Tubulus enthalten; auch das Verhältnis zwischen dem Nephron und dem Sammelrohr sollte gezeigt werden.

Grundgedanke: Sexuelle Fortpflanzung beruht auf der Entwicklung und Fusion von haploiden Gameten.

11.4 Sexuelle Reproduktion	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Abschätzung der mit wissenschaftlicher Forschung verbundenen Risiken und Vorteile - die Risiken hinsichtlich der Fruchtbarkeit von Männern wurden vor der Abgabe von Steroidhormonen wie Progesteron und Östrogen in die Umwelt infolge der Antibabypille für Frauen nicht angemessen beurteilt. (4.8)</p>	<p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 3.3 Meiose Thema 6.6 Hormone, Homöostase und Reproduktion</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Meinungsverschiedenheiten über die Verantwortung für eingefrorene menschliche Embryonen.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sowohl bei Spermatogenese als auch bei Oogenese erfolgen Mitose, Zellwachstum, zwei Reduktionsteilungen sowie Differenzierung. • Die Prozesse der Spermatogenese und der Oogenese resultieren in unterschiedlichen Gametenzahlen mit unterschiedlichen Mengen von Zytoplasma. • Bei Tieren kann die Befruchtung intern oder extern erfolgen. • Die Befruchtung beinhaltet Mechanismen, die Polyspermie verhindern. • Die Einpflanzung der Blastozyste in das Endometrium ist für die Fortsetzung der Schwangerschaft unerlässlich. • Durch hCG wird der Eierstock zum Sezernieren von Progesteron im Frühstadium der Schwangerschaft stimuliert. • Die Plazenta erleichtert den Austausch von Stoffen zwischen Mutter und Fötus. • Östrogen und Progesteron werden von der Plazenta sezerniert, sobald sie sich gebildet hat. • Die Geburt wird durch einen positiven Rückkopplungsmechanismus mit Östrogen und Oxytocin vermittelt. 	

11.4 Sexuelle Reproduktion

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Die im Durchschnitt 38 Wochen währende Schwangerschaft beim Menschen kann in einer Grafik so eingeordnet werden, dass die Korrelation zwischen Tiergröße und der Entwicklung der Jungen bei der Geburt auch für andere Säugetiere veranschaulicht wird.
- Kompetenz: Beschriftung von Diagrammen des Samenkanälchens und des Eierstocks zur Darstellung der Stadien der Gametogenese.
- Kompetenz: Beschriftung von Diagrammen eines reifen Spermiums und einer reifen Eizelle mit Hinweis auf die Funktionen.

Hinweise:

- Bei der Befruchtung erfolgen Akrosomreaktion, Fusion der Plasmamembran der Eizelle und des Spermiums sowie die Corticalreaktion.

Pflichtthemen

Grundgedanke: Die Änderung von Neuronen beginnt in den frühesten Stadien der Embryogenese und setzt sich bis zu den letzten Lebensjahren fort.

A.1 Neurale Entwicklung	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Verwendung von Modellen zur Darstellung von Real-Welt-Szenarien - in der entwicklungsorientierten Neurowissenschaft wird eine Vielfalt von Tiermodellen verwendet. (1.10)</p>	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kulturelle Erfahrungen, einschließlich der Aneignung von Sprache, führen zur Synapsenelimination. <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Forschung auf dem Gebiet des Wachstums des Nervengewebes zur Regeneration von Gewebe für Patienten mit Rückenmarkverletzung macht Fortschritte. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 6.5 Neuronen und Synapsen</p>
<p>Kennnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Neuralrohr embryonaler Chordata wird durch die Einfaltung des Ektoderms, gefolgt von der Verlängerung des Rohrs, gebildet. • Neuronen werden anfänglich durch Differenzierung im Neuralrohr erzeugt. • Unreife Neuronen wandern zu einem endgültigen Standort ab. • Ein Axon wächst aus jedem unreifen Neuron als Reaktion auf chemische Reize. • Einige Axone erstrecken sich über das Neuralrohr hinaus in die anderen Teile des Körpers. • Ein sich entwickelndes Neuron bildet mehrere Synapsen. • Nicht benutzte Synapsen bleiben nicht bestehen. • Bei der Neuronenelimination sterben die nicht benutzten Neuronen ab. • Die Plastizität des Nervensystems befähigt es, sich im Zuge der Erfahrung zu ändern. 	

<p>A.1 Neurale Entwicklung</p>	<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Unvollständige Schließung des Neuralrohrs des Embryos kann Spina bifida verursachen. • Anwendungsform: Ereignisse, z. B. Schlaganfälle, können die Reorganisation der Gehirnfunktion fördern. • Kompetenz: Beschriftung eines Diagramms von Embryogewebe bei <i>Xenopus</i> als Tiermodell bei der Neurulation. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Terminologie bezüglich embryonaler Gehirnbereiche oder Unterteilungen des Nervensystems braucht nicht angewendet zu werden.
---------------------------------------	---

Grundgedanke: Die Teile des Gehirns sind auf verschiedene Funktionen spezialisiert.

A.2 Das Gehirn des Menschen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Anwendung von Modellen zur Darstellung von Real-Welt-Szenarien - der sensorische Homunculus und der motorische Homunculus sind Modelle des relativen Raums, den die Körperteile des Menschen am somatosensorischen Cortex und dem motorischen Cortex einnehmen. (1.10)</p>	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Definition von „leben“ variiert je nach der vor Ort und national in Kraft befindlichen Gesetzgebung bzw. Kultur. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> In der Medizin wird das Konzept des Todes in Bezug auf die Gehirnfunktion definiert. Manchmal können jedoch Konflikte auftreten, wenn die medizinischen Kriterien für den Tod sich von den Kriterien einer Familie für den Tod von Angehörigen unterscheiden. Inwiefern ist den Ansichten der Familienmitglieder bei Entscheidungen über medizinische Ethik Vorrang zu geben? Welche Kriterien sind beim Treffen ethischer Entscheidungen anzuwenden? <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Das Angelman-Syndrom ist eine Erbkrankheit, die nach charakteristisch anomalen Mustern in einem Elektronenzephalogramm diagnostiziert wird.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Der vordere Teil des Neuralrohrs expandiert, wobei sich das Gehirn bildet. Verschiedenen Teilen des Gehirns kommen bestimmte Rollen zu. Das autonome Nervensystem reguliert die unbewussten Prozesse im Körper über Zentren, die sich überwiegend im Hirnstamm befinden. Die Großhirnrinde bildet den größeren Teil des Gehirns und ist beim Menschen höher entwickelt als bei anderen Tieren. Die Großhirnrinde des Menschen wurde hauptsächlich durch eine Vergrößerung der Gesamtoberfläche erweitert, wobei sie stark eingefaltet wurde, um sie im Kranium unterzubringen. Die Großhirnhemisphären sind für Funktionen auf höherer Ebene zuständig. Die linke Großhirnhemisphäre empfängt sensorische Signale von sensorischen Rezeptoren, die sich in der rechten Körperseite und der rechten Seite des Gesichtsfelds beider Augen befinden; das Gleiche gilt umgekehrt für die rechte Großhirnhemisphäre. Die linke Großhirnhemisphäre steuert die Muskelkontraktion auf der rechten Körperseite; das Gleiche gilt umgekehrt für die rechte Großhirnhemisphäre. Der Gehirnstoffwechsel benötigt eine hohe Energiezufuhr. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Visueller Cortex, Broca-Areal, Nucleus accumbens als Bereiche des Gehirns, denen bestimmte Funktionen zukommen. Anwendungsform: Schlucken, Atmen und Herzfrequenz als Beispiele von Aktivitäten, die von der Medulla oblongata koordiniert werden. 	

A.2 Das Gehirn des Menschen

- Anwendungsform: Verwendung des Pupillenreflexes zur Beurteilung von Hirnschädigungen.
- Anwendungsform: Verwendung von Tierversuchen, Autopsien, Läsionen und fMRT zur Identifikation der Rolle der verschiedenen Gehirnteile.
- Kompetenz: Identifikation von Gehirnteilen in einem Foto, Diagramm oder Scan des Gehirns.
- Kompetenz: Analyse von Korrelationen zwischen Körpergröße und Gehirngröße bei verschiedenen Tieren.

Hinweise:

- Das Bild des Gehirns sollte die Medulla oblongata, das Kleinhirn, den Hypothalamus, die Hypophyse und die Großhirnhemisphären enthalten.
- Obwohl spezifische Funktionen bestimmten Bereichen zugeordnet werden können, zeigt die Gehirnbildgebung, dass manche Aktivitäten sich über mehrere Bereiche erstrecken und dass das Gehirn selbst nach einer Störung wie einem Schlaganfall für seine eigene Reorganisation sorgen kann.

Grundgedanke: Lebewesen sind in der Lage, Änderungen in der Umgebung wahrzunehmen.

A.3 Wahrnehmung von Reizen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Das Verständnis um die zu Grunde liegende Wissenschaft bildet die Grundlage für technologische Entwicklungen - die Entdeckung, dass elektrische Reize im Gehörsystem zu einer Geräuschwahrnehmung führen, führte zur Entwicklung elektronischer Hörgeräte und schließlich von Cochleaimplantaten. (1.2)</p>	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Andere Organismen können Reize detektieren, die vom Menschen nicht wahrgenommen werden können. Beispielsweise können bestimmte Bestäuber elektromagnetische Strahlen im nicht sichtbaren Bereich wahrnehmen. Demzufolge könnten sie zum Beispiel eine Blume als gemustert wahrnehmen, die uns ungemustert erscheint. Inwiefern ist daher das, was wir wahrnehmen, lediglich eine individuelle Auslegung der Wirklichkeit? <p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 3.4 Vererbung Physik Thema 4.2 Wanderwellen</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Rezeptoren detektieren Änderungen in der Umwelt. Stäbchen und Zapfen sind in der Retina befindliche Fotorezeptoren. Stäbchen und Zapfen unterscheiden sich in ihrer Empfindlichkeit für Lichtintensitäten und Wellenlängen. Bipolare Zellen senden die Impulse von den Stäbchen und Zapfen zu den Ganglienzellen. Ganglienzellen senden Impulse über den Sehnerv zum Gehirn. Die Informationen vom rechten Blickfeld beider Augen werden an den linken Teil des visuellen Cortex gesandt und umgekehrt. Strukturen im Mittelohr übertragen und verstärken Geräusche. Haarsinneszellen der Cochlea detektieren Geräusche spezifischer Wellenlängen. Von Geräuschwahrnehmung generierte Impulse werden über den Hörnerv zum Gehirn übertragen. Haarzellen in den Bogengängen detektieren Kopfbewegungen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Rot-Grün-Blindheit als Variante des normalen trichromatischen Sehens. Anwendungsform: Detektion von Chemikalien in der Luft durch die zahlreichen verschiedenen Geruchsrezeptoren. 	

A.3 Wahrnehmung von Reizen

- Anwendungsform: Verwendung von Cochleaimplantaten bei gehörlosen Patienten.
- Kompetenz: Beschriftung eines Diagramms des Aufbaus des Auges beim Menschen.
- Kompetenz: Beschriftung eines Diagramms der Retina, um die Zellarten und die Ausbreitungsrichtung des Lichts zu zeigen.
- Kompetenz: Beschriftung eines Diagramms des Aufbaus des Ohrs beim Menschen.

Hinweise:

- Unter den sensorischen Rezeptoren beim Menschen sind u.a. Mechanorezeptoren, Chemorezeptoren, Thermorezeptoren und Fotorezeptoren anzugeben.
- Das Diagramm des menschlichen Auges sollte Folgendes enthalten: Sclera, Cornea, Bindehaut, Augenlid, Aderhaut, Kammerwasser, Pupille, Augenlinse, Iris, Glaskörper, Retina, zentrale Sehgrube (Fovea), Sehnerv und blinder Fleck.
- In dem Diagramm der Retina sind die Bezeichnungen Stäbchen- und Zapfenzellen, bipolare Neuronen und Ganglienzellen zu erwähnen.
- Das Diagramm des Ohrs sollte Folgendes enthalten: Ohrmuschel, Trommelfell, Gehörknöchelchen, ovales Fenster, rundes Fenster, Bogengänge, Hörnerv und Cochlea.

Zusatzthemen für die Leistungsstufe

Grundgedanke: Verhaltensmuster können entweder angeboren oder erlernt sein.

A.4 Angeborenes und erlerntes Verhalten	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Suche nach Mustern, Trends und Diskrepanzen - Laborexperimente und Untersuchungen im Feld haben das Verständnis im Hinblick auf verschiedene Arten von Verhalten und Lernen gefördert. (3.1)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Angeborenes Verhalten wird von Eltern vererbt und entwickelt sich daher unabhängig von der Umwelt. • Autonome und unwillkürliche Reaktionen werden als Reflexe bezeichnet. • Reflexbögen umfassen Neuronen, die Reflexe vermitteln. • Bei der Reflexkonditionierung entstehen neue Verbindungen. • Erlerntes Verhalten entwickelt sich aus Erfahrungen. • Prägung ist das Resultat eines Lernvorgangs, der in einem bestimmten Lebensstadium erfolgt und von Verhaltenskonsequenzen unabhängig ist. • Operante Konditionierung ist eine Form des Lernens, die sich aus Versuch- und-Irrtum-Erfahrungen ergibt. • Unter Lernen versteht man die Aneignung von Kompetenzen oder Kenntnissen. • Das Gedächtnis ist der Prozess des Kodierens, Speicherns und Zugriffs auf Informationen. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es fällt uns leicht zu raten, wie das Verhalten eines Tiers seine Überlebens- und Fortpflanzungschancen beeinflussen kann. Ist Intuition ein zulässiger Ausgangspunkt für Wissenschaftler? <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 7: Datenprotokollierung unter Verwendung eines EKG-Sensors zur Analyse von neuromuskulären Reflexen. • Zielsetzung 8: Tierexperimente - Implikationen der heutigen Richtlinien für Experimente mit Tieren für die Experimentalwissenschaft in Bezug auf Pawlows Experimente.

<p>A.4 Angeborenes und erlerntes Verhalten</p>	<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Rückziehreflex der Hand bei einem schmerzhaften Reiz. • Anwendungsform: Pawlows Experimente zur Konditionierung von Hunden. • Anwendungsform: Die Rolle von Vererbung und Erlernen bei der Entwicklung von Vogelgesängen. • Kompetenz: Analyse von Daten aus Experimenten über das Verhalten von Invertebraten in Bezug auf die Auswirkungen auf Überlebens- und Fortpflanzungschancen. • Kompetenz: Zeichnung und Beschriftung eines Diagramms eines Reflexbogens bei einem Rückziehreflex bei Schmerz. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Zeichnung des Reflexbogens sollte Folgendes enthalten: Rezeptorzelle, sensorisches Neuron, Relaisneuron, Motoneuron und Effektor.
---	--

Grundgedanke: Die Kommunikation zwischen Neuronen kann durch die Manipulation der Abgabe und Aufnahme chemischer Botenstoffe geändert werden.

A.5 Neuropharmakologie	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Abschätzung der mit wissenschaftlicher Forschung verbundenen Risiken - Patientenanwälte fordern oft die Beschleunigung von Genehmigungsverfahren für Medikamente, wobei sie sich für größere Toleranz gegenüber Risiken aussprechen. (4,5)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Einige Neurotransmitter regen Nervenimpulse in postsynaptischen Neuronen an, während andere hemmend wirken. • Nervenimpulse werden in den postsynaptischen Neuronen als Ergebnis der Summation aller Neurotransmitter der präsynaptischen Neuronen, die empfangen werden, entweder gestartet oder gehemmt. • Viele verschiedene, langsam wirkende Neurotransmitter modulieren die schnelle synaptische Übertragung im Gehirn. • Bei Gedächtnis und Lernen erfolgen Änderungen in Neuronen, die von langsam wirkenden Neurotransmittem verursacht werden. • Psychoaktive Medikamente und Drogen wirken sich auf das Gehirn aus – entweder durch Steigerung oder durch Verringerung der postsynaptischen Übertragung. • Anästhetika wirken durch Beeinflussung der Nervenübertragung zwischen Bereichen der sinnlichen Wahrnehmung und dem ZNS. • Stimulanzien ahmen die Stimulation nach, die das sympathische Nervensystem vermittelt. • Drogenabhängigkeit kann durch genetische Veranlagung, soziale Umwelt und Dopaminsekretion beeinflusst werden. 	Internationale Denkweise: <ul style="list-style-type: none"> • Einstellungen hinsichtlich Drogen bzw. die Verwendung von Drogen sind weltweit unterschiedlich. Es gibt zahlreiche Kulturen, in denen Drogen zur Erlebniserhöhung bei Ritualen oder religiösen Veranstaltungen verwendet werden. Nutzung: <ul style="list-style-type: none"> • Viele psychoaktive Drogen sind bei der Behandlung einer Reihe von psychiatrischen Krankheiten und psychologischen Störungen als Bestandteil der Therapie verwendet worden. Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Chemie Wahlpflichtbereich D Medizinische Chemie Thema D1 Pharmazeutische Produkte und Drogenwirkung Thema D3 Opiate Psychologie Pflichtteil: Biologisches Analyseniveau Allgemeine Zielsetzung: <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Es könnten die sozialen Konsequenzen psychoaktiver Drogen im Hinblick auf Benutzer, deren Familie und die Gesellschaft ganz allgemein erwoogen werden.

<p>A.5 Neuropharmakologie</p>	<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Anwendungsform: Auswirkungen auf das Nervensystem durch zwei Stimulanzien und zwei Sedativa.• Anwendungsform: Die Auswirkungen von Anästhetika auf das Bewusstsein.• Anwendungsform: Endorphine können schmerzstillend wirken.• Kompetenz: Beurteilung von Daten zur Veranschaulichung der Auswirkungen von MDMA (Ecstasy) auf den Serotonin- und Dopamin-Stoffwechsel im Gehirn. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none">• Beispiele für Stimulanzien sind Nikotin, Kokain oder Amphetamine.• Beispiele für Sedativa sind Benzodiazepine, Alkohol oder Tetrahydrocannabinol (THC).
--------------------------------------	---

Grundgedanke: Natürliche Auslese begünstigt bestimmte Verhaltensweisen.

<p>A.6 Ethologie</p>	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Testen einer Hypothese - es sind Experimente zum Testen von Hypothesen über das Migrationsverhalten von Mönchsgasmücken ausgeführt worden. (1.9)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ethologie ist die Studie vom Tierverhalten unter natürlichen Bedingungen. Natürliche Auslese kann die Häufigkeit beobachteten Tierverhaltens ändern. Ein Verhalten, das die Überlebens- und Fortpflanzungschance erhöht, wird in einer Population stärker vorherrschend werden. Erlertes Verhalten kann sich in einer Population schneller als angeborenes Verhalten verbreiten und auch schneller verloren gehen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Das Migrationsverhalten bei der Mönchsgasmücke als Beispiel der genetischen Grundlage für Verhalten und seine Änderung durch natürliche Auslese. Anwendungsform: Kooperation durch das Teilen von Blut bei Vampirfledermäusen als Beispiel für die Entwicklung von altruistischem Verhalten durch natürliche Auslese. Anwendungsform: Das Futtersuchverhalten bei der Gemeinen Strandkrabbe als Beispiel für zunehmende Überlebenschancen durch optimale Auswahl der Beute. Anwendungsform: Fortpflanzungsstrategie bei Coho-Lachspopulationen als Beispiel für die Beeinflussung des Überlebens und der Fortpflanzung durch das Verhalten. Anwendungsform: Die Balz bei Paradiesvögeln als Beispiel für die Partnerwahl. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bei den „Just So“-Geschichten von Rudyard Kipling handelt es sich um literarische Erläuterungen von Tierverhalten. Worin bestehen die Merkmale einer wissenschaftlichen Erläuterung im Gegensatz zu einer historischen oder literarischen Erläuterung? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 5.2 Natürliche Auslese</p>

<p>A.6 Ethologie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Der synchronisierte Östrus bei Löwinnen in einem Rudel als Beispiel für angeborenes Verhalten, das die Überlebens- und Reproduktionschancen des Nachwuchses erhöht. • Anwendungsform: Die Nahrungsaufnahme von Sahne aus Milchflaschen bei Blaumeisen als Beispiel für die Entwicklung und den Verlust erlernten Verhaltens. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die sieben in diesem Unterthema behandelten Anwendungsformen sollen das Verständnis der allgemeinen Prinzipien untermauern. Die Anwendungsformen umfassen eine Spanne verschiedener Verhaltensweisen und verschiedener Tierarten. Nach Möglichkeit sollten auch andere Beispiele einschließlic lokal zu beobachtender Beispiele studiert werden.
-----------------------------	--

Pflichtthemen

Grundgedanke: Mikroorganismen können zur Durchführung industrieller Prozesse verwendet und modifiziert werden.

B.1 Mikrobiologie: Organismen in der Industrie	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Glückliche Zufälle haben zu wissenschaftlichen Entdeckungen geführt - die Entdeckung von Penizillin durch Alexander Fleming könnte man als Zufallsereignis betrachten. (1.4)</p>	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Alexander Fleming entdeckte Penizillin 1928 in England in einer entsorgten Petrischale. Inwiefern war Dr. Flemings Entdeckung ein glücklicher Zufall oder nehmen wir etwa nur Dinge wahr, für die wir zugänglich sind? <p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 2.1 Von Molekülen zum Stoffwechsel Thema 4.3 Kohlenstoffkreislauf Thema 6.3 Abwehr gegen Infektionskrankheiten Chemie Thema 7.2 Industrielle Prozesse Umweltsysteme und Gesellschaften Thema 3.3 Energiequellen</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mikroorganismen sind hinsichtlich ihres Stoffwechsels divers. Mikroorganismen werden in der Industrie verwendet, da sie klein sind und schnelle Wachstumsraten aufweisen. Bei der Stoffwechsoptimierung werden genetische und regulatorische Prozesse in Mikroorganismen optimiert. Die Stoffwechsoptimierung wird industriell zu dem Zweck verwendet, Stoffwechselprodukte zu erzeugen, die von Interesse sind. Fermenter ermöglichen die groß angelegte Produktion von Stoffwechselprodukten durch Mikroorganismen. Die Fermentation wird als Batch-Kultur oder kontinuierliche Kultur angelegt. Mikroorganismen in Fermentern sind durch ihre eigenen Abfallprodukte limitiert. Zur Überwachung der in Fermentern vorherrschenden Bedingungen werden Sonden verwendet. Die Bedingungen werden für das Wachstum der kultivierten Mikroorganismen auf optimalem Niveau gehalten. 	

B.1 Mikrobiologie: Organismen in der Industrie	<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none">• Anwendungsform: Submersfermentation zur Massenproduktion von Penicillin.• Anwendungsform: Erzeugung von Zitronensäure in einem Fermenter mit kontinuierlichem Betrieb durch <i>Aspergillus niger</i> und ihre Verwendung als Konservierungs- und Geschmacksstoff.• Anwendungsform: Biogas wird durch Bakterien und Archaeen aus organischen Stoffen in Fermentern hergestellt.• Kompetenz: Gram-Färbung Gram-positiver und Gram-negativer Bakterien.• Kompetenz: Experimente zur Veranschaulichung von Hemmzonen für Bakterienwachstum durch Bakterizide in sterilen Bakterienkulturen.• Kompetenz: Erzeugung von Biogas in einem kleinen Fermenter.
---	---

Grundgedanke: Feldfrüchte können zur Steigerung des Ernteertrags und zur Schaffung neuartiger Erzeugnisse modifiziert werden.

B.2 Biotechnologie in der Landwirtschaft	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Abschätzung der mit wissenschaftlicher Forschung verbundenen Risiken und Vorteile - Wissenschaftler müssen das Risiko einer Ausbreitung von Herbizidresistenzen in die natürliche Vegetation abschätzen. (4.8)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transgene Organismen erzeugen Proteine, die zuvor nicht zu ihrem arttypischen Proteom gehörten. • Genetische Modifikation kann dazu verwendet werden, um den Umweltwiderstand zwecks Erhöhung von Ernteerträgen zu überwinden. • Genetisch veränderte Feldfrüchte können zur Herstellung neuartiger Produkte verwendet werden. • Bioinformatik spielt bei der Identifikation von Zielgenen eine Rolle. • Das Zielgen ist mit anderen Sequenzen verbunden, die seine Expression regulieren. • Bei einem offenen Leseraster handelt es sich um einen signifikant langen DNA-Abschnitt von einem Startcodon zu einem Stoppcodon. • Markergene werden dazu verwendet, die erfolgreiche Aufnahme anzuzeigen. • Rekombinante DNA muss in die Pflanzenzelle eingeführt und von ihrer Chromosomen- oder Chloroplasten-DNA aufgenommen werden. • Rekombinante DNA kann in ganze Pflanzen, Blattscheiben oder Protoplasten eingeführt werden. • Rekombinante DNA kann entweder durch direkte physikalische und chemische Methoden oder indirekt über Vektoren eingeführt werden. 	<p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.5 Der Ursprung von Zellen Thema 3.5 Genetische Modifikation und Biotechnologie Umweltsysteme und Gesellschaften Thema 3.5 Gentechnik bei Organismen</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 7: Anwendung von Bioinformatik zur Bestimmung der zu ändernden Sequenzen • Zielsetzung 8: Die Einführung der genetisch modifizierten Amflora-Kartoffel in Europa wirft ethische und politische Fragen auf.

B.2 Biotechnologie in der Landwirtschaft

Anwendungsformen und Kompetenzen:

- Anwendungsform: Verwendung des Ti-Plasmids von *Agrobacterium tumefaciens* zur Einführung einer Glyphosatresistenz in Sojabohnenfeldfrüchte.
- Anwendungsform: Genetische Modifikation des Tabakmosaikvirus zur Massenfertigung des Impfstoffs gegen Hepatitis B in Tabakpflanzen.
- Anwendungsform: Erzeugung der Amflora-Kartoffel (*Solanum tuberosum*) für die Papier- und Klebstoffindustrie.
- Kompetenz: Beurteilung von Daten über Umwelteinwirkungen von glyphosatoleranten Sojabohnen.
- Kompetenz: Identifikation eines offenen Leserasters (ORF).

Hinweise:

- Ein signifikant langer DNA-Abschnitt für ein offenes Leseraster enthält genügend Nukleotide zur Kodierung einer Polypeptidkette.
- Beschränken Sie die chemischen Methoden der Einführung von Genen in Pflanzen auf Calciumchlorid und Liposomen.
- Beschränken Sie die physikalischen Methoden der Einführung von Genen in Pflanzen auf Elektroporation, Mikroinjektion und Biolistik (Partikelbombardierung).
- Beschränken Sie die Vektoren auf *Agrobacterium tumefaciens* und den Tabakmosaikvirus.

Grundgedanke: Biotechnologie kann zur Verhütung und Abschwächung von Kontamination durch industrielle, landwirtschaftliche und kommunale Abfallprodukte verwendet werden.

B.3 Umweltschutz	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen an Geräten - die Verwendung von Geräten wie dem Laser-Scanning-Mikroskop hat Forschern ein tiefer gehendes Verständnis der Struktur von Biofilmen vermittelt. (1.8)</p>	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bei Ölkatastrophen arbeiten Wissenschaftler aus verschiedenen Teilen der Welt zusammen, um die Umwelt zu schützen. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Emergente Eigenschaften sind das Resultat der Wechselbeziehung zwischen Elementen eines Systems. In welchem Zusammenhang ist ein reduktionistischer Ansatz zur wissenschaftlichen Arbeit produktiv und in welchem Zusammenhang ist ein reduktionistischer Ansatz problematisch? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1 Zellbiologie Chemie Wahlpflichtbereich C2 Fossile Brennstoffe Umweltsysteme und Gesellschaften Thema 5 Verschmutzung</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Reaktionen auf Umweltbelastungsvorfälle können u.a. in biologischer Sanierung, kombiniert mit physikalischen und chemischen Verfahren bestehen. Mikroorganismen werden bei biologischer Sanierung verwendet. Manche Schadstoffe werden durch Mikroorganismen metabolisiert. Kooperative Aggregate von Mikroorganismen können Biofilme bilden. Biofilme besitzen emergente Eigenschaften. In einem Biofilm wachsende Mikroorganismen sind äußerst widerstandsfähig gegen antimikrobielle Mittel. Mikroorganismen in Biofilmen kooperieren durch Quorum Sensing . Bakteriophagen werden zur Desinfektion von Wassersystemen verwendet. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Abbau von Benzol durch halophile Bakterien wie u.a. <i>Marinobacter</i>. Anwendungsform: Abbau von Öl durch <i>Pseudomonas</i>. Anwendungsform: Umwandlung von Methylquecksilber durch <i>Pseudomonas</i> zu elementarem Quecksilber. 	

B.3 Umweltschutz	<ul style="list-style-type: none">• Anwendungsform: Verwendung von Biofilmen in Tropfkörperanlagen zur Abwasserbehandlung.• Kompetenz: Beurteilung von Daten oder Medienberichten über durch Biofilme verursachte Umweltprobleme. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none">• Beispiele für durch Biofilme verursachte Umweltprobleme wären u.a. Verstopfung und Korrosion von Rohrleitungen, Transfer von Mikroorganismen in Ballastwasser oder Kontamination von Oberflächen bei der Nahrungsmittelerzeugung.
-------------------------	--

Zusatzthemen für die Leistungsstufe

Grundgedanke: Biotechnologie kann bei der Diagnose und Behandlung von Krankheiten verwendet werden.

B.4 Medizin	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Entwicklungen in der naturwissenschaftlichen Forschung folgen auf technologische Verbesserungen - technologische Innovationen haben es Wissenschaftlern ermöglicht, Krankheiten zu diagnostizieren und zu behandeln. (1.8)	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infektion durch ein Pathogen kann durch das Vorhandensein seines genetischen Materials oder durch seine Antigene nachgewiesen werden. • Die Veranlagung zu einer genetischen Krankheit lässt sich am Vorhandensein von Markern erkennen. • DNA-Mikroarrays können zum Testen auf genetische Veranlagung oder zur Diagnose der Krankheit verwendet werden. • Stoffwechselprodukte, die auf eine Krankheit hinweisen, lassen sich im Blut und Urin ermitteln. • Tracking-Experimente werden dazu verwendet, Informationen über die Lokalisierung und Wechselwirkungen eines interessierenden Proteins zu erhalten. • Beim Biopharming werden genetisch geänderte Tiere und Pflanzen zur Erzeugung von Proteinen für therapeutische Zwecke benutzt. • Virale Vektoren können bei der Gentherapie verwendet werden. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es gab Fälle in verschiedenen Ländern der Welt, in denen Versuchspersonen infolge der Teilnahme an einem Gentherapie-Forschungsprotokoll gestorben sind. Wie wird die Entscheidung zur Durchführung riskanter Verfahren getroffen? Was stellt ein akzeptables Risikoniveau für die Teilnahme menschlicher Versuchspersonen an wissenschaftlichen Forschungsprojekten dar? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 3.5 Genetische Modifikation und Biotechnologie Topic 6.3 Abwehr gegen Infektionskrankheiten Topic 11.1 Erzeugung von Antikörpern und Impfung</p>

<p>B.4 Medizin</p>	<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Anwendung von PCR zum Nachweis verschiedener Stämme des Grippevirus. • Anwendungsform: Tracking von Tumorzellen unter Verwendung von Transferrin, an das Lumineszenzsonden gebunden sind. • Anwendungsform: Biopharming von Antithrombin. • Anwendungsform: Verwendung von viralen Vektoren bei der Behandlung von schwerem kombiniertem Immundefekt (SCID). • Kompetenz: Analyse eines einfachen Mikroarrays. • Kompetenz: Interpretation der Resultate eines diagnostischen ELISA-Tests.
---------------------------	---

Grundgedanke: Bioinformatik ist der Einsatz von Computern zur Analyse von Sequenzdaten in der biologischen Forschung.

B.5 Bioinformatik	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Zusammenarbeit zwischen Gruppen von Wissenschaftlern - Datenbanken im Internet ermöglichen Wissenschaftlern den ungehinderten Zugang zu Informationen. (4.3)</p> <p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Datenbanken geben Wissenschaftlern leichten Zugang zu Informationen. • Das in Datenbanken gespeicherte Datenmaterial nimmt exponentiell zu • Durch BLAST-Suche können ähnliche Sequenzen in verschiedenen Organismen identifiziert werden. • Die Genfunktion kann unter Verwendung von Modellorganismen mit ähnlichen Sequenzen studiert werden. • Sequenzvergleichssoftware ermöglicht den Vergleich von Sequenzen aus verschiedenen Organismen. • BLASTn ermöglicht Nukleotidsequenzvergleiche, während BLASTp Proteinsequenzvergleiche ermöglicht. • Datenbanken können durchsucht werden, um neu identifizierte Sequenzen mit Sequenzen bekannter Funktion in anderen Organismen zu vergleichen. • Für phylogenetische Untersuchungen werden mehrere Sequenzen gleichzeitig verglichen. • EST ist die Abkürzung für Expressed Sequence Tag und bezeichnet einen Teil einer exprimierten Sequenz, der zur Identifikation potenzieller Gene verwendet werden kann. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Anwendung der Knockout-Technologie bei Mäusen zur Bestimmung der Genfunktion. • Anwendungsform: Ermittlung von Genen durch EST-Data-Mining. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wissensansprüche, die durch Bezugnahme auf Datenbanken gerechtfertigt werden, werfen ungewöhnliche Erkenntnisfragen auf. Wie zuverlässig sind Wissensansprüche, die durch Bezugnahme auf Datenquellen gerechtfertigt werden, welche für verschiedene Zwecke von verschiedenen Forschern unter Verwendung unterschiedlicher Methoden entwickelt wurden? <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 6: Es könnte ein Sequenzvergleich verwandter Proteine, wie z. B. Hämoglobin und Myoglobin, untersucht werden.

B.5 Bioinformatik

- Kompetenz: Erkundung von Chromosom 21 in Datenbanken (beispielsweise in Ensembl).
- Kompetenz: Anwendung von Software zum Vergleich zweier Proteine.
- Kompetenz: Anwendung von Software zur Konstruktion einfacher Kladogramme und Phylogramme verwandter Organismen unter Verwendung von DNA-Sequenzen.

Pflichtthemen

Grundgedanke: Die Gemeinschaftsstruktur ist eine emergente Eigenschaft eines Ökosystems.

C.1 Arten und Lebensgemeinschaften	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Anwendung von Modellen zur Darstellung von Real-Welt-Szenarien - Stresszonen- und Toleranzgrenzen-Grafiken sind Modelle von Real-Welt-Szenarien, die Aussagekraft besitzen und die Gemeinschaftsstruktur erklären. (1.10)</p>	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Im Zuge von Untersuchungen über große geografische Gebiete oder wenn wenig Zeit zur Verfügung steht, können Stichproben genommen werden. Sind Stichproben ein nützliches Instrument für den Wissenschaftler – trotz ihres Potenzials einer Stichprobenverzerrung? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Geografie Teil 2C Extreme Umweltbedingungen</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zielsetzung 6: Es könnten Faktoren untersucht werden, welche die Herbivorie beeinflussen.
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Verbreitung von Arten wird von limitierenden Faktoren beeinflusst. Die Gemeinschaftsstruktur kann stark von Schlüsselarten beeinflusst werden. Jede Art spielt innerhalb einer Gemeinschaft eine einzigartige Rolle, was auf die einzigartige Kombination ihres räumlichen Habitats und die Wechselbeziehungen mit anderen Arten zurückzuführen ist. Wechselbeziehungen zwischen Arten in einer Gemeinschaft können gemäß ihren Auswirkungen klassifiziert werden. Zwei Arten können nicht auf unbegrenzte Zeit in demselben Habitat überleben, wenn ihre Nischen identisch sind. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Verbreitung einer Tier- und einer Pflanzenart zur Veranschaulichung der Toleranzgrenzen und Stresszonen. Anwendungsform: Lokale Beispiele zur Veranschaulichung der Vielfalt von Möglichkeiten, wie eine Art innerhalb einer Gemeinschaft mit anderen Arten Wechselbeziehungen eingehen kann. 	

<p>C.1 Arten und Lebensgemeinschaften</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Das symbiotische Verhältnis zwischen <i>Zooxanthellae</i> und riffbildenden Korallenarten. • Kompetenz: Analyse eines Datensatzes, der die Unterscheidung zwischen Fundamental- und Real-Nischen herausstellt. • Kompetenz: Verwendung eines Transekts, um die Verbreitung von Pflanzen- oder Tierarten mit einer abiotischen Variablen zu korrelieren.
--	---

Grundgedanke: Änderungen in der Gemeinschaftsstruktur beeinflussen Organismen und werden von diesen beeinflusst.

C.2 Lebensgemeinschaften und Ökosysteme	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Anwendung von Modellen zur Darstellung von Realwelt-Szenarien - Energiepyramiden modellieren den Energiefluss durch die Ökosysteme. (1.10)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die meisten Arten nehmen unterschiedliche Trophiestufen in mehreren Nahrungsketten ein. Ein Nahrungsnetz weist alle möglichen Nahrungsketten in einer Lebensgemeinschaft auf. Der Prozentsatz aufgenommener und in Biomasse umgesetzter Energie hängt von der Atmungsrate ab. Die Art des in einem Gebiet sich entwickelnden stabilen Ökosystems ist in Abhängigkeit vom Klima prognostizierbar. In geschlossenen Ökosystemen wird Energie, aber kein Material mit der Umgebung ausgetauscht. Störungen beeinflussen die Struktur sowie die Änderungsrate innerhalb von Ökosystemen. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Das Umsetzungsverhältnis bei nachhaltigen Nahrungserzeugungsmethoden. Anwendungsform: Betrachtung eines Beispiels, das zeigt, wie Menschen in Nährstoffzyklen eingreifen. Kompetenz: Vergleich von Energiepyramiden aus verschiedenen Ökosystemen. Kompetenz: Analyse eines Klimogramms, welches das Verhältnis zwischen Temperatur, Niederschlag und der Art des Ökosystems zeigt. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Bestehen die in naturwissenschaftlichen Modellen verwendeten Einheiten, wie z. B. Trophiestufen oder Gersmehl-Diagramme, tatsächlich oder sind das lediglich praktische Erfindungen zur Prognose und Erklärung von Prozessen in der Natur? <p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Poikilotherme Tiere (mit einer variablen Körpertemperatur) sind effektivere Proteinproduzenten als homöotherme Tiere (die ihre Körpertemperatur auf einem konstanten Wert halten), da sie eine höhere Umsatzrate von Nahrung in Biomasse haben. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 4.2 Energiefluss</p>

C.2 Lebensgemeinschaften und Ökosysteme	
	<ul style="list-style-type: none"> • Kompetenz: Konstruktion von Gersmehl-Diagrammen, um die Wechselbeziehungen zwischen Nährstoffspeichern und -flüssen in der Taiga, Wüste und im tropischen Regenwald zu zeigen. • Kompetenz: Analyse von Daten zur Veranschaulichung von Primärsukzession. • Kompetenz: Untersuchung der Auswirkungen einer umweltbedingten Störung eines Ökosystems. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beispiele für zu untersuchende Aspekte im Ökosystem sind Artenvielfalt, Nährstoffkreislauf, Wassertransport, Erosion, Blattflächenindex.

Grundgedanke: Menschliche Aktivitäten wirken sich auf die Funktionsfähigkeit von Ökosystemen aus.

C.3 Einwirkungen des Menschen auf Ökosysteme	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Abschätzung der mit wissenschaftlicher Forschung verbundenen Risiken und Vorteile - mit biologischer Schädlingsbekämpfung sind Risiken verbunden, die durch streng regulierte Experimente überprüft werden müssen, bevor eine Nutzungsgenehmigung erteilt werden kann. (4.8)</p>	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mehr als 100 Staaten in aller Welt sind übereingekommen, die Herstellung von FCKW zu verbieten, um den Abbau der Ozonschicht zu reduzieren. <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zielsetzung 8: Viele Industriestaaten exportieren toxische Abfälle in wirtschaftlich weniger hochentwickelte Länder. Stellt die finanzielle Entschädigung einen fairen Tausch für toxische Abfälle dar?
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Eingeführte, nicht heimische Arten können in lokale Ökosysteme vordringen und invasiv werden. Konkurrenzausschluss und die Abwesenheit von Beutegreifern können zur Verringerung in der Anzahl einheimischer Arten führen, wenn nicht-heimische Arten invasiv werden. Schadstoffe konzentrieren sich durch Biomagnifikation in den Geweben von Organismen auf höheren Trophiestufen. Makroplastik- und Mikroplastikteilchen haben sich in der Meeresumwelt angesammelt. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Studie der Einführung der Aga-Kröte in Australien sowie eines anderen lokalen Beispiels für die Einführung einer nicht-heimischen Art. Anwendungsform: Erörterung der Abwägung zwischen der Bekämpfung des Malaria-Parasiten und der Umweltbelastung durch DDT. Anwendungsform: Fallstudie über die Auswirkungen von Plastikteilchen in der Meeresumwelt auf Laysan-Albatrosse und eine andere genannte Art. Kompetenzen: Analyse von Daten zur Veranschaulichung der Ursachen und Konsequenzen von Biomagnifikation. Kompetenzen: Beurteilung von Ausrottungsprogrammen und biologischen Bekämpfungsmethoden als Maßnahmen zur Verringerung der Auswirkungen nicht-heimischer Arten. 	

Grundgedanke: Zum Schutz der Biodiversität müssen ganze Lebensgemeinschaften geschützt werden.

C.4 Schutz biologischer Vielfalt	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Wissenschaftler kooperieren mit anderen Gremien - der Artenschutz beinhaltet internationale Kooperation durch zwischenstaatliche und regierungsunabhängige Organisationen. (4.3)</p>	<p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Durch Regierungen unterstützte Naturwissenschaftler widmen ein relativ hohes Ausmaß ihrer Zeit und Energie der Rettung bestimmter Tierarten. Wäre es möglich, Kriterien festzusetzen, nach denen sich eine Hierarchie des Wertes einer Art gegenüber einer anderen rechtfertigen ließe?
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioindikatoren sind Organismen, die zur Begutachtung einer bestimmten Umweltbedingung verwendet werden. • Die relative Anzahl verschiedener Bioindikatoren kann zur Berechnung des Wertes eines biotischen Indexes verwendet werden. • Der Naturschutz <i>in situ</i> kann die aktive Bewirtschaftung von Naturschutzgebieten oder Nationalparks erfordern. • <i>Ex situ</i> besteht der Naturschutz in der Erhaltung von Arten außerhalb ihres natürlichen Habitats. • Biogeografische Faktoren wirken sich auf Artenvielfalt aus. • Artenreichtum und –ausgewogenheit sind Komponenten der Biodiversität. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Fallstudie über Zucht in Gefangenschaft und Wiedereinführung einer gefährdeten Tierart. • Anwendungsform: Analyse der Auswirkungen biogeografischer Faktoren auf die Vielfalt, die durch Inselgröße und Randeffekte begrenzt ist. • Kompetenz: Analyse der Biodiversität von zwei lokalen Gemeinschaften unter Anwendung des Simpson-Diversitätsindex. 	

C.4 Schutz biologischer Vielfalt**Hinweise:**

- Die Formel des Simpson-Diversitätsindex ist:

$$D = \frac{N(N-1)}{\sum n(n-1)}$$

- D = Diversitätsindex, N = Gesamtzahl der Organismen aller vorgefundenen Arten und n = Anzahl von Einzelorganismen einer bestimmten Art.

Zusatzthemen für die Leistungsstufe

Grundgedanke: Dynamische biologische Prozesse wirken sich auf Populationsdichte und Populationswachstum aus.

C.5 Populationsökologie	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Verzerrung vermeiden - ein Zufallszahlengenerator trägt dazu bei sicherzustellen, dass Populationsstichproben verzerrungsfrei erfolgen. (5.4)</p>	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Probleme der zunehmenden Weltbevölkerung sind ungeachtet unterschiedlicher Wachstumsraten in verschiedenen Ländern international besorgniserregend. <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Geografie Teil 1.1 Populationen im Wandel Umweltsysteme und Gesellschaften Thema 8.4 Tragfähigkeit bei menschlichen Populationen</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Stichprobenverfahren werden zur Schätzung von Populationsgrößen angewendet. Das Muster exponentiellen Wachstums tritt nur in einer idealen, unbegrenzten Umwelt auf. Das Populationswachstum verlangsamt sich, wenn eine Population die Tragfähigkeit der Umwelt erreicht. Die in der sigmoidalen Kurve dargestellten Phasen lassen sich durch relative Raten von Natalität, Mortalität, Immigration und Emigration erklären. Limitierende Faktoren können sich entweder von oben nach unten (Top-Down) oder von unten nach oben (Bottom-up) auswirken. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Beurteilung der zur Schätzung kommerzieller Bestände an Meeresressourcen eingesetzten Methoden. Anwendungsform: Anwendung der Rückfangmethode zur Schätzung der Populationsgröße einer Tierart. 	

C.5 Populationsökologie

- Anwendungsform: Erörterung der Auswirkungen von Natalität, Mortalität, Immigration und Emigration auf die Populationsgröße.
- Anwendungsform: Analyse der Auswirkungen von Populationsgröße, Alter und Fortpflanzungsstatus auf nachhaltige Fischereimethoden.
- Anwendungsform: Bottom-Up-Bekämpfung von Algenblüten durch Einschränkung der Nährstoffe und Top-Down-Bekämpfung durch Herbivorie.
- Kompetenzen: Modellierung der Wachstumskurve anhand eines einfachen Organismus, wie z. B. Hefe oder einer Wasserlinse-Art.

Grundgedanke: Bodenzyklen sind Störungen unterworfen.

C.6 Stickstoff- und Phosphorkreisläufe	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Abschätzung der mit wissenschaftlicher Forschung verbundenen Risiken und Vorteile - landwirtschaftliche Methoden können den Phosphorkreislauf beeinträchtigen. (4.8)	
Kenntnisse: <ul style="list-style-type: none"> • Stickstoffbindende Bakterien setzen atmosphärischen Stickstoff zu Ammoniak um. • <i>Rhizobium</i> geht mit Wurzeln eine mutualistische Beziehung ein. • Bei Abwesenheit von Sauerstoff reduzieren denitrifizierende Bakterien das Nitrat im Boden. • Phosphor kann durch die Anwendung von Düngemittel dem Phosphorkreislauf hinzugefügt oder durch Abernten landwirtschaftlicher Feldfrüchte entfernt werden. • Die Umsatzrate im Phosphorkreislauf ist viel niedriger als im Stickstoffkreislauf. • Die Verfügbarkeit von Phosphat könnte sich in der Zukunft auf die Landwirtschaft einschränkend auswirken. • Das Auslaugen von Mineralnährstoffen aus landwirtschaftlichem Gelände in Flüsse verursacht Eutrophierung und führt zu erhöhtem biochemischem Sauerstoffbedarf. 	Nutzung: <ul style="list-style-type: none"> • Die Methode des Fruchtwechsels ermöglicht die Erneuerung von Bodennährstoffen dadurch, dass man ein Gebiet brachliegen lässt.
Anwendungsformen und Kompetenzen: <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Die Auswirkungen von wassergesättigtem Boden auf den Stickstoffkreislauf. • Anwendungsform: Insektivore Pflanzen als Anpassung an geringe Verfügbarkeit von Stickstoff in wassergesättigten Böden. • Kompetenzen: Zeichnen und Beschriftung eines Diagramms des Stickstoffkreislaufs. • Kompetenzen: Veranschlagung des Nährstoffgehalts einer Bodenprobe. 	

Pflichtthemen

Grundgedanke: Eine ausgewogene Ernährung ist für die Gesundheit des Menschen unerlässlich.

D.1 Ernährung des Menschen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Falsifikation von Theorien, wobei eine Theorie durch eine andere ersetzt wird - Skorbut wurde als menschenspezifisch betrachtet, weil Versuche, die Symptome bei Laborratten und -mäusen auszulösen, völlig erfolglos waren. (1.9)</p>	<p>Internationale Denkweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> Das <i>Vitamin and Mineral Nutrition Information System</i> (VMNIS), zuvor unter der Bezeichnung <i>Micronutrient Deficiency Information System</i> (MDIS) bekannt, wurde 1991 auf einen Antrag der <i>World Health Assembly</i> gegründet, um die weltweite Überwachung von Mikronährstoffmängeln zu verstärken. <p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Es gibt sowohl positive Auswirkungen der Einwirkung von Sonnenstrahlen, wie z. B. die Erzeugung von Vitamin D, als auch Gesundheitsrisiken in Verbindung mit der Einwirkung von UV-Strahlen. Wie können in Konflikt stehende Wissensansprüche ausgewogen betrachtet werden? <p>Nutzung: Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 6.1 Verdauung und Resorption Geografie Teil 2F Die Geografie von Nahrungsmitteln und Gesundheit Umweltsysteme und Gesellschaften</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Essenzielle Nährstoffe können nicht vom Körper synthetisiert werden; sie müssen daher in die Ernährung einbezogen werden. Bei ernährungswichtigen Mineralstoffen handelt es sich um essenzielle chemische Elemente. Vitamine sind chemisch vielfältige Kohlenstoffverbindungen, die nicht vom Körper synthetisiert werden können. Bestimmte Fettsäuren und bestimmte Aminosäuren sind essenziell. Mangel an essenziellen Aminosäuren wirkt sich auf die Erzeugung von Proteinen aus. Fehlernährung kann durch Mangel, Unausgewogenheit oder Überschuss an Nährstoffen in der Ernährung verursacht werden. Der Appetit wird durch ein Zentrum im Hypothalamus reguliert. Fettleibige Personen sind besonders anfällig für Bluthochdruck und Diabetes Typ II. Das Hungern kann zum Abbau von Körpergewebe führen. 	

<p>D.1 Ernährung des Menschen</p>	<p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Erzeugung von Ascorbinsäure durch bestimmte Säugetiere, nicht aber andere, die diese in ihrer Nahrung benötigen. • Anwendungsform: Ursache und Behandlung von Phenylketonurie (PKU). • Anwendungsform: Mangel an Vitamin D oder Calcium kann die Knochenmineralisierung beeinträchtigen und Rachitis oder Osteomalazie verursachen. • Anwendungsform: Abbau des Herzmuskels bei Anorexie. • Anwendungsform: Cholesterin im Blut als Indikator des Risikos einer koronaren Herzerkrankung. • Kompetenzen: Bestimmung des Energiegehalts von Nahrungsmitteln durch Verbrennung. • Kompetenz: Anwendung von Datenbanken mit Nährwertdaten über Nahrungsmittel und Software zur Berechnung der Aufnahme essenzieller Nährstoffe aus der täglichen Nahrung. <p>Thema 3.5 Nahrungsmittelressourcen Chemie Thema B5 Vitamine</p>
--	---

Grundgedanke: Die Verdauung wird durch Nerven- und Hormonmechanismen reguliert.

D.2 Verdauung	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Glückliche Zufälle und wissenschaftliche Entdeckungen - die Rolle von Magensäure bei der Verdauung wurde von William Beaumont ermittelt, indem er den Verdauungsprozess durch eine durch eine Schussverletzung hervorgerufene offene Wunde beobachtete. (1.4)</p>	<p>Nutzung:</p> <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 1.2 Feinstruktur von Zellen Thema 6.5 Neuronen und Synapsen Chemie Thema D4 pH-Regulierung des Magens</p>
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nerven- und Hormonmechanismen regulieren die Sekretion von Verdauungssäften. • Exokrine Drüsen sondern ihr Sekret entweder an die Körperoberfläche oder in das Lumen des Magen-Darm-Trakts ab. • Das Volumen und die Zusammensetzung der Magensekrete werden durch Nerven- und Hormonmechanismen reguliert. • Die sauren Bedingungen im Magen begünstigen einige Hydrolysereaktionen und tragen zur Regulierung von Pathogenen aus aufgenommenen Nahrungsmitteln bei. • Die Struktur der Zellen des Epithels der Dünndarmzotten ist an die Resorption von Nahrungsmitteln angepasst. • Die Transitrate von Stoffen durch den Dickdarm steht in positiver Korrelation zu ihrem Ballaststoffgehalt. • Nicht resorbierte Stoffe werden ausgeschieden. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Die Verringerung der Sekretion von Magensäure durch Protonenpumpenhemmer-Medikamente. • Anwendungsform: Dehydratation aufgrund von Cholera toxin. 	

D.2 Verdauung	<ul style="list-style-type: none">• Anwendungsform: Infektion mit <i>Helicobacter pylori</i> als Ursache von Magengeschwüren.• Kompetenz: Identifizierung von exokrinen Drüsenzellen, die Verdauungssäfte absondern, sowie Zottenepithelzellen, die verdaute Nahrung resorbieren, auf elektronenmikroskopischen Aufnahmen. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none">• Unter Anpassungen von Zottenepithelzellen sind u.a. Mikrovilli und Mitochondrien anzugeben.
----------------------	---

Grundgedanke: Die chemische Zusammensetzung des Blutes wird von der Leber reguliert.

D.3 Funktionen der Leber	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Aufklärung der Öffentlichkeit in Bezug auf wissenschaftliche Behauptungen - wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass HDL-Cholesterin (HDL: High-density-Lipoprotein) als „gutes“ Cholesterin betrachtet werden kann. (5.2)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> Die Leber beseitigt Toxine aus dem Blut und entgiftet sie. Komponenten von roten Blutkörperchen werden durch die Leber recycelt. Der Abbau von Erythrozyten beginnt mit der Phagozytose roter Blutkörperchen durch Kupffer-Zellen. Eisen wird dem Knochenmark zugeführt, um in den neuen roten Blutkörperchen Hämoglobin herzustellen. Überschüssiges Cholesterin wird zu Gallensalzen umgesetzt. Das endoplasmatische Retikulum und der Golgi-Apparat in Hepatozyten erzeugen Plasmaproteine. Die Leber empfängt Blut aus dem Darm zur Regulierung der Nährstoffkonzentrationen. Einige überschüssige Nährstoffe können in der Leber gespeichert werden. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> Anwendungsform: Ursachen und Konsequenzen von Gelbsucht. Anwendungsform: Duale Blutzufuhr zur Leber und Unterschiede zwischen Sinusoiden und Kapillaren. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> Extremer Alkoholkonsum kann Leberzirrhose verursachen. Sind Einstellungen zu Drogen und Alkohol ein Beispiel für etwas, das in einer Beziehung zur Kultur steht? Ist alles Wissen kulturbedingt? <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zielsetzung 6: Temporäre Hepatozytenpräparate können aus frischer Leber hergestellt werden. Zielsetzung 8: Angesichts des Drucks, dem die Gesundheitsressourcen unterliegen, speziell hinsichtlich der Verfügbarkeit von Organen zur Transplantation, sollte ein Alkoholiker ein Lebertransplantat erhalten?

Grundgedanke: Interne und externe Faktoren beeinflussen die Herzfunktion.

D.4 Das Herz	
Beschaffenheit der Naturwissenschaften:	
Entwicklungen in der wissenschaftlichen Forschung folgen auf Verbesserungen an Geräten oder Messgeräten - die Erfindung des Stethoskops führte zu verbesserten Kenntnissen der Funktionsweise des Herzens. (1.8)	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Struktur der Herzmuskelzellen ermöglicht die Ausbreitung von Reizen durch die Herzwand hindurch. • Signale des Sinusknotens, die Kontraktionen auslösen, können nicht direkt von den Atrien zu den Ventrikeln gelangen. • Zwischen dem Eintreffen und der Weiterleitung eines Reizes am Atrioventrikularknoten tritt eine Verzögerung ein. • Diese Verzögerung räumt Zeit für die atriale Systole ein, bevor sich die Atrioventrikularklappen schließen. • Leitfasern sorgen für die koordinierte Kontraktion der gesamten Ventrikelwand. • Normale Herzgeräusche gehen von den sich schließenden Atrioventrikularklappen und Semilunarklappen aus, wodurch Änderungen im Blutstrom verursacht werden. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsgebiete: Verwendung künstlicher Schrittmacher zur Regulierung der Herzfrequenz. • Anwendungsform: Anwendung von Defibrillation zur Behandlung lebensbedrohlicher Herzzustände. • Anwendungsform: Ursachen und Konsequenzen von Bluthochdruck und Thrombose. 	<p>Erkenntnistheorie:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symbole werden als Form wortloser Kommunikation verwendet. Weshalb wird das Herz als Symbol für Liebe verwendet? Worin besteht die Bedeutung von Symbolen in verschiedenen Wissensbereichen?

D.4 Das Herz	<ul style="list-style-type: none">• Kompetenzen: Messung und Interpretation der Herzfrequenz bei unterschiedlichen Bedingungen.• Kompetenzen: Interpretation von systolischen und diastolischen Blutdruckwerten.• Kompetenz: Zuordnung des Herzzyklus in einer normalen Elektrokardiogramm-Kurve (EKG).• Kompetenzen: Analyse epidemiologischer Daten in Bezug auf das Vorkommen der koronaren Herzkrankheit. <p>Hinweise:</p> <ul style="list-style-type: none">• Einbeziehung von Verzweigung und Glanzstreifen in die Struktur des Herzmuskels.
---------------------	--

Zusatzthemen für die Leistungsstufe

Grundgedanke: Hormone werden nicht mit konstanter Rate sezerniert und üben ihre Auswirkungen in geringen Konzentrationen aus.

D.5 Hormone und Stoffwechsel	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften:</p> <p>Zusammenarbeit zwischen Gruppen von Wissenschaftlern - dem <i>International Council for the Control of Iodine Deficiency Disorders</i> gehört eine Reihe von Wissenschaftlern an, die daran arbeiten, den Schaden zu eliminieren, der durch Jodmangel verursacht werden kann.(4.3)</p>	<p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Es gibt zahlreiche Medikamente und Drogen, die leistungssteigernd wirken. Ist die Verwendung dieser Medikamente und Drogen in Bezug auf die Durchführung fairer Tests akzeptabel, solange alle Sportler gleichberechtigten Zugang zu diesen Substanzen haben?
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endokrine Drüsen geben Hormone direkt in den Blutstrom ab. • Steroidhormone binden an Rezeptorproteine im Zytoplasma der Zielzelle zur Bildung eines Rezeptor-Hormon-Komplexes. • Der Rezeptor-Hormon-Komplex fördert die Transkription spezifischer Gene. • Peptidhormone binden an Rezeptoren in der Plasmamembran der Zielzelle. • Das Binden von Hormonen an Membranrezeptoren aktiviert eine durch einen Second Messenger in der Zelle vermittelte Reaktionskaskade. • Der Hypothalamus reguliert die Hormonsekretion durch die Vorder- und Hinterlappen der Hypophyse. • Die von der Hypophyse sezernierten Hormone regulieren Wachstum, entwicklungsbedingte Änderungen, Reproduktion und Homöostase. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsformen: Einige Sportler nehmen Wachstumshormone ein, um ihre Muskulatur zu stärken. • Anwendungsgebiet: Regulierung der Milchproduktion durch Oxytocin und Prolactin. 	

Grundgedanke: Rote Blutkörperchen sind beim Transport von Atemgasen lebenswichtig.

D.6 Transport von Atemgasen	
<p>Beschaffenheit der Naturwissenschaften: Wissenschaftlern kommt bei der Information der Öffentlichkeit eine Rolle zu - wissenschaftliche Forschung hat zu einer Änderung der öffentlichen Einstellung zum Rauchen geführt. (5.1)</p>	
<p>Kenntnisse:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sauerstoffdissoziationskurven zeigen Affinität von Hämoglobin zu Sauerstoff. • Kohlendioxid wird in gelöster Form transportiert und ist an das Hämoglobin im Blut gebunden. • Kohlendioxid wird in roten Blutkörperchen zu Hydrogencarbonationen umgewandelt. • Der Bohr-Effekt erklärt die erhöhte Abgabe von Sauerstoff durch Hämoglobin in atmenden Geweben. • Chemorezeptoren sind Änderungen im Blut-pH gegenüber empfindlich. • Die Ventilationsrate wird vom Atemzentrum in der Medulla oblongata aus reguliert. • Bei körperlicher Betätigung ändert sich die Ventilationsrate als Reaktion auf die Menge von CO₂ im Blut. • Fetalhämoglobin unterscheidet sich von Adulthämoglobin; dies ermöglicht den Transfer von Sauerstoff in der Plazenta auf das Fetalhämoglobin. <p>Anwendungsformen und Kompetenzen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Anwendungsform: Konsequenzen von großen Höhenlagen auf den Gasaustausch. • Anwendungsform: Der Blut-pH wird so reguliert, dass er im engen Bereich von 7,35 bis 7,45 bleibt. 	<p>Nutzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Training-Camps für Sportler werden oft in großen Höhenlagen eingerichtet, um den Hämoglobingehalt des Blutes zu erhöhen. Dadurch erwächst dem Athleten ein Vorteil, wenn er für einen Wettbewerb auf niedrigere Höhenlagen zurückkehrt. <p>Lehrplan und Lehrplanverknüpfungen: Biologie Thema 6.4 Gasaustausch Physik Thema 3.2 Modellieren eines Gases</p> <p>Allgemeine Zielsetzung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zielsetzung 8: Einige Sportarten, wie z. B. Bergsteigen in großen Höhenlagen sowie Gerätetauchen, können den Körper des Menschen über die Ausdauergrenzen hinaus beanspruchen und ihm Schaden zufügen. Sollten diese Sportarten daher kontrolliert oder gar verboten werden?

D.6 Transport von Atemgasen	<ul style="list-style-type: none">• Anwendungsform: Ursachen und Behandlung des Lungenemphysems.• Kompetenz: Analyse der Dissoziationskurven für Hämoglobin und Myoglobin.• Kompetenz: Identifizierung von Pneumozyten, Kapillarendothelzellen und Blutkörperchen in lichtmikroskopischen und elektronenmikroskopischen Aufnahmen von Lungengewebe.
------------------------------------	---

Bewertung im Diplomprogramm

Allgemeines

Die Bewertung ist ein integraler Bestandteil von Unterrichten und Lernen. Ziele der Bewertung im Diplomprogramm sind die Unterstützung der Lehrplanziele und die Förderung des entsprechenden Lernens der Schüler. Im Diplomprogramm gibt es externe und interne Bewertung. Die IB-Prüfer benoten die für die externe Bewertung erstellten Arbeiten, während für die interne Bewertung erstellte Arbeiten von den Lehrern benotet und extern von IB einer Moderation unterzogen werden.

Es gibt bei IB zwei Arten der Bewertung.

- Die formative Bewertung dient sowohl dem Unterrichten als auch dem Lernen. Sie befasst sich mit der Bereitstellung eines genauen und nützlichen Feedbacks für die Schüler und Lehrer im Hinblick auf das stattgefundene Lernen und die Stärken und Schwächen der Schüler, mit dem Ziel, das Verständnis und die Fähigkeiten des Schülers zu entwickeln. Die formative Bewertung kann auch dazu beitragen, die Unterrichtsqualität zu verbessern, da sie Informationen für die Beobachtung der Fortschritte im Hinblick auf die Ziele und Zielsetzungen des Kurses liefern kann.
- Die summative Bewertung gibt einen Überblick über das bisher Gelernte und befasst sich mit der Einschätzung der Schülerleistungen.

Das Diplomprogramm konzentriert sich vor allem auf die summative Bewertung, die dazu dient, die Leistung der Schüler gegen Ende oder nach Beendigung des Kursverlaufs zu protokollieren. Viele Bewertungsinstrumente können im Verlauf des Unterrichts und Lernens aber auch formativ eingesetzt werden. Den Lehrern wird daher geraten, entsprechend zu verfahren. Ein umfassender Bewertungsplan gilt als integraler Bestandteil des Unterrichts, Lernens und der Kursplanung. Für weitere Informationen sehen Sie bitte das IB-Dokument *Programme standards and practices* ein.

Der von IB verwendete Bewertungsansatz orientiert sich an Kriterien, nicht an Standards. Bei diesem Bewertungsansatz wird die Arbeit der Schüler anhand ihrer Leistungen in Bezug auf die vorgegebenen Leistungshorizonte beurteilt und nicht in Bezug auf die Arbeit anderer Schüler. Für weitere Informationen zur Bewertung im Diplomprogramm sehen Sie bitte die Veröffentlichung *Diploma Programme assessment. Principles and practice* ein.

Zur Unterstützung der Lehrer bei der Planung, Umsetzung und Bewertung der Kurse zum Diplomprogramm stehen im OCC eine Reihe von Hilfsmitteln zur Verfügung. Diese können auch über den IB-Shop bezogen werden (<http://store.ibo.org>). Lehrerhandreichungen, Fachberichte, interne Bewertungsrichtlinien, Leistungshorizonte sowie Ressourcen anderer Lehrer sind im OCC erhältlich. Exemplare von früheren Prüfungsklausuren und Erwartungshorizonten können Sie im IB-Shop kaufen.

Bewertungsmethoden

Bei IB werden mehrere Methoden zur Bewertung der von Schülern geleisteten Arbeit angewendet.

Bewertungskriterien

Bewertungskriterien werden dann angewendet, wenn die Prüfungsaufgabe ergebnisoffen ist. Jedes Kriterium konzentriert sich auf eine bestimmte Kompetenz, die von den Schülern unter Beweis zu stellen ist. Ein Bewertungsziel beschreibt, wozu die Schüler in der Lage sein sollten, und die Bewertungskriterien beschreiben, inwieweit sie fähig sein sollten, die Aufgabe gut zu bewerkstelligen. Die Verwendung von Bewertungskriterien ermöglicht es, zwischen verschiedenen Antworten zu unterscheiden und regt eine Vielfalt von Antworten an. Jedes Kriterium umfasst einen Satz hierarchisch angeordneter Erwartungshorizonte. Jeder Erwartungshorizont ist einen oder mehrere Punkte wert. Jedes Kriterium wird unter Anwendung des Best-Fit-Modells unabhängig angewendet. Die maximale Punktzahl für jedes Kriterium kann je nach dem Wichtigkeitsgrad des jeweiligen Kriteriums variieren. Die für jedes Kriterium erteilten Punkte werden addiert, um die Gesamtnote für die Arbeit zu ermitteln.

Punktspannen

Die Punktspannen liefern eine umfassende Darlegung der erwarteten Leistung, anhand derer die Antworten bewertet werden. Sie stellen ein einziges holistisches Kriterium dar, das in Erwartungshorizonte unterteilt ist. Jeder Erwartungshorizont entspricht einer Punkteskala zur Differenzierung der jeweiligen Leistung der Schüler. Dabei ist mit Hilfe des Best-Fit-Ansatzes zu ermitteln, welche Punkte aus einer möglichen Spanne für den jeweiligen Erwartungshorizont angemessen sind.

Analytische Benotungsschemata

Analytische Benotungsschemata werden für diejenigen Prüfungsfragen erstellt, bei denen von den Schülern eine bestimmte Antwort bzw. eine vorgegebene endgültige Antwort erwartet wird. Sie enthalten detaillierte Anweisungen an die Prüfer, wie die Gesamtnote für jede einzelne Frage im Hinblick auf verschiedene Teile der Antwort aufzuschlüsseln ist.

Benotungsanleitung

Für bestimmte Bewertungskomponenten, die anhand von Bewertungskriterien benotet werden, wird eine Benotungsanleitung mitgeliefert. Die Benotungsanleitung enthält Anhaltspunkte für die Anwendung von Bewertungskriterien auf die spezifischen Erfordernisse einer Frage.

Bewertungsvorgaben für die Inklusion

Für Kandidaten mit Förderungsbedarf stehen für den Prüfungszugang Bewertungsvorgaben für die Inklusion zur Verfügung. Diese Vorgaben ermöglichen es Kandidaten mit unterschiedlichen Bedürfnissen, an Prüfungen teilzunehmen und ihr Wissen und Verständnis der zu bewertenden Konstrukte zu zeigen.

Das IB-Dokument *Candidates with assessment access requirements* enthält Einzelheiten über alle inklusiven Bewertungsvorgaben, die von Kandidaten mit Förderbedarf benötigt werden. Das IB-Dokument *Learning diversity in the International Baccalaureate programmes: Special educational needs within the International Baccalaureate programmes* skizziert die Position des IB im Hinblick auf Kandidaten mit besonderem Förderungsbedarf im Rahmen der IB-Programme. Kandidaten, die widrigen Umständen ausgesetzt sind, finden Einzelheiten über Zugangsaspekte in den IB-Dokumenten *General regulations: Diploma Programme* und dem *Handbuch für Verwaltungsabläufe für das Diplomprogramm*.

Verantwortungsbereich der Schule

Die Schule muss dafür sorgen, dass Kandidaten mit einem Förderungsbedarf einen gleichberechtigten Zugang, ggf. mit angemessener Anpassung erhalten, wobei diese Anpassungen mit den IB-Dokumenten *Candidates with assessment access requirements* sowie *Learning diversity in the International Baccalaureate programmes: Special educational needs within the International Baccalaureate programmes* übereinstimmen müssen.

Bewertungsüberblick - GS

Für Prüfungen ab 2016

Komponente	Gesamt- gewichtung (%)	Ungefähre Gewichtung von Zielsetzungen (%)		Dauer (Std.)
		1+2	3	
1. Klausur	20	10	10	¾
2. Klausur	40	20	20	1¼
3. Klausur	20	10	10	1
Interne Bewertung	20	umfasst Zielsetzungen 1, 2, 3 und 4		10

Bewertungsüberblick - LS

Für Prüfungen ab 2016

Komponente	Gesamt- gewichtung (%)	Ungefähre Gewichtung von Zielsetzungen (%)		Dauer (Std.)
		1+2	3	
1. Klausur	20	10	10	1
2. Klausur	36	18	18	2¼
3. Klausur	24	12	12	1¼
Interne Bewertung	20	umfasst Zielsetzungen 1, 2, 3 und 4		10

Externe Bewertung

Detaillierte Erwartungshorizonte, die spezifisch auf die einzelnen Prüfungsklausuren ausgerichtet sind, werden zur Bewertung von Schülern verwendet.

Einzelheiten der externen Bewertung - GS

1. Klausur

Dauer: ¾ Stunde

Gewichtung: 20%

Punkte: 30

- 30 Multiple-Choice-Fragen zu Pflichtmaterial, wovon ca. 15 mit LS gemein sind.
- Die Fragen in der 1. Klausur prüfen die Lernziele 1, 2 und 3.
- Die Verwendung von Taschenrechnern ist untersagt.
- Für falsche Antworten werden keine Punkte abgezogen.

2. Klausur

Dauer: 1¼ Stunden

Gewichtung: 40%

Punkte: 50

- Datenorientierte Frage.
- Kurzantworten und längere Antworten zu den das Pflichtmaterial betreffenden Fragen.
- Die Kandidaten müssen versuchen, eine der zwei auf längere Antworten bezogenen Fragen zu beantworten.
- Die Fragen in der 2. Klausur prüfen die Lernziele 1, 2 und 3.
- Die Verwendung von Taschenrechnern ist gestattet. (siehe Abschnitt über Taschenrechner im OCC).

3. Klausur

Dauer: 1 Stunde

Gewichtung: 20%

Punkte: 35

- Diese Klausur enthält Fragen zum Pflichtteil und GS-Wahlpflichtbereich.
- Teil A: Die Kandidaten beantworten alle Fragen; 2 bis 3 Kurzantwortfragen in Bezug auf experimentelle Kompetenzen und Methoden, Analyse und Auswertung, auch unter Verwendung unbekannter Daten, die aber mit dem Pflichtteil-Material verbunden sind.
- Teil B: Kurzantworten und längere Antworten auf Fragen aus einem Wahlpflichtbereich.
- Die Fragen in der 3. Klausur prüfen die Lernziele 1, 2 und 3.
- Die Verwendung von Taschenrechnern ist gestattet (siehe Abschnitt über Taschenrechner im OCC).

Einzelheiten der externen Bewertung - LS

1. Klausur

Dauer: 1 Stunde

Gewichtung: 20%

Punkte: 40

- 40 Multiple-Choice-Fragen zu Pflichtteil- und ZLS-Material, wovon ca. 15 mit GS gemein sind.
- Die Fragen in der 1. Klausur prüfen die Lernziele 1, 2 und 3.
- Die Verwendung von Taschenrechnern ist untersagt.
- Für falsche Antworten werden keine Punkte abgezogen.

2. Klausur

Dauer: 2¼ Stunden

Gewichtung: 36%

Punkte: 72

- Datenorientierte Frage.
- Kurzantworten und längere Antworten auf Fragen zum Pflichtteil- und ZLS-Material
- Die Kandidaten müssen versuchen, zwei der drei auf längere Antworten bezogenen Fragen zu beantworten.
- Die Fragen in der 2. Klausur prüfen die Lernziele 1, 2 und 3.
- Die Verwendung von Taschenrechnern ist gestattet. (siehe Abschnitt über Taschenrechner im OCC).

3. Klausur

Dauer: 1¼ Stunden

Gewichtung: 24%

Punkte: 45

- Teil A: die Kandidaten beantworten alle Fragen, zwei oder drei Kurzantwortfragen auf der Grundlage experimenteller Kompetenzen und Techniken, Analyse und Auswertung, unter Verwendung unbekannter Daten, die mit dem Pflichtmaterial verbunden sind.
- Teil B: Kurzantworten und längere Antworten auf Fragen aus einem Wahlpflichtbereich.
- Die Fragen in der 3. Klausur prüfen die Lernziele 1, 2 und 3.
- Die Verwendung von Taschenrechnern ist gestattet. (siehe Abschnitt über Taschenrechner im OCC).

Interne Bewertung

Zweck der internen Bewertung

Die interne Bewertung ist integraler Bestandteil des Kurses und sowohl für Schüler der GS- als auch der LS-Stufe obligatorisch. Sie ermöglicht den Schülern, die Anwendung ihrer Kompetenzen und Kenntnisse unter Beweis zu stellen und ihre persönlichen Interessen ohne zeitliche Begrenzung und andere, mit schriftlichen Prüfungen verbundene Einschränkungen zu verfolgen. Die interne Bewertung ist soweit wie möglich in den normalen Klassenunterricht einzuflechten und nicht als separate Aktivität im Anschluss an den Unterricht im Rahmen des Kurses durchzuführen.

Die internen Bewertungserfordernisse sind für GS und LS identisch. Dieser Teil des Handbuchs, der sich auf die interne Bewertung bezieht, ist in Verbindung mit dem Teil der internen Bewertung der Lehrerhandreichungen zu lesen.

Richtlinien und Authentizität

Bei der zur internen Bewertung vorgelegten Arbeit muss es sich um die eigene Arbeit des Schülers handeln. Allerdings ist nicht beabsichtigt, dass die Schüler die Entscheidung über einen Titel oder ein Thema treffen und dann ohne weitere Unterstützung durch den Lehrer an der internen Bewertungskomponente arbeiten. Die Lehrkraft sollte, sowohl während der Planungsphase als auch während des Zeitraums, in dem der Schüler mit der intern zu bewertenden Arbeit beschäftigt ist, eine wichtige Rolle spielen. Es obliegt der Verantwortung der Lehrkraft sicherzustellen, dass die Schüler mit Folgendem vertraut sind:

- den Erfordernissen der Art der intern zu bewertenden Arbeit
- der IB-Grundsatzklärung über Tierexperimente und den Sicherheitsrichtlinien, denen der Biologiekurs unterliegt
- den Bewertungskriterien - die Schüler müssen verstehen, dass die zur Bewertung eingereichte Arbeit diese Kriterien erfolgreich beachten muss

Die Lehrer und Schüler müssen die intern zu bewertende Arbeit miteinander erörtern. Die Schüler sind dazu anzuspornen, Gespräche mit der Lehrkraft anzubahnen, um Ratschläge und Informationen zu erhalten, und die Schüler dürfen nicht dafür bestraft werden, dass sie sich Rat holen. Im Rahmen des Lernprozesses sollten Lehrer einen Entwurf durchlesen und daraufhin Schülern entsprechende Ratschläge erteilen. Die Lehrkraft sollte entweder auf mündlichem oder schriftlichem Wege Ratschläge erteilen, auf welche Weise die Arbeit verbessert werden könnte, darf jedoch den Entwurf nicht redigieren. Bei der nächsten, der Lehrkraft übergebenen Version muss es sich um die endgültige Version handeln, die zur internen Bewertung eingereicht wird.

Es obliegt der Verantwortung von Lehrern sicherzustellen, dass alle Schüler die grundlegende Bedeutung und Bedeutsamkeit von Konzepten verstehen, die sich auf akademische Redlichkeit, insbesondere Authentizität und geistiges Eigentum, beziehen. Die Lehrer müssen sicherstellen, dass alle von Schülern zur Bewertung eingereichten Arbeiten den Erfordernissen gemäß erstellt werden, und sie müssen den Schülern klarmachen, dass die intern zu bewertende Arbeit ganz und gar von ihnen selbst stammen muss. In Fällen, wo Zusammenarbeit zwischen den Schülern statthaft ist, muss allen Schülern klar sein, worin der Unterschied zwischen Zusammenarbeit und geheimer Absprache besteht.

Alle Arbeiten, die IB zur Moderation oder Bewertung eingereicht werden, müssen von einer Lehrkraft authentisiert werden und dürfen keine bekannten Fälle von mutmaßlichem oder bestätigtem akademischem Fehlverhalten enthalten. Jeder Schüler muss bestätigen, dass die Arbeit seine oder ihre authentische Arbeit ist und die endgültige Version dieser Arbeit darstellt. Sobald ein Schüler die endgültige Fassung der Arbeit vorgelegt hat, kann sie nicht mehr zurückgezogen werden. Die Bedingung, dass Schüler die Authentizität ihrer Arbeit bestätigen müssen, gilt für die Arbeit aller Schüler, und nicht nur für Arbeitsbeispiele, die IB zwecks Moderation vorgelegt werden. Weitere Einzelheiten finden Sie in der IB-Veröffentlichung *Academic honesty* (2011), *The Diploma Programme: From principles into practice* (2009) sowie unter den relevanten Artikeln in *General regulations: Diploma Programme* (2012)

Authentizität kann durch Gespräche mit dem Schüler über den Inhalt der Arbeit überprüft werden sowie durch Nachprüfen eines oder aller der folgenden Elemente:

- des ursprünglichen Vorschlags des Schülers
- des ersten Entwurfs der schriftlichen Arbeit
- der zitierten Bezugsquellen
- des Schreibstils im Vergleich zu Arbeiten, die als von dem Schüler stammend bekannt sind
- der Analyse der Arbeit durch ein web-gestütztes Plagiatermittlungsprogramm wie z. B. <http://www.turnitin.com>.

Dieselbe Arbeit darf nicht zur Erfüllung der Erfordernisse sowohl der internen Bewertung als auch des umfangreichen Fachaufsatzes zweimal vorgelegt werden.

Gruppenarbeit

Jede Untersuchung ist eine individuelle, auf verschiedenen erfassten Daten und Messungen fußende Arbeit. Im Idealfall sollten Schüler bei der Datenerfassung selbständig arbeiten. In manchen Fällen können die erfassten Daten oder durchgeführten Messungen aus einem Gruppenexperiment stammen, vorausgesetzt, jeder Schüler hat seine Messungen selbst durchgeführt. In einigen Fällen können in Biologie Gruppendaten oder Gruppenmessungen kombiniert werden, um genug Material zur individuellen Analyse zu erhalten. Selbst in diesem Fall müsste der Schüler seine Daten selbst erfasst und aufgezeichnet haben und klarmachen, welche Daten von ihm stammen.

Es ist den Schülern klarzumachen, dass alle mit der Untersuchung verbundenen Arbeiten von ihnen selbst stammen müssen. Es wäre dienlich, dass Lehrer die Schüler dazu anregen, ein Verantwortungsgefühl für ihren eigenen Lernprozess zu entwickeln, so dass sie lernen, ein gewisses Maß an Eigenverantwortung zu tragen und auf ihre Arbeit stolz zu sein.

Zeitzuordnung

Die interne Bewertung ist integraler Bestandteil des Biologiekurses, und trägt 20% zur endgültigen Bewertung in den GS- und LS-Kursen bei. Diese Gewichtung sollte sich in der Zeit widerspiegeln, die dem Vermitteln des Wissens, der Kompetenzen und Kenntnisse zugeordnet wird, sowie in der Gesamtzeit, die für die Ausführung der Arbeit eingeräumt wird.

Es empfiehlt sich, der Arbeit sowohl auf GS- als auch auf LS-Stufe insgesamt ca. 10 Unterrichtsstunden zuzuordnen. Dazu gehören u.a.:

- Zeit, in der die Lehrkraft den Schülern die Erfordernisse der internen Bewertung erklärt.
- Unterrichtszeit, in der die Schüler an der internen Bewertungskomponente arbeiten und Fragen stellen.
- Zeit für die Rücksprache zwischen dem Lehrer und jedem einzelnen Schüler.
- Zeit für die Revision und Überwachung der Fortschritte und zur Überprüfung der Authentizität.

Sicherheitserfordernisse und Empfehlungen

Die Lehrer sind für die Einhaltung der nationalen oder lokalen Richtlinien verantwortlich, die von Land zu Land variieren können. Auch sollten die nachstehend aufgeführten Leitlinien beachtet werden, die vom *Laboratory Safety Institute (LSI)* für das Sicherheitskomitee des *International Council of Associations for Science Education (ICASE)* entwickelt wurden.

Jeder Einzelne trägt Verantwortung dafür, sich stets für Sicherheit und Gesundheit einzusetzen. Erteilte Ratschläge müssen dem lokalen Kontext, den unterschiedlichen Bildungs- und kulturellen Traditionen, den finanziellen Einschränkungen und den Rechtssystemen verschiedener Länder Rechnung tragen.

Sicherheitsleitlinien für Laboratorien des Laboratory Safety Instituts (LSI)...

40 Vorschläge für ein sichereres Labor

Schritte, die geringe Ausgaben erfordern

1. Bereitstellung einer schriftlichen Grundsatzerklärung bezüglich Gesundheit, Sicherheit und Umweltbelange (GS&U).
2. Organisation eines abteilungsspezifischen Komitees für GS&U, das sich aus Angestellten, Management, Lehrerschaft und Schülern zusammensetzt, die regelmäßig zusammentreffen, um GS&U-Fragen zu besprechen.
3. Entwicklung einer GS&U-Einführung für alle neuen Mitarbeiter und Schüler.
4. Aufforderung an die Mitarbeiter und Schüler, ihre eigene Gesundheit und Sicherheit sowie die anderer ernst zu nehmen.
5. Involvieren eines jeden Mitarbeiters und Schülers in bestimmte Aspekte des Sicherheitsprogramms sowie Übertragung spezifischer Verantwortung an bestimmte Personen.
6. Bereitstellung von Leistungsanreizen für Mitarbeiter und Schüler für Sicherheitsleistung.
7. Vorschrift für alle Mitarbeiter, das entsprechende Sicherheitshandbuch zu lesen. Fordern, dass Schüler die Sicherheitsvorschriften des LSI lesen. Unterzeichnung einer Erklärung durch beide Gruppen, dass sie die Forderung erfüllt haben, den Inhalt verstehen und einwilligen, dass sie die Verfahrensweisen und Methoden befolgen werden. Sorgfältige Archivierung dieser Erklärungen im Büro der Abteilung.
8. Durchführung periodischer unangemeldeter Inspektionen des Labors zur Identifikation und Korrektur gefährlicher Bedingungen und unsicherer Methoden. Einbeziehung von Schülern und Mitarbeitern in simulierte Inspektionen im Rahmen des Arbeitsschutzgesetzes.
9. Dafür sorgen, dass der Lernprozess für sichere Verfahren zum integralen und wichtigen Bestandteil der wissenschaftlichen Ausbildung, Ihrer Arbeit und Ihres Lebens wird.

10. Einplanung regelmäßiger abteilungsinterner Sicherheitstreffen für alle Schüler und Mitarbeiter, um die Resultate von Inspektionen und Aspekte der Laborsicherheit zu erörtern.
11. Bei der Durchführung von Experimenten mit Gefahren oder potenziellen Gefahren stellen Sie sich die folgenden Fragen:
 - Worin bestehen die Risiken?
 - Was wäre das Schlimmste, das passieren könnte?
 - Wie gehe ich damit um?
 - Worin bestehen die vernünftigen Verfahrensweisen, Schutzeinrichtungen und Geräte/Anlagen, die zur Minimierung des Risikos einer Einwirkung von Gefahren erforderlich sind?
12. Fordern, dass über alle Unfälle (Vorfälle) Bericht erstattet wird, dass sie vom Sicherheitskomitee der Abteilung begutachtet und auf abteilungsinternen Sicherheitstreffen besprochen werden.
13. Fordern, dass in jeder Prä-Lab/Prä-Experiment-Diskussion die Berücksichtigung von Gesundheits- und Sicherheitsaspekten zur Sprache kommt.
14. Nicht erlauben, dass Experimente unbeaufsichtigt ablaufen, es sei denn, sie sind fehlersicher.
15. Das Alleinarbeiten in einem Labor sowie das Arbeiten ohne vorheriges Inkenntnissetzen eines Mitarbeiters verbieten.
16. Erweiterung des Sicherheitsprogramms über das Labor hinaus auf den Pkw und das Heim.
17. Zulassung von nur minimalen Mengen feuergefährlicher Flüssigkeiten in jedem Laboratorium.
18. Verbot von Rauchen, Essen und Trinken im Laboratorium.
19. Verbot, Nahrungsmittel in Kühlschränken für Chemikalien aufzubewahren.
20. Entwicklung von Plänen und Verfahrensweisen für Notfälle, z. B. Brand, Explosion, Vergiftung, Verschüttung von Chemikalien oder Dampfablassung, elektrischer Schock, Blutung und Kontaminierung von Personen.
21. Ordentliche Haushaltsführung in allen Arbeitsbereichen zur Vorschrift machen.
22. Aushang der Telefonnummern von Feuerwehr, Polizei und Krankenwagen an jedem Telefon bzw. direkt daneben.
23. Separate Lagerung von Säuren und Laugen. Separate Lagerung von Brennstoffen und Oxidatoren.
24. Regelmäßige Inventarisierung, um den Einkauf unnötiger Mengen von Chemikalien zu vermeiden.
25. Benutzung von Warnschildern zur Kennzeichnung besonderer Gefahren.
26. Entwicklung bestimmter Arbeitsmethoden für individuelle Experimente wie z. B. Experimente, die nur unter einer belüfteten Haube durchgeführt werden sollten oder die Verwendung besonders gefährlicher Stoffe beinhalten. Nach Möglichkeit sind die gefährlichsten Experimente unter einer Haube durchzuführen.

Schritte, die bescheidene Ausgaben erfordern

27. Zweckbestimmung eines Teils des Abteilungsbudgets für Sicherheit.
28. Vorschrift zur Anwendung angemessenen Augenschutzes zu allen Zeiten in Laboratorien und Bereichen, wo Chemikalien transportiert werden.
29. Bereitstellung angemessener Vorräte an persönlicher Schutzausrüstung, Schutzbrille, Schutzgläser, Gesichtsschutz, Handschuhe, Laborkittel und Schutzabdeckung für den Labortisch.

30. Bereitstellung von Feuerlöschern, Notduschen, Augenspülfontänen, Erste-Hilfe-Kästen, Feuerlöschdecken und Abzugshauben in jedem Labor, die jeden Monat getestet oder überprüft werden.
31. Bereitstellung von Schutzvorkehrungen an allen Vakuumpumpen sowie Sicherungsvorrichtungen an allen Druckgaszylindern.
32. Bereitstellung eines angemessenen Vorrats an Erste-Hilfe-Ausrüstung sowie Anweisungen für ihre richtige Verwendung.
33. Bereitstellung brandsicherer Schränke zur Lagerung brennbarer Chemikalien.
34. Führen einer zentral eingerichteten Sicherheitsbibliothek in der Abteilung.
 - „Safety in School Science Labs“, Clair Wood, 1994, Kaufman & Associates, 101 Oak Street, Wellesley, MA 02482
 - „The Laboratory Safety Pocket Guide“, 1996, Genium Publisher, One Genium Plaza, Schenectady, NY
 - „Safety in Academic Chemistry Laboratories“, ACS, 1155 Sixteenth Street NW, Washington, DC 20036
 - „Manual of Safety and Health Hazards in The School Science Laboratory“, „Safety in the School Science Laboratory“, „School Science Laboratories: A guide to Some Hazardous Substances“ Council of State Science Supervisors (jetzt nur über das LSI beziehbar.)
 - „Handbook of Laboratory Safety“, 4th Edition, CRC Press, 2000 Corporate Boulevard NW, Boca Raton, FL 33431
 - „Fire Protection Guide on Hazardous Materials“, National Fire Protection Association, Batterymarch Park, Quincy, MA 02269
 - „Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Disposal of Hazardous Chemicals“, 2nd Edition, 1995
 - „Biosafety in the Laboratory“, National Academy Press, 2101 Constitution Avenue, NW, Washington, DC 20418
 - „Learning By Accident“, Volumes 1-3, 1997-2000, The Laboratory Safety Institute, Natick, MA 01760

(Alle beim LSI erhältlich.)
35. Beseitigung aller elektrischen Anschlüsse aus dem Innenraum von Kühlschränken für Chemikalien und Vorschrift von Magnetverschlüssen.
36. Vorschrift für geerdete Stecker an allen elektrischen Anlagen und ggf. Installation von Fehlerstromschutzschaltern.
37. Beschriftung aller Chemikalien, um die Bezeichnung des Materials, die Beschaffenheit und den Gefahrengrad, die angemessenen Vorsichtsmaßnahmen sowie den Namen der Person anzuzeigen, die für den Behälter verantwortlich ist.
38. Entwicklung eines Programms zur Datierung gelagerter Chemikalien sowie zu ihrer Rezertifizierung oder Entsorgung nach einer bestimmten Höchstlagerdauer.

39. Entwicklung eines Systems zur legalen, sicheren und ökologisch akzeptablen Entsorgung chemikalischer Abfallprodukte.
40. Bereitstellung sicherer, in angemessenem Abstand aufgestellter, ventilierter Geräte und Anlagen



Anwendung von Bewertungskriterien zur internen Bewertung

Für die interne Bewertung wurde eine Reihe von Bewertungskriterien festgelegt. Jedes Bewertungskriterium beschreibt anhand von Erwartungshorizonten das auf jeder Leistungsebene erreichte Niveau einer Arbeit, mit einer angemessenen Spanne von Punkten. Diese Erwartungshorizonte konzentrieren sich auf positive Leistung, obwohl ein Leistungsversagen auf den niedrigeren Ebenen in die Beschreibung einbezogen sein kann.

Die Lehrer müssen die intern bewertete Arbeit für die Grundstufe und die Leistungsstufe am jeweiligen Erwartungshorizont für jedes Kriterium messen.

- Die Bewertungskriterien sind für die Grund- und Leistungsstufe identisch.
- Ziel ist es, für jedes Kriterium den Erwartungshorizont zu finden, der bei Anwendung des Best-Fit-Modells am besten die erreichte Leistung des Schülers widerspiegelt. Der Best-Fit-Ansatz bedeutet, dass ein Ausgleich hergestellt werden sollte, wenn eine Arbeit verschiedene Aspekte eines Kriteriums auf unterschiedlichen Ebenen erfüllt. Die zugeteilte Punktzahl sollte diejenige sein, die - objektiv gesehen und gemessen an diesem Kriterium - der ausgewogenen Leistung entspricht. Es ist nicht erforderlich, dass jeder einzelne Aspekt eines Erwartungshorizonts erfüllt wird, um diese Punktzahl zu vergeben.
- Bei der Bewertung einer Schülerarbeit sollten die Lehrer sich die Erwartungshorizonte für jedes Kriterium durchlesen, bis sie den Erwartungshorizont erreichen, der am besten den Leistungsgrad der zu bewertenden Arbeit widerspiegelt. Liegt eine Arbeit zwischen zwei Erwartungshorizonten, sollten beide erneut gelesen und dann derjenige gewählt werden, der der Arbeit des Schülers am besten entspricht.
- Stehen innerhalb einer Leistungsebene zwei oder mehr Punkte zur Verfügung, sollten die Lehrer die höhere Punktzahl vergeben, wenn die Schülerarbeit die beschriebenen Qualitäten in hohem Maße widerspiegelt; die Arbeit könnte dann nahe der Punktzahl auf der nächsthöheren Ebene liegen. Die Lehrer sollten die niedrigeren Punkte vergeben, wenn die Schülerarbeit die beschriebenen Qualitäten in geringerem Maße aufweist; die Arbeit könnte dann nahe der Punktzahl auf der nächstniedrigeren Ebene liegen.
- Bitte nur ganze Punkte vergeben: Teilpunkte, wie z. B. Brüche und Dezimalangaben, sind nicht zulässig.
- Lehrer sollten nicht in Begriffen wie „bestanden“ oder „nicht bestanden“ denken, sondern sich darauf konzentrieren, den geeigneten Erwartungshorizont für jedes Bewertungskriterium zu ermitteln.
- Die höchsten Erwartungshorizonte implizieren keine perfekte Leistung, sondern sollten für einen Schüler auch erreichbar sein. Die Lehrer sollten nicht zögern, die Höchstpunktzahl zu vergeben, wenn diese den zu bewertenden Arbeiten entspricht.

- Ein Schüler, der in Bezug auf ein bestimmtes Kriterium eine hohe Leistungsebene erreicht, erreicht nicht unbedingt ähnlich hohe Leistungsebenen in Bezug auf andere Kriterien. Gleichmaßen erreicht ein Schüler, der in Bezug auf ein bestimmtes Kriterium eine niedrige Leistungsebene erreicht, nicht unbedingt niedrige Leistungsebenen in Bezug auf andere Kriterien. Lehrer sollten nicht annehmen, dass die Gesamtbeurteilung der Schüler eine ganz bestimmte Punktverteilung ergibt.
- Es wird empfohlen, den Schülern die Bewertungskriterien jederzeit zur Verfügung zu stellen.

Praktische Arbeit und interne Bewertung

Allgemeine Einführung

Die internen Bewertungserfordernisse sind für Biologie, Chemie und Physik identisch. Die interne Bewertung, die 20% der endgültigen Bewertung ausmacht, besteht in **einer** wissenschaftlichen Untersuchung. Diese individuelle Untersuchung sollte ein Thema behandeln, das der Leistungsstufe des Studienkurses angemessen ist.

Die Arbeit der Schüler wird intern vom Lehrer bewertet und extern von IB einer Moderation unterzogen. Die Leistung wird in der internen Bewertung auf Grund- und Leistungsstufe an gemeinsamen Bewertungskriterien gemessen, wobei 24 die höchste erreichbare Gesamtpunktzahl ist.

Hinweis: Jede Untersuchung, die zur Bewertung von Schülern benutzt wird, sollte so angelegt sein, dass sie den jeweiligen Bewertungskriterien entspricht.

Die intern zu bewertende Aufgabe besteht in einer wissenschaftlichen Untersuchung, die ca. 10 Stunden in Anspruch nimmt, wobei die Niederschrift ca. 6 bis 12 Seiten umfassen sollte. Untersuchungen, die diese Länge überschreiten, ziehen unter dem Kommunikationskriterium eine Bestrafung nach sich, da es ihnen an Prägnanz fehlt.

Die allgemeinen Kriterien unterliegende praktische Untersuchung ermöglicht eine Vielzahl verschiedener praktischer Aktivitäten, die die variierenden Erfordernisse von Biologie, Chemie und Physik erfüllen. Die Untersuchung greift viele Eigenschaften des Lernerprofils auf. Weitere Anknüpfungspunkte finden Sie in dem Kapitel „Ansätze zum Lehren und Lernen“.

Die erstellte Arbeit sollte komplex und dem Kursniveau angemessen sein. Die Aufgabe sollte eine zweckgerichtete Forschungsfrage sowie eine wissenschaftliche Begründung erfordern. Die benoteten Fallbeispiele im Lehrerbegleitmaterial demonstrieren, dass die Bewertung rigoros und von demselben Standard wie die Bewertung in den vorigen Kursen sein muss.

Mögliche Aufgaben wären u.a.:

- eine praktische Laboruntersuchung
- Verwendung einer Kalkulationstabelle zur Analyse und Modellierung
- Extraktion und grafische Analyse von Daten aus einer Datenbank
- Erstellung einer Arbeit, die einer Kreuzung von Kalkulationstabelle und Datenbank gleichkommt und sich auf eine traditionelle praktische Untersuchung stützt.
- Verwendung einer Simulation unter der Voraussetzung, dass sie einen interaktiven und ergebnisoffenen Ansatz verfolgt.

Einige Aufgaben können sich aus einer Kombination von relevanter und angemessener qualitativer Arbeit und quantitativer Arbeit zusammensetzen.

Die Aufgaben umfassen, wie im früheren Kurs, traditionelle praktische Untersuchungen. Die Gründlichkeit der Durchführung, die bei praktischen Untersuchungen erforderlich ist, bleibt im Vergleich zur früheren internen Bewertung unverändert und wird im Lehrerbegleitmaterial detailliert dargelegt. Darüber hinaus erfolgt eine detaillierte Beurteilung spezifischer Aspekte von praktischer Arbeit in den schriftlichen Prüfungsklausuren gemäß den Ausführungen zu dem/den jeweiligen Thema/Themen in dem Kapitel über den Lehrplaninhalt des Handbuchs.

Die Aufgabe unterliegt für Grund- und Leistungsstufe denselben Kriterien. Bei den vier Bewertungskriterien handelt es sich um Erkundung, Analyse, Beurteilung und Kommunikation, deren Bewertung jeweils auf einer Punktskala von 0-4 Punkten beruht.

Einzelheiten der internen Bewertung

Die Komponente der internen Bewertung

Dauer: 10 Stunden

Gewichtung: 20%

- individuelle Untersuchung
- Diese Untersuchung unterliegt den Lernzielen 1, 2, 3 und 4.

Interne Bewertungskriterien

Das neue Bewertungsmodell stützt sich auf fünf Kriterien zur Bewertung des endgültigen Berichts über die individuelle Untersuchung, für die folgende zu bestätigende Punkte und Gewichtungen vergeben werden:

Persönlicher Einsatz	Erkundung	Analyse	Beurteilung	Kommunikation	Insgesamt
2 (8%)	6 (25%)	6 (25%)	6 (25%)	4 (17%)	24 (100%)

Die Leistungsebenen werden unter Verwendung mehrerer Indikatoren pro Ebene beschrieben. In manchen, aber nicht allen Fällen treten die Indikatoren für eine bestimmte Ebene gemeinsam auf. Andererseits sind nicht immer alle Indikatoren gegeben. Das bedeutet, dass ein Kandidat Leistungen unter Beweis stellen kann, die zu verschiedenen Ebenen passen. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, werden in den IB-Bewertungsmodellen Punktspannen verwendet, und die Prüfer und Lehrer sind gehalten, bei der Entscheidung über die angemessenen Punkte sich für ein bestimmtes Kriterium nach dem **Best-Fit-Prinzip** zu entscheiden.

Bevor sie zur Benotung schreiten, sollten Lehrer die Anhaltspunkte zur Anwendung von Punktspannen durchlesen, die weiter oben in dem Abschnitt „Anwendung von Bewertungskriterien zur internen Bewertung“ enthalten sind. Außerdem ist es unerlässlich, sich mit der Benotung der in den Lehrerhandreichungen enthaltenen Musterbeispiele vertraut zu machen. Die genaue Bedeutung der in den Kriterien verwendeten Operatoren ist dem Glossar der Fachhandbücher zu entnehmen.

Persönlicher Einsatz

Dieses Kriterium dient der Bewertung des Ausmaßes, in dem sich der Schüler der Erkundung widmet und sie sich zu eigen macht. Der persönliche Einsatz lässt sich anhand von unterschiedlichen Eigenschaften und Kompetenzen messen. Dazu gehören u. a. die Verfolgung persönlicher Interessen oder das Erbringen von Nachweisen für unabhängiges Denken, Kreativität oder Initiative im Design, der Implementierung oder Präsentation der Untersuchung.

Punkte	Erwartungshorizont
0	Der Bericht des Schülers erreicht nicht das in den nachstehend beschriebenen Erwartungshorizonten beschriebene Niveau.
1	<p>Die Nachweise für persönlichen Einsatz in Bezug auf die Erkundung sind begrenzt, mit wenigen Anzeichen für unabhängiges Denken, Initiative oder Kreativität.</p> <p>Die für die Wahl der Forschungsfrage bzw. des untersuchten Themas angegebene Begründung demonstriert kein persönliches Interesse bzw. Neugierde oder besondere Signifikanz des Schülers/für den Schüler.</p> <p>Es gibt wenige Nachweise für persönlichen Einsatz und Initiative in Bezug auf Design, Implementierung oder Präsentation der Untersuchung.</p>
2	<p>Die Nachweise für persönlichen Einsatz in Bezug auf die Erkundung sind klar, mit wesentlichen Anzeichen für unabhängiges Denken, Initiative und Kreativität.</p> <p>Die für die Wahl der Forschungsfrage bzw. das untersuchte Thema angegebene Begründung demonstriert persönliches Interesse bzw. Neugierde und besondere Signifikanz für den Schüler.</p> <p>Es gibt Nachweise für persönlichen Einsatz und Initiative in Bezug auf Design, Implementierung oder Präsentation der Untersuchung.</p>

Erkundung

Dieses Kriterium dient der Bewertung des Ausmaßes, in dem der Schüler den wissenschaftlichen Kontext für die Arbeit formuliert, eine klare und fokussierte Forschungsfrage stellt und Konzepte und Methoden angibt, die dem Niveau des Diplomprogramms angemessen sind. Nach Möglichkeit sollte dieses Kriterium auch Achtsamkeit in Bezug auf Sicherheit, Umweltbelange und ethische Fragen bewerten.

Punkte	Erwartungshorizont
0	Der Bericht des Schülers erreicht nicht das in den nachstehend beschriebenen Erwartungshorizonten beschriebene Niveau.
1-2	<p>Das Untersuchungsthema wird genannt und eine Forschungsfrage mäßiger Relevanz ist angegeben, aber nicht fokussiert.</p> <p>Die für die Untersuchung gelieferten Hintergrundinformationen sind oberflächlich oder von begrenzter Relevanz und tragen nicht zum Verständnis des Untersuchungsrahmens bei.</p> <p>Die für die Untersuchung angewandte Methodik ist der Behandlung der Forschungsfrage nur in sehr begrenztem Maße angemessen, da sie nur wenige der maßgeblichen Faktoren in Betracht zieht, welche die Relevanz, Zuverlässigkeit und Angemessenheit der erfassten Daten beeinflussen können.</p> <p>Der Bericht zeigt Nachweise für ein begrenztes Verständnis der wesentlichen Sicherheits-, Umwelt- oder ethischen Belange, die für die Untersuchungsmethodik* relevant sind.</p>

Punkte	Erwartungshorizont
3-4	<p>Das Untersuchungsthema wird genannt und eine relevante, aber nicht ganz fokussierte Forschungsfrage ist beschrieben.</p> <p>Die für die Untersuchung gelieferten Hintergrundinformationen sind im großen Ganzen angemessen und relevant und tragen zum Verständnis des Untersuchungsrahmens bei.</p> <p>Die für die Untersuchung angewandte Methodik ist der Behandlung der Forschungsfrage im großen Ganzen angemessen, weist aber Beschränkungen auf, da sie nur einige der maßgeblichen Faktoren in Betracht zieht, welche die Relevanz, Zuverlässigkeit und Angemessenheit der erfassten Daten beeinflussen können.</p> <p>Der Bericht enthält Nachweise für ein mäßiges Verständnis für die wesentlichen Sicherheits-, Umwelt- oder ethischen Belange, die für die Untersuchungsmethodik* relevant sind.</p>
5-6	<p>Das Untersuchungsthema wird genannt und eine relevante und voll und ganz fokussierte Forschungsfrage ist klar beschrieben.</p> <p>Die für die Untersuchung gelieferten Hintergrundinformationen sind ganz und gar angemessen und relevant und sind dem Verständnis des Untersuchungsrahmens zuträglich.</p> <p>Die für die Untersuchung angewandte Methodik ist der Behandlung der Forschungsfrage äußerst angemessen, da sie alle oder fast alle maßgeblichen Faktoren in Betracht zieht, welche die Relevanz, Zuverlässigkeit und Angemessenheit der erfassten Daten beeinflussen können.</p> <p>Der Bericht zeigt Nachweise für ein volles Verständnis für die wesentlichen Sicherheits-, Umwelt- oder ethischen Belange, die für die Untersuchungsmethodik* relevant sind.</p>

* Dieser Indikator ist nur dann anzuwenden, wenn das für die Untersuchung angemessen erscheint. Siehe Musterbeispiele in den Lehrerhandreichungen.

Analyse

Dieses Kriterium dient der Bewertung des Ausmaßes, in dem der Bericht des Schülers nachweist, dass der Schüler die Daten auf eine Art und Weise ausgewählt, aufgezeichnet, verarbeitet und **interpretiert** hat, die für die Forschungsfrage relevant ist und die Schlussfolgerung unterstützen kann.

Punkte	Erwartungshorizont
0	Der Bericht des Schülers erreicht nicht das in den nachstehend beschriebenen Erwartungshorizonten beschriebene Niveau.
1-2	<p>Der Bericht liefert nicht genug relevante Rohdaten zur Unterstützung einer gültigen Schlussfolgerung im Hinblick auf die Forschungsfrage.</p> <p>Ein gewisses Maß an grundlegender Datenverarbeitung ist durchgeführt worden, ist aber entweder zu ungenau oder zu unzureichend, um zu einer gültigen Schlussfolgerung zu führen.</p> <p>Der Bericht enthält Nachweise für eine geringfügige Berücksichtigung der Messunsicherheit in der Analyse.</p> <p>Die verarbeiteten Daten sind entweder falsch oder nicht ausreichend interpretiert, so dass die Schlussfolgerung entweder ungültig oder sehr unvollständig ist.</p>

Punkte	Erwartungshorizont
3-4	<p>Der Bericht enthält relevante, aber unvollständige quantitative und qualitative Rohdaten, die eine einfache oder teilweise gültige Schlussfolgerung im Hinblick auf die Forschungsfrage unterstützen könnte.</p> <p>Angemessene und ausreichende Datenverarbeitung ist durchgeführt worden, die zu einer weitgehend gültigen Schlussfolgerung führen könnte, wobei die Verarbeitung allerdings beträchtliche Ungenauigkeiten aufweist.</p> <p>Der Bericht enthält Nachweise für eine mäßige Berücksichtigung der Messunsicherheit in der Analyse.</p> <p>Die verarbeitenden Daten sind so interpretiert, dass sie weitgehend gültig sind, aber nur eine unvollständige oder begrenzte Schlussfolgerung im Hinblick auf die Forschungsfrage zulassen.</p>
5-6	<p>Der Bericht enthält ausreichende und relevante quantitative und qualitative Rohdaten, die eine detaillierte und gültige Schlussfolgerung im Hinblick auf die Forschungsfrage unterstützen könnte.</p> <p>Angemessene und ausreichende Datenverarbeitung ist mit der Genauigkeit durchgeführt worden, die die Ableitung einer Schlussfolgerung im Hinblick auf die Forschungsfrage zulässt, die mit den experimentellen Daten in vollem Ausmaß übereinstimmt.</p> <p>Der Bericht enthält Nachweise für eine komplette und angemessene Berücksichtigung der Messunsicherheit in der Analyse.</p> <p>Die verarbeiteten Daten sind richtig interpretiert, so dass sich eine vollgültige detaillierte Schlussfolgerung zur Forschungsfrage ableiten lässt.</p>

Beurteilung

Dieses Kriterium dient der Bewertung des Ausmaßes, in dem der Bericht des Schülers Nachweise für die Beurteilung der Untersuchung und der Ergebnisse im Hinblick auf die Forschungsfrage und den akzeptierten wissenschaftlichen Kontext liefert.

Punkte	Erwartungshorizont
0	<p>Der Bericht des Schülers erreicht nicht das in den nachstehend dargelegten Erwartungshorizonten beschriebene Niveau.</p>
1-2	<p>Es ist eine Schlussfolgerung umrissen, welche entweder für die Forschungsfrage nicht relevant ist oder von den präsentierten Daten nicht unterstützt wird.</p> <p>Die Schlussfolgerung zieht einen oberflächlichen Vergleich mit dem akzeptierten wissenschaftlichen Kontext.</p> <p>Die Stärken und Schwächen der Untersuchung, wie z. B. die Einschränkungen der Daten und Fehlerquellen, sind zwar umrissen, aber auf eine Schilderung der konfrontierten praktischen oder verfahrenstechnischen Probleme beschränkt.</p> <p>Der Schüler hat sehr wenige realistische und relevante Vorschläge hinsichtlich der Verbesserung und Erweiterung der Untersuchung skizziert.</p>

Punkte	Erwartungshorizont
3-4	<p>Es ist eine Schlussfolgerung beschrieben, welche für die Forschungsfrage relevant ist und von den präsentierten Daten unterstützt wird.</p> <p>Es ist eine Schlussfolgerung beschrieben, die in gewissem Maße einen relevanten Vergleich mit dem akzeptierten wissenschaftlichen Rahmen zieht.</p> <p>Die Stärken und Schwächen der Untersuchung, wie z. B. die Einschränkungen bezüglich der Daten und Fehlerquellen, sind beschrieben und bieten Nachweise für ein gewisses Maß an Verständnis der methodischen Probleme*, welche bei der Formulierung der Schlussfolgerung zu bedenken sind.</p> <p>Der Schüler hat einige realistische und relevante Vorschläge hinsichtlich der Verbesserung und Erweiterung der Untersuchung beschrieben.</p>
5-6	<p>Es ist eine Schlussfolgerung beschrieben und begründet, welche für die Forschungsfrage relevant ist und von den präsentierten Daten unterstützt wird.</p> <p>Es ist eine Schlussfolgerung durch einen relevanten Vergleich mit dem akzeptierten wissenschaftlichen Kontext richtig beschrieben und begründet.</p> <p>Die Stärken und Schwächen der Untersuchung, wie z. B. die Einschränkungen bezüglich der Daten und Fehlerquellen sind erörtert und bieten Nachweise für ein klares Verständnis der methodischen Probleme*, welche bei der Formulierung der Schlussfolgerung zu bedenken sind.</p> <p>Der Schüler hat realistische und relevante Vorschläge hinsichtlich der Verbesserung und Erweiterung der Untersuchung erörtert.</p>

*Siehe Musterbeispiele in den Lehrerhandreichungen.

Kommunikation

Dieses Kriterium dient der Beurteilung, ob die Untersuchung auf eine Art und Weise und in einer Berichtsform präsentiert wird, die eine wirksame Kommunikation von Fokus, Verfahrensweise und Resultaten unterstützt.

Punkte	Erwartungshorizont
0	Der Bericht des Schülers erreicht nicht das in den nachstehend beschriebenen Erwartungshorizonten beschriebene Niveau.
1-2	<p>Die Präsentation der Untersuchung ist unklar, was das Verständnis von Fokus, Verfahrensweise und Resultaten erschwert.</p> <p>Der Bericht ist nicht gut strukturiert und unklar, die erforderlichen Informationen hinsichtlich Fokus, Verfahrensweise und Resultate fehlen entweder oder sind in inkohärenter oder schlecht organisierter Form präsentiert.</p> <p>Das Verständnis von Fokus, Verfahrensweise und Resultaten der Untersuchung ist durch das Vorhandensein unangemessener oder irrelevanter Informationen verdeckt.</p> <p>Es liegen zahlreiche Fehler in der Anwendung der fachspezifischen Terminologie bzw. Konventionen* vor.</p>

Punkte	Erwartungshorizont
3-4	<p>Die Präsentation der Untersuchung ist klar. Etwaige Fehler stehen dem Verständnis von Fokus, Verfahrensweise und Resultaten nicht im Wege.</p> <p>Der Bericht ist gut strukturiert und klar: die erforderlichen Informationen hinsichtlich Fokus, Verfahrensweise und Resultate sind vorhanden und in kohärenter Form präsentiert.</p> <p>Der Bericht ist relevant und prägnant, was ein problemloses Verständnis von Fokus, Verfahrensweise und Resultaten der Untersuchung erleichtert.</p> <p>Die Anwendung von fachspezifischer Terminologie bzw. Konventionen ist angemessen und richtig. Etwaige Fehler stehen dem Verständnis nicht im Wege.</p>

*wie z. B. falsche/fehlende Beschriftung von Grafiken, Tabellen, Illustrationen, Umgang mit Maßeinheiten, Dezimalstellen. Einzelheiten zu Fragen hinsichtlich der Quellennachweise und Zitierung finden Sie im Kapitel „Akademische Redlichkeit“.

Begründung für die praktische Arbeit

Obwohl die Erfordernisse für die interne Bewertung hauptsächlich auf die Untersuchung ausgerichtet sind, dienen die verschiedenen Arten praktischer Aktivitäten, die ein Schüler möglicherweise durchführt, mehreren anderen Zwecken, u.a.:

- theoretische Konzepte veranschaulichen, vermitteln und untermauern;
- eine Wertschätzung der wesentlichen praktischen Seite eines großen Teils naturwissenschaftlicher Arbeit entwickeln;
- eine Wertschätzung der Verwendung sekundärer Daten aus Datenbanken durch Wissenschaftler entwickeln,
- eine Wertschätzung der Anwendung von Modellen durch Wissenschaftler entwickeln,
- eine Wertschätzung der Vorteile und Einschränkungen naturwissenschaftlicher Methodik entwickeln.

Praktisches Arbeitsprogramm

Das praktische Arbeitsprogramm (PSOW) ist die vom Lehrer geplante praktische Arbeit, die als Zusammenfassung der gesamten von einem Schüler durchgeführten Forschungsarbeit dient. GS- und LS-Schüler, die dasselbe Fach belegt haben, führen evtl. teilweise die gleichen Untersuchungen durch.

Erfüllung des Lehrplans

Das Spektrum der durchgeführten praktischen Arbeit sollte die Bandbreite und Tiefe des Lehrplans für das betreffende Fach auf allen Ebenen widerspiegeln, wobei es jedoch nicht erforderlich ist, für jedes Thema des Lehrplans eine Untersuchung durchzuführen. Alle Schüler müssen jedoch an dem Projekt der Gruppe 4 und der Untersuchung im Rahmen der internen Bewertung teilnehmen

Planung Ihres praktischen Arbeitsprogramms

Es steht den Lehrern frei, ihre eigenen praktischen Arbeitsprogramme zu formulieren, indem sie die durchzuführenden praktischen Arbeiten je nach den festgesetzten Erfordernissen auswählen. Ihre Auswahl sollte sich nach folgenden Aspekten richten:

- Unterrichtsfach, Stufe und Wahlpflichtbereich,
- den Erfordernissen ihrer Schüler,
- verfügbaren Ressourcen,
- dem Unterrichtsstil.

Jedes Programm muss einige komplexe Experimente aufweisen, die die Schüler konzeptionell fordert. Ein Programm, das sich ganz und gar aus einfachen Experimenten zusammensetzt, wie z. B. Abhaken von Kästchen oder Übungen, in denen Tabellen ausgefüllt werden, vermittelt den Schülern kein angemessenes Erfahrungsspektrum.

Es wird angeregt, dass die Lehrer ihre Ideen hinsichtlich möglicher praktischer Arbeiten anderen über das Lehrplanzentrum im OCC zugänglich machen, indem sie an Diskussionsforen teilnehmen und die von ihnen benutzten Quellen den Startseiten für das betreffende Fach hinzufügen.

Flexibilität

Das praktische Programm ist ausreichend flexibel, um die Durchführung einer großen Anzahl praktischer Arbeiten zuzulassen. Wie zum Beispiel:

- kurze Laborversuche oder Projekte, die sich über mehrere Wochen erstrecken;
- Computersimulationen;
- Verwendung von Datenbanken für Sekundärdaten;
- Entwicklung und Anwendung von Modellen;
- Datenerfassungsübungen, wie z. B. Fragebögen, Benutzertests und Erhebungen;
- Übungen zur Datenanalyse;
- Feldarbeit.

Dokumentation der praktischen Arbeit

Die Einzelheiten des praktischen Arbeitsprogramms sind in das im *Handbuch für Verwaltungsabläufe*, Kapitel 4, enthaltene Formular 4/PSOW einzutragen. Eine Kopie des Formulars 4/PSOW für die Klasse muss in Verbindung mit jeder für die Moderation eingereichten Auswahlarbeit eingeschickt werden. Bei einer reinen GS- oder einer reinen LS-Klasse ist nur ein 4/PSOW-Formular erforderlich, bei einer gemischten GS/LS-Klasse müssen jedoch separate 4/PSOW-Formulare für die GS bzw. die LS eingereicht werden.

Zeitzuordnung für die praktische Arbeit

Die empfohlenen Unterrichtsstunden für alle Kurse im Diplomprogramm betragen 150 Stunden für die Grundstufe und 240 Stunden für die Leistungsstufe. GS-Schüler müssen 40 Stunden, LS-Schüler 60 Stunden mit praktischer Arbeit verbringen. Hierin ist die zur schriftlichen Aufzeichnung der Arbeit benötigte Zeit nicht eingeschlossen. Eingeschlossen sind aber 10 Stunden für das Projekt der Gruppe 4 und 10 Stunden für die Untersuchung im Rahmen der internen Bewertung. (Sobald der Termin zur Abgabe der Arbeit beim

Moderator verstrichen ist, können nur noch 2–3 Std. Untersuchungsarbeit durchgeführt werden, die zur Gesamtstundenzahl der für die Durchführung des praktischen Arbeitsprogramms verbrachten Stunden gerechnet werden können.)

Das Projekt der Gruppe 4

Das Projekt der Gruppe 4 ist eine interdisziplinäre Aktivität, an der alle Schüler des naturwissenschaftlichen Teils des Diplomprogramms teilnehmen müssen. Es ist beabsichtigt, dass Schüler der verschiedenen Fächer der Gruppe 4 ein gemeinsames Thema oder Problem analysieren. Die Übung sollte als Arbeit im Team angelegt sein, mit Schwerpunkt auf den **Prozessen**, die naturwissenschaftliche Untersuchungen mit sich bringen, anstelle von **Ergebnissen** einer derartigen Aktivität.

In den meisten Fällen nehmen alle Schüler einer Schule an der Untersuchung eines bestimmten Themas teil. Wenn es eine große Anzahl von Schülern gibt, ist es möglich, sie in mehrere kleinere Gruppen aufzuteilen, in denen Vertreter aus allen naturwissenschaftlichen Fächern zu finden sind. Jede Gruppe kann das gleiche Thema oder unterschiedliche Themen untersuchen, d.h. es kann in einer Schule mehrere Projekte der Gruppe 4 geben.

Schüler, die Umweltsysteme und Gesellschaften studieren, brauchen das Projekt der Gruppe 4 nicht durchzuführen.

Zusammenfassung des Projekts der Gruppe 4

Das Projekt der Gruppe 4 ist eine gemeinschaftliche Aktivität, bei der Schüler aus verschiedenen Fächern der Gruppe 4 an einem naturwissenschaftlichen oder technologischen Thema zusammenarbeiten, wobei Konzepte und Erkenntnisse aus allen Disziplinen der Gruppe im Einklang mit Zielsetzung 10 ausgetauscht werden, „um ein Verständnis für die Beziehungen zwischen naturwissenschaftlichen Disziplinen und deren Einfluss auf andere Wissensbereiche zu entwickeln“. Das Projekt kann entweder praktisch oder theoretisch ausgerichtet sein. Die Zusammenarbeit zwischen Schulen in verschiedenen Regionen wird befürwortet.

Das Projekt der Gruppe 4 gibt Schülern die Möglichkeit, sich mit den umwelttechnischen, sozialen und ethischen Implikationen von Naturwissenschaften und Technologie vertraut zu machen. Dadurch lernen sie auch die Grenzen naturwissenschaftlicher Studien kennen, z. B. den Mangel an angemessenen Daten und/oder den Mangel an Ressourcen. Der Schwerpunkt liegt auf interdisziplinärer Zusammenarbeit und eher auf den mit einer naturwissenschaftlichen Untersuchung verbundenen Prozessen als auf den Ergebnissen einer derartigen Untersuchung.

Die Auswahl an naturwissenschaftlichen oder technologischen Themen steht frei; das Projekt sollte jedoch eindeutig auf die Zielsetzungen 7, 8 und 10 der Handbücher für die Fächer der Gruppe 4 eingehen.

Im Idealfall sollten im Projekt Schüler beteiligt sein, die gemeinsam mit Schülern von anderen Fächern der Gruppe 4 in allen Phasen zusammenarbeiten. Zu diesem Zweck braucht das ausgewählte Thema keine klar identifizierbaren separaten Fachkomponenten aufzuweisen. Aus logistischen Gründen bevorzugen jedoch manche Schulen evtl. eine separate „Aktivitätsphase“ pro Fach (s. nachfolgendes Kapitel „Projektphasen“).

Projektphasen

Die 10 Stunden, die dem Projekt der Gruppe 4 zugeordnet und integraler Bestandteil der zur internen Bewertung vorgesehenen Unterrichtszeit sind, lassen sich in drei Phasen unterteilen: Planung, Aktivität und Auswertung.

Planung

Diese Phase ist für die gesamte Übung von kritischer Bedeutung und sollte etwa zwei Stunden in Anspruch nehmen.

- Die Planungsphase kann entweder aus einer einzigen Sitzung oder zwei bzw. drei kürzeren Sitzungen bestehen.
- An dieser Phase müssen alle Schüler der Gruppe 4 beteiligt sein, um in einer Brainstorming-Besprechung das zentrale Thema zu erörtern und dabei Ideen und Informationen auszutauschen.
- Das Thema kann entweder von den Schülern selbst oder von den Lehrern ausgewählt werden.
- Wenn es sich um eine größere Anzahl von Schülern handelt, ist es unter Umständen ratsam, mehr als eine interdisziplinäre Gruppe einzurichten.

Nach Auswahl eines Themas oder Problems sind die auszuführenden Aktivitäten klar zu definieren, bevor der Übergang von der Planungsphase zur Aktivitäts- und Auswertungsphase erfolgt.

Eine mögliche Strategie besteht darin, dass die Schüler sich selbst spezifische Aufgaben stellen - entweder individuell oder als Mitglieder von Gruppen - und verschiedene Aspekte des ausgewählten Themas untersuchen. In dieser Phase sollten Geräte/Anlagen festgelegt werden, wenn das Projekt experimentell durchgeführt werden soll, damit in der Aktivitätsphase keine Verzögerung eintritt. Wenn ein Joint Venture vereinbart worden ist, empfiehlt es sich, zu diesem Zeitpunkt den Kontakt mit anderen Schulen aufzunehmen.

Aktivität

Diese Phase sollte insgesamt sechs Stunden in Anspruch nehmen und kann im Rahmen der normalen Unterrichtsstunden über eine bis zwei Wochen verteilt werden. Als Alternativlösung könnte ein ganzer Tag eingeräumt werden, wenn das Projekt beispielsweise Feldarbeit beinhaltet.

- Die Schüler sollten das Thema entweder in interdisziplinären Gruppen oder Gruppen innerhalb eines einzigen Fachs untersuchen.
- In der Aktivitätsphase sollte Zusammenarbeit stattfinden; die Ergebnisse von Untersuchungen sollten mit anderen Schülern ausgetauscht werden, die innerhalb der interdisziplinären Gruppe oder der Gruppe innerhalb eines einzigen Fachs arbeiten. Während dieser Phase ist es wichtig, dass bei einer praktisch ausgerichteten Aktivität auf ethische, umwelttechnische und Sicherheitsbelange geachtet wird.

Hinweis: Schüler, die zwei Fächer der Gruppe 4 belegt haben, brauchen nicht an zwei separaten Aktivitätsphasen teilzunehmen.

Auswertung

Bei dieser Phase, für die wahrscheinlich zwei Stunden erforderlich sind, ist es unbedingt erforderlich, dass die Schüler ihre Erkenntnisse – sowohl Erfolge als auch Fehlschläge – mit anderen Schülern austauschen. Auf welche Weise das zu erzielen ist, kann entweder von den Lehrern, den Schülern oder gemeinsam beschlossen werden.

- Eine Lösung besteht darin, an einem Morgen, Nachmittag oder Abend ein Symposium zu veranstalten, auf dem alle Schüler entweder individuell oder als Gruppen kurze Präsentationen vorstellen.
- Eine andere Möglichkeit wäre, die Präsentation weniger förmlich zu gestalten und in Form einer naturwissenschaftlichen Ausstellung oder Messe abzuhalten, auf der die Schüler sich die ausgestellten Ergebnisse verschiedener Gruppen ansehen.

Das Symposium bzw. die naturwissenschaftliche Ausstellung oder Messe könnte von Eltern, Mitgliedern des Schulvorstands und der Presse besucht werden. Das wäre besonders dann von Nutzen, wenn ein Thema untersucht worden ist, das lokale Bedeutung besitzt. Einige der Ergebnisse könnten die Wechselbeziehung beeinflussen, in der die Schule mit ihrer Umwelt bzw. der örtlichen Gemeinschaft steht.

Ansatz zur Erfüllung der Zielsetzungen 7 und 8

Zielsetzung 7: „die informations- und kommunikationstechnischen Kenntnisse des 21. Jahrhunderts beim naturwissenschaftlichen Arbeiten entwickeln und anwenden.“

Die Zielsetzung 7 kann teilweise in der Planungsphase mittels elektronischer Kommunikation innerhalb der Schule und von einer Schule zur anderen angegangen werden. Es kann vorkommen, dass IKT (beispielsweise Datenprotokollierung, Tabellenkalkulation, Datenbanken usw.) in der Aktivitätsphase und bestimmt in der Präsentations-/Auswertungsphase angewendet wird (beispielsweise durch Nutzung von Digitalfotos, Präsentationssoftware, Webseiten, Digitalvideo usw.).

Zielsetzung 8: „als Weltbürger ein kritisches Bewusstsein hinsichtlich der ethischen Implikationen der Anwendung von Wissenschaft und Technologie entwickeln.“

Aufgreifen der internationalen Dimension

Es bieten sich auch bei der Auswahl von Themen Chancen, den internationalen Charakter der naturwissenschaftlichen Arbeit und die zunehmende Zusammenarbeit zu veranschaulichen, die erforderlich ist, um globale Probleme mit Hilfe von Wissenschaft und Technologie anzugehen. Eine alternative Möglichkeit, dem Projekt eine internationale Dimension zu verleihen, besteht darin, mit einer Schule in einer anderen Region zusammenzuarbeiten.

Projektarten

Beim Aufgreifen der Zielsetzungen 7, 8 und 10 muss sich das Projekt auf Naturwissenschaften oder ihre Anwendungsformen stützen. Das Projekt kann entweder eine praktische Aktivitätsphase enthalten oder rein theoretische Aspekte behandeln. Es kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden:

- eine Laboruntersuchung oder Feldarbeit konzipieren und durchführen;
- eine (experimentelle oder sonstige) Vergleichsstudie in Zusammenarbeit mit einer anderen Schule durchführen.
- Daten aus anderen Quellen, wie z. B. wissenschaftlichen Fachzeitschriften, Umweltorganisationen, wissenschaftlichen und technologischen Betrieben sowie Regierungsberichten erfassen, bearbeiten und analysieren;
- ein Modell oder eine Simulation konzipieren und anwenden;
- zu einem langfristigen, von der Schule organisierten Projekt beitragen.

Logistische Strategien

Die logistische Organisation des Projekts der Gruppe 4 ist für Schulen oft eine Herausforderung. Die folgenden Modelle veranschaulichen Möglichkeiten, wie das Projekt implementiert werden kann.

Die Modelle A, B und C gelten für eine einzelne Schule, während Modell D sich auf ein Projekt bezieht, das auf Zusammenarbeit zwischen Schulen ausgerichtet ist.

Modell A: interdisziplinäre Gruppen mit einem Thema

Schulen können interdisziplinäre Gruppen einrichten und ein gemeinsames Thema auswählen. Die Anzahl der Gruppen richtet sich nach der Anzahl der Schüler.

Modell B: interdisziplinäre Gruppen mit mehr als einem Thema

Schulen mit großen Schülerzahlen wollen evtl. mehr als ein Thema bearbeiten.

Modell C: Gruppen innerhalb eines einzigen Fachs

Aus logistischen Gründen entscheiden sich manche Schulen in der Aktivitätsphase vielleicht für Gruppen innerhalb eines einzigen Fachs mit einem oder mehreren Themen. Dieses Modell ist weniger wünschenswert, da so nicht die interdisziplinäre Zusammenarbeit demonstriert werden kann, an der manchmal zahlreiche Wissenschaftler beteiligt sind.

Modell D: Zusammenarbeit mit einer anderen Schule

Das Kollaborationsmodell steht allen Schulen offen. Zu diesem Zweck stellt IB eine Seite für die elektronische Zusammenarbeit im OCC zur Verfügung, auf der die Schulen ihre Projektideen bekanntmachen und die Zusammenarbeit mit anderen Schulen anregen können. Dabei kann es sich um eine breite Palette von Varianten handeln, vom reinen Austausch von Auswertungen eines gemeinsamen Themas bis zu einer voll entwickelten Zusammenarbeit in allen Phasen.

Bei Schulen mit wenigen Diplomschülern bzw. bei Schulen mit Schülern, die am Diplomprogrammkurs teilnehmen ist es möglich, mit Schülern, die nicht im Diplomprogramm sind bzw. nicht zur Gruppe 4 gehören, zusammenzuarbeiten oder das Projekt nur einmal alle zwei Jahre durchzuführen. Diese Schulen werden jedoch ermutigt, mit einer anderen Schule zusammenzuarbeiten. Diese Strategie empfiehlt sich auch für Einzelschüler, die vielleicht nicht an dem Projekt teilgenommen haben, beispielsweise aus Krankheitsgründen oder weil sie an eine Schule gewechselt sind, wo das Projekt bereits gelaufen ist.

Zeitplan

Die von IB für das Projekt empfohlenen 10 Stunden können auf mehrere Wochen verteilt werden. Die Verteilung dieser Stunden ist bei der Auswahl des optimalen Zeitpunkts zur Durchführung des Projekts zu berücksichtigen. Eine Gruppe kann jedoch einen Zeitraum ausschließlich der Projektarbeit widmen, solange alle bzw. ein Großteil der anderen, mit der Schule verbundenen Arbeit unterbrochen wird.

Jahr 1

Im ersten Jahr sind die Erfahrung und die Kompetenzen der Schüler evtl. begrenzt, und es wäre daher nicht ratsam, zu früh im IB-Programm mit dem Projekt zu beginnen. Wenn das Projekt jedoch während des letzten Teils des ersten Jahres durchgeführt wird, hat das evtl. den Vorteil, den Druck auf die Schüler zu einem späteren Zeitpunkt zu reduzieren. Bei dieser Strategie bleibt Zeit zur Lösung unerwarteter Probleme.

Jahr 1 – Jahr 2

Am Ende des ersten Jahres könnte die Planungsphase beginnen, das Thema ausgesucht werden und es könnten vorläufige Diskussionen in den einzelnen Fächern stattfinden. Die Schüler könnten dann in den Ferien darüber nachdenken, wie sie das Projekt angehen wollen und wären Anfang des zweiten Jahres bereit, mit der Arbeit zu beginnen.

Jahr 2

Wenn der Projektbeginn auf einen Zeitpunkt im Verlauf des zweiten Jahres verschoben wird, steigt der Druck auf die Schüler in vielfacher Hinsicht, insbesondere, wenn der Zeitpunkt zu spät angesetzt wird. Der Plan für die Beendigung der Arbeit ist viel straffer als bei den anderen Optionen; die Krankheit eines Schülers bzw. unerwartete Probleme können zusätzliche Schwierigkeiten verursachen. Immerhin bedeutet die Wahl dieses Zeitpunkts, dass die Schüler sich gegenseitig und auch den Lehrer mittlerweile gut kennen, sich wahrscheinlich an Teamarbeit gewöhnt haben und über mehr Erfahrung in den relevanten Bereichen verfügen als im ersten Jahr.

GS und LS kombiniert

Wenn das Projekt umständehalber nur alle zwei Jahre durchgeführt werden kann, können LS-Anfänger und erfahrenere GS-Schüler zusammengeführt werden.

Auswahl eines Themas

Die Schüler können das Thema oder mögliche Themen auswählen; die Lehrer können dann entscheiden, welches Thema aufgrund der Ressourcen, Personalverfügbarkeit usw. besonders gut durchführbar ist. Alternativ wählt der Lehrer das Thema aus oder schlägt mehrere Themen vor, unter denen die Schüler dann ihre Auswahl treffen.

Auswahl durch die Schüler

Die Schüler zeigen mehr Enthusiasmus und engagieren sich mehr für ein Thema, das sie selbst ausgewählt haben. Eine mögliche Strategie für die Themenauswahl durch die Schüler, die sich auch auf einen Teil der Planungsphase erstreckt, ist hier dargelegt. An diesem Punkt kann ein Fachlehrer Ratschläge hinsichtlich der Eignung vorgeschlagener Themen erteilen.

- Identifizieren Sie mögliche Themen, indem Sie einen Fragebogen oder eine Schülerumfrage verwenden.
- Halten Sie eine einführende Brainstorming-Sitzung über mögliche Themen oder Probleme ab.
- Diskutieren Sie kurz über zwei oder drei Themen, die interessant erscheinen.
- Wählen Sie ein Thema aus, das von allen Teilnehmern akzeptiert wird.
- Die Schüler erstellen eine Liste potenzieller Untersuchungen, die durchgeführt werden könnten. Alle Schüler besprechen dann einzelne Punkte, wie z. B. mögliches Überlappen und Untersuchungen, die für eine Zusammenarbeit geeignet sind.

Ein reflektiver Kommentar muss von jedem Schüler über seine Teilnahme am Projekt der Gruppe 4 schriftlich auf dem Antwortblatt für jede Untersuchung im Rahmen der internen Bewertung abgegeben werden. Im *Handbuch für Verwaltungsabläufe* finden Sie weitere Einzelheiten.

Glossar der Operatoren

Operatoren mit Definitionen

Die Schüler sollten mit den folgenden Schlüsselbegriffen und -formulierungen, die in Prüfungsfragen vorkommen, vertraut sein. Obwohl diese Begriffe häufig in Prüfungsfragen vorkommen, können auch andere Termini verwendet werden, um Schüler anzuleiten, ein Argument in einer bestimmten Weise zu präsentieren.

Diese Operatoren zeigen an, wie gründlich eine Aufgabe behandelt werden soll.

Lernziel 1

definieren	Angabe der genauen Bedeutung eines Wortes bzw. einer Formulierung oder physikalischen Menge.
zeichnen	Darstellung mittels Bleistift eines beschrifteten, genauen Diagramms bzw. Grafik. Ein (geradkantiges) Lineal ist zur Erzielung gerader Linien zu verwenden. Diagramme sind maßstabsgetreu zu zeichnen. Grafiken sollten Punkte aufweisen, die richtig und (ggf.) durch eine gerade Linie bzw. glatt verlaufende Kurven miteinander verbunden sind.
beschriften	ein Diagramm beschriften
auflisten	Auflistung von kurzen Antworten ohne nähere Erläuterung
messen	einen Wert für eine Menge ermitteln
angeben	Erwähnung eines spezifischen Namens, Werts oder einer anderen Kurzantwort ohne nähere Erläuterung oder Kalkulation

Lernziel 2

kommentieren	Hinzufügen kurzer Anmerkungen zu einem Diagramm oder einer Grafik
berechnen	eine numerische Antwort unter Darlegung der jeweiligen Gedankengänge finden (wenn nicht anders angewiesen).
beschreiben	eine detaillierte Darlegung geben
unterscheiden	die Unterschiede zwischen zwei oder mehr Konzepten oder Objekten deutlich machen
schätzen	einen ungefähren Wert ermitteln
identifizieren	eine Antwort aus einer Reihe von Möglichkeiten auswählen
umreißen	eine kurze Beschreibung oder Zusammenfassung geben

Lernziel 3

analysieren	Aufschlüsseln, um die wesentlichen Elemente bzw. die Struktur herauszustellen
Stellung nehmen	ein Urteil auf der Basis einer gegebenen Aussage oder eines Kalkulationsresultats geben
vergleichen	Darlegung von Ähnlichkeiten zwischen zwei (oder mehr) Objekten oder Situationen, wobei durchweg auf beide (alle) Bezug zu nehmen ist.
vergleichen und kontrastieren	Darlegung von Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen zwei (oder mehr) Objekten oder Situationen, wobei durchweg auf beide (alle) Bezug zu nehmen ist.
erstellen	Informationen in Diagrammform oder logischer Form darstellen
ableiten	anhand der gegebenen Informationen eine Schlussfolgerung ziehen
entwerfen	einen Plan, eine Simulation oder ein Modell erstellen
bestimmen	die einzig mögliche Antwort ermitteln
erörtern	einen wohlüberlegten und ausgewogenen Überblick geben, der eine Reihe von Argumenten, Faktoren oder Hypothesen umfasst. Meinungen oder Schlussfolgerungen sind klar und mit unterstützenden Beweisen zu präsentieren
beurteilen	eine Beurteilung unter Abwägung der Stärken und Einschränkungen abgeben
erklären	im Einzelnen darlegen, unter Anführung von Gründen oder Ursachen
prognostizieren	das zu erwartende Resultat angeben
skizzieren	Darstellung mittels Diagramm oder Grafik (ggf. beschriftet). Die Skizze sollte eine allgemeine Vorstellung der erforderlichen Form bzw. des Verhältnisses vermitteln und sollte relevante Merkmale aufzeigen.
vorschlagen	eine Lösung, Hypothese oder andere mögliche Antwort vorschlagen

Bibliografie

Diese Bibliografie listet die wichtigsten Werke auf, die zur Revision des Lehrplans herangezogen wurden. Die Liste ist nicht als erschöpfend zu betrachten und umfasst nicht die gesamte verfügbare Literatur; es wurde eine abgewogene Entscheidung getroffen, um die Lehrer besser zu beraten und anzuleiten. Bei dieser Bibliografie handelt es sich nicht um eine Liste empfohlener Textbücher.

Rhoton, J. 2010. *Science Education Leadership: Best Practices for the New Century*. Arlington, Virginia, USA. National Science Teachers Association Press.

Masood, E. 2009. *Science & Islam: A History*. London, UK. Icon Books.

Roberts, B. 2009. *Educating for Global Citizenship: A Practical Guide for Schools*. Cardiff, UK. International Baccalaureate Organization.

Martin, J. 2006. *The Meaning of the 21st Century: A vital blueprint for ensuring our future*. London, UK. Eden Project Books.

Gerzon, M. 2010. *Global Citizens: How our vision of the world is outdated, and what we can do about it*. London, UK. Rider Books.

Haydon, G. 2006. *Education, Philosophy & the Ethical Environment*. Oxon/New York, USA. Routledge.

Anderson, LW et al. 2001. *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*. New York, USA. Addison Wesley Longman, Inc.

Hattie, J. 2009. *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Oxon/New York, USA. Routledge.

Petty, G. 2009. *Evidence-based Teaching: A practical approach* (2nd edition). Cheltenham, UK. Nelson Thornes Ltd.

Andain, I and Murphy, G. 2008. *Creating Lifelong Learners: Challenges for Education in the 21st Century*. Cardiff, UK. International Baccalaureate Organization.

Jewkes, J, Sawers, D and Stillerman, R. 1969. *The Sources of Invention* (2nd edition). New York, USA. W.W. Norton & Co.

Lawson, B. 2005. *How Designers Think: The design process demystified* (4th edition). Oxford, UK. Architectural Press.

Douglas, H. 2009. *Science, Policy, and the Value-Free Ideal*. Pittsburgh, Pennsylvania, USA. University of Pittsburgh Press.

Aikenhead, G and Michell, H. 2011. *Bridging Cultures: Indigenous and Scientific Ways of Knowing Nature*. Toronto, Canada. Pearson Canada.

Winston, M and Edelbach, R. 2012. *Society, Ethics, and Technology* (4th edition). Boston, Massachusetts, USA. Wadsworth CENGAGE Learning.

Brian Arthur, W. 2009. *The Nature of Technology*. London, UK. Penguin Books.

Headrick, D. 2009. *Technology: A World History*. Oxford, UK. Oxford University Press.

- Popper, K. R. 1980. *The Logic of Scientific Discovery* (4th revised edition). London, UK. Hutchinson.
- Trefil, J. 2008. *Why Science?*. New York/Arlington, USA. NSTA Press & Teachers College Press.
- Kuhn, T. S. 1996. *The Structure of Scientific Revolutions* (3rd edition). Chicago, Illinois, USA. The University of Chicago Press.
- Khine, MS (ed). 2012. *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies*. Bahrain. Springer.
- Spier, F. 2010. *Big History and the Future of Humanity*. Chichester, UK. Wiley-Blackwell.
- Stokes Brown, C. 2007. *Big History: From the Big Bang to the Present*. New York, USA. The New Press.
- Swain, H, (ed). 2002. *Big Questions in Sciences*. London, UK. Vintage.
- Roberts, RM. 1989. *Serendipity: Accidental Discoveries in Science*. Chichester, UK. Wiley Science Editions.
- Ehrlich, R. 2001. *Nine crazy ideas in science*. Princeton, New Jersey, USA. Princeton University Press.
- Lloyd, C. 2012. *What on Earth Happened?: The Complete Story of the Planet, Life and People from the Big Bang to the Present Day*. London, UK. Bloomsbury Publishing.
- Trefil, J and Hazen, R. M. 2010. *Sciences: An integrated Approach* (6th edition). Chichester, UK. Wiley.
- ICASE. 2010. *Innovation in Science & Technology Education: Research, Policy, Practice*. Tartu, Estonia. ICASE/ UNESCO/University of Tartu.
- American Association for the Advancement of Science. 1990. *Science for all Americans online*. Washington, USA. <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>.
- The Geological Society of America. 2012. *Nature of Science and the Scientific Method*. Boulder, Colorado, USA. <http://www.geosociety.org/educate/naturescience.pdf>
- Big History Project. 2011. *Big History: An Introduction to Everything*. <http://www.bighistoryproject.com>
- Nuffield Foundation. 2012. *How science works*. London, UK. <http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/how-science-works>.
- University of California Museum of Paleontology. 2013. *Understanding Science*. Berkeley, California, USA. 1 February 2013. <http://www.understandingscience.org>.
- Collins, S, Osborne, J, Ratcliffe, M, Millar, R, and Duschl, R. 2012, *What 'ideas-about-science' should be taught in school science? A Delphi study of the 'expert' community*. St. Louis, Missouri, USA. National Association for Research in Science Teaching (NARST).
- TIMSS (*The Trends in International Mathematics and Science Study*). 1 February 2013. <http://timssandpirls.bc.edu>.
- PISA (*Programme for International Student Assessment*). 1 February 2013. <http://www.oecd.org/pisa>.
- ROSE (*The Relevance of Science Education*). 1 February 2013. <http://roseproject.no/>.