

GESCHWISTER SCHOLL GYMNASIUM FREIBERG

Biotechnologie

Fachübergreifender Grundkurs 11/12

24.09.2007

M. Albrecht
Schulleiter

I. Pezold
Fachleiter Naturwissenschaften

Vorbemerkungen

Dieses Lehrplankonzept wurde von Lehrern des Geschwister-Scholl-Gymnasiums Freiberg, Mitarbeitern der TU Bergakademie Freiberg (Prof. Dr. Michael Schlömann „Institut für Biowissenschaften“ - Interdisziplinäres Ökologisches Zentrum (IÖZ); Priv.-Doz. Dr. Martin Bertau „Institut für Technische Chemie) sowie Mitarbeitern des Gründer und Innovationszentrums (GIZeF) Freiberg (Dr. Gehre) erarbeitet.

Wichtig für die Umsetzung des Konzeptes des fachübergreifenden Grundkurses ist neben dem Unterricht in der Schule die Nutzung von außerschulischen Lernorten.

Durch unsere Kooperationspartner ist garantiert, dass ganze Lernbereiche an die Hochschule (z.B. LB 4 Klasse 11, LB 2 Klasse 12 und v.a. die Praktika des LB 1 Klasse 12) verlagert bzw. verschiedene Exkursionen ermöglicht werden.

Beitrag zur allgemeinen Bildung

Bei der modern Biotechnik handelt es sich um ein Gebiet mit erheblicher Zukunftsbedeutung, das einerseits ein hohes Potenzial zur Lösung von Problemen aufweist, andererseits aber auch selbst neue Probleme schaffen kann. Die Schüler sollen darüber informiert werden, damit sie sich als Bürger und künftige Entscheidungsträger kritisch an den Auseinandersetzungen über die Möglichkeiten und Risiken der Biotechnik beteiligen können (Mündigkeit der Schüler).

Der fachübergreifende Grundkurs „Biotechnologie“ soll den Schülern die Bedeutung der interdisziplinären Denkweise zur Lösung aktueller Forschungsaufgaben (z.B.: Biogaserzeugung, Gentechnik u.a.) vermitteln.

Die Nutzung von Organismen zur Lösung dieser Aufgaben erfordert spezielle Denk- und Arbeitsweisen. „Verantwortung der Wissenschaft“ - ist ein wesentlicher Aspekt, der nicht nur permanent im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen muss, sondern auch von den Schülern kritisch diskutiert werden soll. Dies fördert die Werte- und Normenbildung beim Schüler.

Die unmittelbare Nutzung der Biologie in der industriellen Praxis wird den Schülern an ausgewählten Beispielen der aktuellen Forschung in der TU Bergakademie Freiberg dargestellt. Die Potenzen (und Möglichkeiten) der Biotechnologie für Medizin, Umweltschutz und Landwirtschaft sollen vom Schüler dabei richtig eingeschätzt werden.

Der Kurs zielt auf eine Erweiterung des allgemeinen Wissenserwerbs auf naturwissenschaftlichem Gebiet, entwickelt aber auch komplexere Denk- und Arbeitsweisen.

Die Sensibilisierung für ein naturwissenschaftliches Studium ist ein weiteres allgemeines Ziel dieses Grundkurses.

Allgemeine Ziele des Kurses

In Anlehnung an die Beschlüsse der KMK (EPA Biologie vom 05.02.2004) kann der Grundkurs „Biotechnologie“ einen Beitrag zur Entwicklung von verschiedenen fachlichen und methodischen Kompetenzen leisten.

Neben dem Erwerb spezieller Fachkenntnisse (z.B.: Kenntnisse über Phänomene und Zusammenhänge (Begriffe, Modelle, Theorien)) steht ebenso die Fähigkeit im Vordergrund dieses Wissen zu strukturieren und zu vernetzen.

Vielfältige fachspezifische Kompetenzen werden erworben, erweitert bzw. trainiert.

Hierzu zählen u.a. Beschreiben, Beobachten und Erfassen biologischer Sachverhalte, die konsequente Anwendung der Fachsprache, das Erlernen neuer Arbeitstechniken (z.B.: selbstständige Durchführung einer PCR in den Laboren der TU Bergakademie Freiberg), die Nutzung anderer Wissenschaften zur Problemlösung, die selbstständige Planung und Auswertung von Experimenten sowie die kritische Auseinandersetzung mit deren Ergebnissen.

Desweiteren werden auch nichtfachspezifische Arbeitsweisen weiter entwickelt. Das Erschließen und Nutzen verschiedener Informationsquellen zählt ebenso wie der Umgang mit entsprechender Technik (z.B.: PC) dazu.

Didaktische Grundsätze

Die in der Sekundarstufe 1 erworbenen Lern- und Arbeitstechniken werden in der Sekundarstufe 2 ausgebaut und erweitert. Unter Nutzung grundlegender Fähigkeiten und Fertigkeiten des Biologieunterrichts wird der Erkenntnisgewinn nach bewährten Prinzipien (z.B.: „vom Bekannten zum Neuen“, „vom Konkreten zum Allgemeinen“, „vom Einfachen zum Komplexen“) weiter vorangetrieben und auf eine höhere Qualitätsstufe gestellt (Zusammenhänge zwischen belebter und unbelebter Natur in Form höherer Komplexität).

Die wissenschaftspropädeutische Arbeitsweise steht im Vordergrund. Spezielle Arbeitsmethoden der Biologie und Chemie rücken in den Mittelpunkt. In Experimenten (bzw. Praktika) wird die selbstständige, praktische Tätigkeit in besonderem Maße gefördert und gefordert. Damit wird der Forderung nach anwendungsbereitem Wissen und Können entsprochen. Ebenso werden durch unseren Partner - TU Bergakademie Freiberg - Arbeitstechniken und Problemlösestrategien des Studiums den Schülern nahe gebracht.

Der GK Biotechnologie bietet Möglichkeiten, Elemente des forschenden Lernens weiter zu festigen. Hierzu zählen insbesondere die selbstständige Dokumentation durchgeführter Experimente, empirische Untersuchungen sowie die Präsentation gewonnener Ergebnisse.

Von den wichtigen Basiskonzepten des Biologieunterrichtes können in diesem Grundkurs einige speziell weiter entwickelt werden. Der Zusammenhang zwischen „Struktur und Funktion“ kann helfen die zellulären Grundlagen der Biotechnologie zu begreifen. Das Konzept „Stoff- und Energieumwandlung“ hilft beim Verständnis der biochemischen Grundlagen der Biotechnologie. „Variabilität und Anpasstheit“ aber auch „Reproduktion“ sind wichtige Konzepte zum Verständnis der Gentechnik und deren Bedeutung.

Das komplexe Thema der Biotechnologie fordert neben fachspezifischen Methoden auch die Nutzung von fächerübergreifenden Methoden. Die speziellen Grundlagen auf molekularer Ebene kann durchaus die Chemie zufriedenstellend erarbeiten. Doch um die Übertragung dieser Erkenntnisse auf lebende Systeme zu begreifen, müssen biologische Arbeitstechniken und Methoden genutzt werden. Auch stehen viele Themen der Biotechnologie in Bezug zu Normen und Werten der Gesellschaft. Zur Diskussion dieser bietet sich darüberhinaus eine Verbindung zum Fach Ethik an.

Übersicht über die Lernbereiche und Zeitrichtwerte

Klassenstufe 11	(60 Ustd.)
------------------------	-------------------

Lernbereich 1:	Einführung in die Biotechnologie	04 Ustd.
Lernbereich 2:	Zelluläre Grundlagen der Biotechnologie und mikrobiologisches Praktikum	20 Ustd.
Lernbereich 3:	Biochemische Grundlagen der Biotechnologie	18 Ustd.
Lernbereich 4:	Industrielle Biotechnologie	12 Ustd.
Klausuren und Überprüfung		06 Ustd.

Klassenstufe 12	(48 Ustd.)
------------------------	-------------------

Lernbereich 1:	Gentechnik	24 Ustd.
Lernbereich 2:	Umweltbiotechnologische Verfahren	12 Ustd.
Lernbereich 3:	Biotechnologie in Freiberg und Umgebung	08 Ustd.
Klausuren und Überprüfung		04 Ustd.

Lernbereich 1: Einführung Biotechnologie**(4 Ustd.)**

Die Biotechnologie als interdisziplinäre Wissenschaft wird vorgestellt. Ausgehend von der historischen Entwicklung bis zu den Potenzialen der Zukunft erhält der Schüler einen Überblick über die Fachwissenschaft, aber auch über die Ziele und Anliegen des fachübergreifenden Kurses.

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Wesen der Biotechnologie	historische Entwicklung aktuelle ökonomische und ökologische Potenzien regionale Besonderheiten
Möglichkeiten und Risiken	Überblick

Lernbereich 2: Zelluläre Grundlagen der Biotechnologie und mikrobiologisches Praktikum (20 Ustd.)

Die Schüler lernen ausgehend vom Bau der Pro- und Eukaryoten spezielle Mikroorganismen kennen. Die Bedeutung der Zelle als kleinste Bau- und Struktureinheit aller Lebewesen wird hervorgehoben. Der Zusammenhang zwischen Bau und Funktion verschiedener Zellorganellen bzw. -strukturen wird erkannt und kann übertragen werden.

Das experimentelle Arbeiten mit Mikroorganismen unter Beachtung der geltenden Richtlinien des Arbeits- und Gesundheitsschutzes wird erlernt. Sorgfalt, Ausdauer und Freude beim mikrobiologischen Experimentieren als auch eine kritische Bewertung der Ergebnisse soll entwickelt werden.

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Bedeutung und Vielfalt von Mikroorganismen	Systematik von Lebewesen Systematisierungsgrundsätze (speziell Bakterien, Pilze)
Zelle als Grundeinheit der Lebewesen (Aufbau der Procyten und Eucyten)	Zellbestandteile (Kern/Kernäquivalent/Kompartimentierungen)
Organisationsformen und Erscheinungsbilder von Pilzen und Bakterien	Koloniebildung, Sporenbildung Mikroskopie (EM - TU Bergakademie) (z.B.: Milchsäurebakterien, Essigsäurebakterien, Cyanobakterien, Hefepilze, Schimmelpilze u.a.)
Mikrobiologisches Praktikum	Sicherheitsbestimmungen und Arbeitsschutz, Arbeitstechniken, Arbeitsgeräte
Kultivierung von Mikroorganismen	Herstellung von Nährböden, Sterilisierungsmethoden, Übertragung und Separation von MO, Bebrütungstechniken,
Untersuchung von Vermehrungs- und Entwicklungsbedingungen	Substratabhängigkeit, Temperaturabhängigkeit, Wirkung von Giften (z.B.: Desinfektionsmittel u.a.), Wasserabhängigkeit
	Aufnahme von Vermehrungskurven

Die Schüler wiederholen den Bau und die Eigenschaften der Naturstoffe (Fette, Kohlenhydrate und Eiweiße). Der sichere Umgang mit der Nomenklatur organischer Verbindungen bildet dabei die Grundlage für die Einführung weiterer organischer Verbindungen.

Die Erweiterung der Modellvorstellungen zu Redoxreaktionen bildet für den Schüler eine weitere Grundlage zum Verständnis der wichtigen Stoffwechselfvorgänge im Organismus.

ATP als der universelle Überträger der chemischen Energie wird eingeführt. Damit wird das Verständnis der Kopplung zwischen energieerzeugenden und energieverbrauchenden Reaktionen entwickelt.

Ein Überblick über den aeroben und anaeroben Stoffwechsel gibt dem Schüler die Möglichkeit die verschiedenen Methoden der Energiegewinnung in der Natur richtig einzuordnen.

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Wiederholung organische Naturstoffe	Fette, Kohlenhydrate, Eiweiße (Gruppenarbeit)
Nomenklatur	weitere wichtige Naturstoffe (Methan, Ribose, Desoxyribose, Milchsäure, u.a.)
Grundmechanismen des Stoffwechsels und der Energieumwandlung	
Überblick Stoffwechsel	Zusammenhang: Katabolismus – Anabolismus
Redoxreaktionen	Wiederholung: Oxidationszahl, OM, RM Redoxreaktion als Elektronenübergang Exp: Redoxreaktionen mit organischen Stoffen
ATP – als Prototyp einer energiereichen Verbindung	Bau und Eigenschaften von Enzymen und Coenzymen ATP als gruppenübertragendes Coenzym ATP-Bildung unter aeroben und anaeroben Bedingungen – ATP-Synthase

In diesem Lernbereich lernen die Schüler in der TU Bergakademie Freiberg (Institut für Technische Chemie) die Grundlagen industriell-biotechnologischer Verfahren (Weiße Biotechnologie) kennen. Unterschieden werden Verfahren mit isolierten Enzymen und lebenden Zellen. Dabei werden die Schüler mit der Verwendung von Biomolekülen zur katalytischen Stoffumwandlung nicht-natürlicher Verbindungen vertraut gemacht.

Die Diskussion hydrolasekatalysierter Reaktionen und der zugrundeliegenden Reaktions- und Katalysemechanismen bildet für den Schüler die Grundlage zum Verständnis der biokatalytischen Stoffumwandlung.

Anhand exemplarischer Verfahren wird herausgearbeitet, welche Vor- und Nachteile biotechnologische Verfahren in der industriellen Chemie besitzen.

Eine Zusammenstellung ausgewählter Anwendungsfelder biokatalytisch erzeugter Produkte rundet die Lehreinheit ab.

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Grundlagen der Weißen Biotechnologie (Industrielle Biotechnologie)	Ziele, Verfahren, Biotransformationen, isolierte Enzyme vs. ganze Zellen
Eigenschaften und Synthesepotenzial von Biokatalysatoren	Vorstellung und Einsatzgebiete der versch. Enzymklassen, typische Beispiele für Biotransformationen, Limitierungen
Hydrolasekatalysierte Reaktionen	
Mechanismus	Katalysemechanismus am Beispiel der <i>Candida antarctica</i> -Lipase B,
Hydrolysen	z.B.: Hydrolytische Racematspaltung, deracemisierende Veresterung, meso-Trick, kinetische Racematspaltung
Anwendungen	Waschmittel, Lebensmitteltechnologie, Weiße Biotechnologie
Anwendungsfelder	Pharma-, Naturstoff-, Aromastoffsynthese, Vergleich mit „Klassischer Chemie“, Produktionsintegrierter Umweltschutz

Die schriftliche Bewertung der Schülerleistungen setzt sich aus einer Klausur (02 Ustd.) und einer Kontrollarbeit (01 Ustd.) je Halbjahr zusammen.

Ergänzt werden die schriftlichen Noten durch verschiedene andere Bewertungen. Diese reichen von der einfachen mündlichen Leistungskontrolle über Kurzvorträge hin zu Präsentationen.

Im Praktikum erhält der Schüler eine prozessbezogene Bewertung. Hierbei werden die verschiedenen Kompetenzen (Sachkompetenz, Methodenkompetenz, Sozialkompetenz, Selbstkompetenz) vordergründig bewertet.

Der Schüler hat die Möglichkeit eine Facharbeit im Wahlgrundkurs anzufertigen. Diese wird als zweite Klausur im zweiten Halbjahr bewertet.

Lernbereich 1: Gentechnik**(24 Ustd.)**

Die Schüler lernen nach einer Wiederholung Grundlagen der molekularen Genetik kennen. Hierauf aufbauend werden die Prinzipien gentechnischen Arbeitens erläutert.

In einfachen Praktikumsversuchen werden die grundlegenden Techniken (Schneiden von DNA, Ligation, Transformation von *Escherichia coli*, Plasmidanalyse, gelelektrophoretische Trennung, Polymerase-Kettenreaktion) kennengelernt. Andere Techniken werden im gentechnischen Labor der TU Bergakademie Freiberg anhand der entsprechenden Geräte erläutert.

Die Schüler reflektieren kritisch die Verantwortung des Menschen gegenüber der Natur. Sie informieren sich über die Möglichkeiten und Grenzen der Nutzung gentechnischer Methoden und setzen sich mit bioethischen Problemen wertend auseinander.

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Wiederholung und Ausbau Grundlagen der molekularen Genetik	Unterscheidung und Aufbau DNA, RNA; Grundprozesse der Zelle: Replikation, Transkription, Translation
Kennenlernen von Werkzeugen und grundlegenden Vorgehensweisen in der Gentechnik	Vektoren, Restriktionsenzyme, DNA-Ligasen, Notwendigkeit von Selektion und Screening
Kennenlernen von Grundtechniken der Herstellung rekombinanter DNA bzw. gentechnisch veränderter Organismen im Experiment	SE: Klonierungsversuch an TU BAF: Schneiden von DNA, Ligation, Transformation von <i>Escherichia coli</i> , Plasmidisolierung, Agarose-Gel-Elektrophorese
Prinzip und Anwendungen der Polymerase-Kettenreaktion	SE: Durchführung einer PCR an TU BAF, Veranschaulichung von „Fingerprint“-Techniken durch Restriktionsschnitt von PCR-Produkten und elektrophoretischer Trennung der Fragmente
Kennenlernen der Sequenzanalyse von DNA und daraus ableitbaren Informationen	Zeigen und Erläuterungen zu DNA-Sequenzierern an TU BAF, computergestützte Übersetzung von DNA-Sequenzen in Proteinsequenzen, Vergleiche von Sequenzen mit Sequenzdatenbanken Diskussion anhand unterschiedlicher Anwendungen in Medizin, Landwirtschaft, Weißer Biotechnologie und Umwelt-Biotechnologie

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Verständnis für Möglichkeiten und ethische Grenzen der Gentechnik in unterschiedlichen Bereichen	rechtliche und ethische Grundlagen in Deutschland Problemdiskussion, Wertorientierung, Verantwortungsbewusstsein

In dieser Lerneinheit sollen den Schülern verschiedene Anwendungen von Enzymen und Mikroorganismen in technischen Verfahren mit Umwelt- bzw. Geologie-Bezug vermittelt werden. Hierbei wird großer Wert auf Bezug zur unmittelbaren Freiburger Umgebung gelegt.

Die biologische Kläranlage wird in ihrer grundlegenden Funktionsweise und speziell im Hinblick auf die Probleme der Eliminierung von Stickstoff-Verbindungen dargestellt. Hierzu wird das Konzept des chemolithotrophen Stoffwechsels eingeführt. Außerdem wird auf die im Lernbereich 3 der Klasse 11 („Biochemische Grundlagen der Biotechnologie“) dargestellte Möglichkeit der anaeroben Atmung zurückgegriffen.

Anschließend wird den Schülern ebenfalls aufbauend auf dem Lernbereich 3 der Klasse 11 vermittelt, dass es neben gut abbaubaren Naturstoffen auch schwer abbaubare Natur- und Fremdstoffe gibt. Es wird dargestellt, dass in zahlreichen Fällen einzelne Gruppen von Mikroorganismen unter geeigneten Bedingungen in der Lage sind, auch normalerweise schwer abbaubare Stoffe vollständig abzubauen. Technische Ansätze zur Nutzung von Mikroorganismen für den Abbau organischer Schadstoffe werden erläutert.

Die Nutzung von Mikroorganismen im Bergbau zur Gewinnung von Kupfer und Gold wird ebenso dargestellt wie ihre Nutzung zur Vermeidung oder zur Reinigung von sauren Wässern mit hoher Sulfat- und Metallbelastung. Hier wird sowohl das Konzept des chemolithotrophen Stoffwechsels als auch das der anaeroben Atmung wiederholt.

Schließlich wird dargestellt, wie anaerobe Prozesse zur Ethanol- und zur Methanbildung führen und wie diese in Ethanol-Produktionsanlagen sowie in Biogas-Anlagen zur regenerativen Energiegewinnung genutzt werden können.

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Kenntnisse zu Prinzip und Wirkungsweise von Biosensoren	Nutzung von Enzymen oder Organismen als biologische Komponente, Umsetzung von Stoffwechselfparametern in quantifizierbare Größen, mikrokolorimetrische Messungen
Funktionsweise der biologischen Kläranlage und Strategien zur Stickstoff-Entfernung	Aufbau der biologischen Kläranlage, Entfernung von C-Verbindungen, Nitrifikation, Denitrifikation, Konzepte von Elektronendonator und Elektronenakzeptor, Chemolithotrophie
Gründe für leichte und schwere Abbaubarkeit, Verfahren zur biologischen Reinigung von Industrieabwässern, kontaminierten Böden und Aquiferen	Beispiele für leicht und schwer abbaubare Verbindungen, Gründe für unterschiedliche Abbaubarkeit, Industriekläranlagen, Mietenverfahren zur Bodenreinigung, in situ-Sanierung von Aquiferen

Lernbereich 2: Umweltbiotechnologische Verfahren**(12 Ustd.)**

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Mikrobiologische Laugung zur Gewinnung wertvoller Metalle, biotechnische Verfahren zur Reinigung von Bergbauwässern, Möglichkeiten der molekularen Diagnostik	Wiederholung Chemolithotrophie, Grundvorgänge der Pyrit-Laugung, technische Laugungsverfahren zur Gewinnung von Kupfer und Gold, Nutzung von biologischer Eisenoxidation und Sulfat-Reduktion zur Reinigung von Bergbauwässern, Wiederholung anaerobe Atmung, Nutzung molekulargenetischer Verfahren zur Prozesskontrolle
Prozesse zur Gewinnung von Biogas	Methan als Endprodukt der anaeroben Nahrungskette, Prinzip und Probleme von Biogas-Anlagen

In diesem Lernbereich werden durch unseren Kooperationspartner, Gründer- und Innovationszentrum (GIZeF) Freiberg, verschiedene Exkursionen organisiert. Der Schüler lernt die großtechnische Umsetzung ausgewählter Verfahren vor Ort kennen.

Die Darstellung der geschlossenen Wirtschaftskette von der Rohstoffgewinnung bis zur Nutzung der End- und Zwischenprodukte im Betrieb (Kreislaufwirtschaft) wird verdeutlicht.

Ein weiteres wichtiges Anliegen ist das Kennenlernen der regionalen Wirtschaft und Industrie und deren Zusammenarbeit mit den ansässigen Forschungseinrichtungen.

Lernziele und Inhalte	Bemerkungen
Exkursion zur <i>Agrargenossenschaft Bergland GmbH</i> in Clausnitz	Besichtigung der Biogasanlagen und der Rapsölpresse Vermittlung von Kenntnissen auf den Gebieten: Verfahrensablauf und -technik der Biogaserzeugung (anaeroben Vergärung) der zwei unterschiedlichen Anlagen (Nass- und Trockenvergärung) Verfahrensablauf und -technik der Pflanzenölerzeugung
Exkursion zur Kompostieranlage der Firma <i>Rudolf Schächer Recycling</i> in Conradsdorf	Wiederholung des aeroben Kompostierungsprozesses
Exkursion zur <i>Kurzumtriebplantage der Sächsischen Landesanstalt für Landwirtschaft</i> in Krummenhennersdorf	praktische Veranschaulichung des Energiepflanzenanbaus – Etablierung von acht verschiedenen Pappel- und Weidensorten für die energetische Nutzung
Freiberger Klärwerk	Funktionsweise und Aufbau der Kompletanlage – detaillierte Betrachtung der biologischen Klärstufe

Die schriftliche Bewertung der Schülerleistungen setzt sich aus einer Klausur (01 Ustd.) und einer Kontrollarbeit (01 Ustd.) je Halbjahr zusammen.

Ergänzt werden die schriftlichen Noten durch verschiedene andere Bewertungen. Diese reichen von der einfachen mündlichen Leistungskontrolle über Kurzvorträge hin zu Präsentationen.

Im Praktikum erhält der Schüler eine prozessbezogene Bewertung. Hierbei werden die verschiedenen Kompetenzen (Sachkompetenz, Methodenkompetenz, Sozialkompetenz, Selbstkompetenz) vordergründig bewertet.