

**BIOCHEMIE ALS EINSTIEG IN DIE
ORGANISCHE CHEMIE**

**EXEMPLARISCHE UMSETZUNG DES GBKS UND
DES NEUEN CHEMIELEHRPLANS**

Edwin Scheiber

Wiedner Gymnasium/Sir-Karl-Popper-Schule Wien IV

Wien, 2004

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	4
1 ZIELE UND MOTIVATION	4
1.1 Ziele der Innovation (Übergeordnete Ziele).....	4
1.2 Ziele des Unterrichtskonzepts.....	5
2 DURCHFÜHRUNG	6
2.1 Allgemeines	6
2.2 Lernziele	6
2.3 Einführung in die organische Chemie	7
2.4 Theoretische Perspektive.....	10
2.4.1 Lernziele	10
Nucleoside – Nucleotide – DNA - RNA.....	11
2.4.2 Aminosäuren und Proteine.....	12
2.4.3 Nucleinsäuren	12
2.5 Experimentelle Perspektive.....	13
2.5.1 Gymnasium.....	13
2.5.2 Realgymnasium	16
2.5.3 Ch-vertiefungskurs/Sir-Karl-Popper-Schule	17
2.6 Fächerverbindende/Fächerübergreifende Aspekte	20
2.7 Außerschulische Perspektive und Produkte.....	21
3 DISKUSSION	23
3.1 Realisierung der didaktischen Konzeptionen	23
3.1.1 Stoff-Teilchen-Konzept.....	23
3.1.2 Struktur-Eigenschafts-Konzept	23
3.1.3 Donator-Akzeptor-Konzept.....	23

3.1.4	Energiekonzept	24
3.1.5	Gleichgewichtskonzept	24
3.2	Realisierung der inhaltlichen Leitlinien des GBK.....	24
3.3	Realisierung der methodischen Leitlinien.....	25
3.4	Evaluation, Feedback, Replik und Ausblick	27
4	ANHANG	31
4.1	Testaufgaben	31
4.2	Ganzschrift des Schülerinnenvortrags „Enzyme“	33
4.3	Aufgabenblatt zum „Basteln“ einer DNS	38
4.4	Handreichung zur Strukturierung gem. GBK.....	40
	FACHPERSPEKTIVE	40
4.5	Fragebogen zur Evaluation der Unterrichtsphase.....	41
4.6	Fotos	45
4.7	Poster.....	48
5	LITERATUR.....	49

ABSTRACT

Die Dokumentation stellt ein Unterrichtskonzept für einen alternativen Einstieg in die organische Chemie der 12. Schulstufe vor. Nach einer kurzen Einführung in die organische Chemie be- und erarbeiten SchülerInnen den biochemischen Themenkomplex „Aminosäuren, Proteine und Nucleinsäuren“. Zur Klarstellung der Ziele des Unterrichts erhalten die SchülerInnen am Ende jeder Phase einen Lernzielkatalog, an Hand dessen sie selbst ihren Lernfortschritt kontrollieren können. Das Unterrichtskonzept enthält theoretische und praktische Perspektiven.

Die Diskussion zeigt die Realisierung der im neuen Chemielehrplan für die AHS-Oberstufe vorgesehenen didaktischen Konzeptionen auf. Die Entscheidung biochemische Inhalte an den Anfang des Unterrichts der organischen Chemie zu stellen wird mit Hilfe der inhaltlichen und methodischen Leitlinien des Grundbildungskonzepts von IMST² begründet. Die im neuen Chemielehrplan möglichen minimalen und maximalen Realisierungsmöglichkeiten der methodischen Leitlinien werden aufgezeigt.

1 ZIELE UND MOTIVATION

Die Motivation für die Durchführung der vorliegenden Innovation im Bereich des Chemieunterrichts ist von zwei Zielen geprägt. Zunächst ein übergeordnetes Ziel, das sich auf die Arbeit mit dem neuen Chemielehrplan der AHS Oberstufe und dessen Umsetzung im alltäglichen Unterricht an Hand eines konkreten Beispiels bezieht. Das zweite Ziel betrifft das Unterrichtskonzept bzw. die Unterrichtsphase selbst, nämlich von der im Chemieunterricht bislang üblichen Stoffsystematik der organischen Chemie abzuweichen und die Biochemie als Einstieg in diesen Bereich zu wählen.

1.1 Ziele der Innovation (Übergeordnete Ziele)

Anregung zur Arbeit mit dem neuen Chemielehrplan der AHS-Oberstufe

Der neue Chemielehrplan für die AHS-Oberstufe ist von der Betonung der Bildungs- und Lehraufgabe des Chemieunterrichts, der Formulierung didaktischer Grundsätze und einer zielorientierten Lehrstoffbeschreibung geprägt. Die vorliegende Dokumentation soll an einem Themenkomplex zeigen, wie diese Vorgaben realisiert werden können.

Ganz konkret soll gezeigt werden, wie durch die Auswahl der Inhalte für einen Bereich der Biochemie die Verwirklichung der im Lehrplan vorgeschriebenen Konzeptionen der didaktischen Grundsätze erfolgen kann.

Einbindung und Umsetzung des Grundbildungskonzepts

Das im Rahmen von IMST²-S1 entwickelte dynamische Konzept für die mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung ist in die Entwicklung des neuen Chemielehrplans eingeflossen. Speziell die Förderung der Methodenvielfalt erfordert die Berücksichtigung von Leitlinien, wie sie das Grundbildungskonzept formuliert. Die vorliegende Arbeit soll die Nützlichkeit der im Grundbildungskonzept beschriebenen Leitlinien für die Auswahl von Inhalten demonstrieren und weiters zeigen, welche Möglichkeiten der maximalen bzw. minimalen Realisierungen der methodischen Leitlinien bestehen.

1.2 Ziele des Unterrichtskonzepts

Es sollen möglichst rasch ein Alltagsbezug und die Möglichkeit für fächerverbindendes bzw. fächerübergreifendes Arbeiten hergestellt werden und die molekularen bzw. chemischen Grundlagen für ein besseres Verständnis des Themas „Genetik“ im Biologieunterricht gelegt werden.

Das inhaltliche und didaktische Konzept der Unterrichtsphase wird so gestaltet, dass die Motivation der SchülerInnen gestärkt wird, sich mit chemischen Inhalten zu beschäftigen: z.B. rasch einsetzende experimentelle Tätigkeit der SchülerInnen und die Thematisierung des molekularen Aufbaus des eigenen Körpers. Die Biochemie am Beginn der 12. Schulstufe ist hervorragend dazu geeignet.

Der Einstieg in die organische Chemie soll an das Vorwissen der SchülerInnen anknüpfen.

Das inhaltlich beschriebene Unterrichtskonzept muss so in den Lehrstoff eingebaut werden, dass die SchülerInnen auf der Kenntnisstufe, auf der sie sich befinden, abgeholt werden. Dem eigentlichen biochemischen Themenkomplex geht daher eine Wiederholung der wichtigsten chemischen Grundlagen (vor allem Atombau und Bindungslehre) sowie die Einführung in die Strukturen organischer Verbindungen voraus.

Verstärkte Berücksichtigung der SchülerInnenperspektiven

Die SchülerInnen haben sehr konkrete, aber oberflächliche Vorstellungen von biochemischen Inhalten wie Eiweiß oder Erbsubstanz. Es interessiert sie wie solche Stoffe entstehen, warum sie verschiedene Eigenschaften haben und welche Bedeutung ihnen zukommt. Mit dem Begriff Gen können sie oft nichts anfangen und werden von den Medien (bewusst) irritiert: gentechnische Lebensmittel, ohne Gentechnik usw. Das Wesen der Erbsubstanz erscheint ihnen oft als mystischer Begriff. Andererseits zeigen sie großes Interesse, welche mikroskopischen und submikroskopischen Vorgänge „im Leben“ ablaufen. Der Einstieg in die organische Chemie über den Weg biochemischer Themen fördert daher die Motivation der SchülerInnen, weil er diesem natürlichen Interesse entgegenkommt.

Klarstellung der zu erreichenden Lernziele und Transparenz der Leistungsbeurteilung

Durch Formulierung von Lernzielen für die SchülerInnen in Form zweier Differenzierungen (Fundamentum, Addendum) sollen die von den SchülerInnen erwarteten Kenntnisse und Fertigkeiten offen gelegt werden und damit auch ein Beitrag zur Transparenz der Leistungsbeurteilung (was wird beim Test/bei Prüfungen verlangt?) geleistet werden.

2 DURCHFÜHRUNG

2.1 Allgemeines

Als Einstieg in die organische Chemie in der 8. Klasse AHS (12. Schulstufe) wurde - nach einer kurzen Einführung in die organische Chemie - der Themenkomplex „Aminosäuren, Proteine und Nucleinsäuren“ gewählt. Um die im Kapitel 1 beschriebenen Ziele zu erreichen wurde diese Unterrichtsphase in drei verschiedenen Klassen mit unterschiedlicher Schwerpunktbildung durchgeführt:

8. Klasse Gymnasium (2 Wochenstunden Chemie)

8. Klasse Realgymnasium ohne DG (3 Wochenstunden Chemie)

8. Klasse Chemie Vertiefungskurs der Sir-Karl-Popper-Schule (4 Wochenstunden Chemie)

Variiert wurden theoretischer Tiefgang, experimentelle Tätigkeiten und fächerverbindende und fächerübergreifende Arbeit mit entsprechend unterschiedlichen zeitlichem Aufwand.

2.2 Lernziele

Um klarzustellen welche Ziele mit einzelnen Themen im Unterricht erreicht werden sollen, erhalten die SchülerInnen am Ende jeder Phase einen Katalog mit Lernzielen. Diese Lernziele sind aus Sicht von SchülerInnen formuliert, sodass sie sich einerseits damit identifizieren können, andererseits aber auch klar entscheiden können, ob sie nach dem erfolgten Unterricht, die einzelnen Lernziele erreicht haben. Die Lernziele sind in ein Fundamentum und ein Addendum unterteilt. Die Fundamentumlernziele sind solche, die jeder erreichen soll, die Addendumlernziele stellen einen Art Erweiterungsbereich dar. Gleichzeitig ist diese Form ein Beitrag zur Transparenz der Leistungsfeststellung. Der Unterrichtende legt offen, was jedenfalls und was zusätzlich bei einem Test gekonnt werden muss, um ein bestimmtes Leistungsniveau zu erreichen. Notengebung wird dadurch besser begründbar, da jede/r SchülerIn entscheiden kann, ob die geforderten Lernziele erreicht worden sind.

In der folgenden Beschreibung der Unterrichtssequenzen sind die Lernziele jeweils an den entsprechenden Stellen eingefügt. Im Anhang findet man Beispiele für Testfragen.

2.3 Einführung in die organische Chemie

In allen drei Klassen stand am Beginn des Unterrichtsjahres die Wiederholung und Auffrischung des Wissens über Atombau und Bindung. Besonderes Augenmerk wurde dabei klarerweise auf die kovalente Bindung inkl. Hybridisierungstheorie gelegt.

Dieser Einstieg ergibt automatisch den Anknüpfungspunkt für die Strukturen organischer Stoffe. Mit Hilfe von Molekülbaukästen wurde die Konstitution von organischen Verbindungen erarbeitet. Die unterschiedliche Bedeutung von Konstitution, Konfiguration und Konformation bei Molekülen entwickeln die SchülerInnen ganz von selbst, es müssen bloß noch diese Begriffe geprägt und definiert werden. In diesem Zusammenhang stoßen die SchülerInnen auch auf das Phänomen der Isomerie. Es ist nur nötig, kleine Anstöße zu geben oder Ideen der SchülerInnen aufzugreifen und im Anschluss aus fachlicher Perspektive zu ordnen und allenfalls zusammenzufassen. Im Rahmen dieser Tätigkeiten wurde den Schülern auch klar, dass es eine eindeutige Nomenklatur der Verbindungen geben muss. Die wichtigsten Regeln wurden mit Hilfe des Schulbuchs [Magyar et. al., *Moleküle*] besprochen und an einfacheren Beispielen angewendet. Hier wurde nicht allzu viel Zeit für die systematische IUPAC-Nomenklatur verwendet, weil diese für den kommenden Themenkomplex keine so große Bedeutung besitzt (Trivialnomenklatur ist in diesem Bereich meist der Standard). Die Besprechung der Nomenklatur gab dann Anlass zur Einführung funktioneller Gruppen und damit die Einteilung der Verbindungen in unterschiedliche Stoffklassen (falls dieser Aspekt noch nicht bereits vorher aufgetaucht war). Im nächsten Schritt wurden verschiedene Arten der Isomerie nochmals zusammengefasst und besonderes Augenmerk auf die optische Isomerie gelegt. Dieses Thema bildet damit den Übergang zur Biochemie.

Die Einführung nahm je nach Tiefgang, Begabung der SchülerInnen und Übungszeit zwischen 6 und 12 Stunden in Anspruch.

Es sei betont, dass auch in dieser Phase eine Differenzierung und Individualisierung im Lehr- und Lernprozess relativ leicht möglich ist. Variationen einfacher oder komplizierterer Moleküle, unterschiedlich starke Visualisierung (Schreibweise in der organischen Chemie) und damit verbundener verschiedener Abstraktionsgrad, Einsatz verschiedener Molekülbausätze (Kugel-Stab-Modell, Kalottenmodell) wären Beispiele dafür.

Ich habe diese Phase in folgende Kapitelüberschriften unterteilt:

- 1) Wiederholung – Atombau/Bindung
- 2) Charakteristika organischer Verbindungen
- 3) Nomenklatur organischer Stoffe – Stoffklassen
- 4) Isomerie

Lernziele für den ersten Lernabschnitt:

Grundbegriffe der organischen Chemie

Fundamentum

- Ich kann angeben, welche Bindungsart in der organ. Chemie vorherrscht und dies begründen
- Ich kann die drei verschiedenen Bindungsmöglichkeiten für C-Atome angeben
- Ich kann drei charakteristische Eigenschaften für organ. Verbindungen nennen
- Ich kann Strukturformeln, Halbstrukturformeln und Kurzformeln ineinander umwandeln
- Ich kann bei gegebener Kurzformel die Summenformel einer organischen Substanz ermitteln
- Ich weiß, was man unter funktionellen Gruppen versteht und kann drei funktionelle Gruppen in Formelschreibweise darstellen und die dazugehörige Substanzklasse nennen
- Ich kann bei gegebener Formel eine organische Substanz einer Stoffklasse zuordnen
- Ich kann einfachere organische Verbindungen (einfache KW und Alkohole) mittels IUPAC-Nomenklatur benennen
- Ich kann verschiedenen Isomeriearten an der Konstitutionsformel/Konfigurationsformel erkennen und erläutern
- Ich kann bei gegebener Summenformel eines Kohlenwasserstoffs verschiedene Isomere als Formeln anschreiben
- Ich weiß, welche Voraussetzung erfüllt sein muss, damit eine Substanz chiral ist
- Ich kann an einer Konstitutionsformel erkennen, ob eine Substanz chiral ist und das asymmetrische C-Atom kennzeichnen
- Ich kann zwei Beispiele für chirale Verbindungen nennen
- Ich kann zu einer gegebenen Formel einer chiralen Verbindung das zweite Enantiomer zeichnen
- Ich kann die Eigenschaft „optische Aktivität“ und das Messprinzip erläutern
- Ich weiß, wie die Linksdrehung bzw. Rechtsdrehung im Formelnamen angegeben wird
- Ich weiß, was man unter einem Racemat versteht

Addendum

- Ich kann erkennen, ob eine Verbindung als Fischer-Projektionsformel dargestellt ist
- Ich kann Enantiomere mittels D/L-Nomenklatur benennen
- Ich kann Enantiomere mittels R/S-Nomenklatur benennen
- Ich kann ein Beispiel für die Bedeutung von chiralen Verbindungen erläutern
- Ich kann kompliziertere organische KW und Alkohole mit IUPAC-Nomenklatur benennen

Zur Sicherung des Unterrichtsertrags erfolgte nach dieser Phase ein Test. Beispiele für Testaufgaben siehe Anhang.

2.4 Theoretische Perspektive

Der biochemische Themenkomplex wurde im Chemieunterricht in zwei Kapitel unterteilt:

- 1) Aminosäuren und Proteine
- 2) Nucleinsäuren

Die fachlichen Inhalte wurden in den drei Klassen verschieden intensiv (theoretischer Tiefgang) behandelt. Dazu wurden unterschiedliche Methoden (Lehrervortrag, Lehrer/Schüler-Gespräch, Schülervortrag, Schülerübungen) verwendet und der Unterrichtszeiteinsatz variiert. Als Medien wurden eingesetzt: Folienserien des Fonds der chemischen Industrie Deutschlands (Tabellen und Kopiervorlagen): Aminosäuren - Bausteine des Lebens (Nr. 11); Biotechnologie/Gentechnik (Nr. 14), selbst erstellte (Lehrer bzw. Schüler) Powerpoint-Präsentationen, Molekülbausätze (Stab-Kugel; Kallotten), Schulbuch.

Parallel dazu erfolgte im Biologieunterricht die Behandlung des Themas Genetik und Gentechnologie sowie im Falle des Vertiefungskurses der Sir-Karl-Popper-Schule der fächerübergreifende Unterricht mit der Exkursion ins Vienna Biocenter (siehe später).

2.4.1 Lernziele

Aminosäuren und Proteine

Fundamentum

- Ich weiß, was man unter einer α -L-Aminosäure versteht
- Ich kann verschiedene Gruppen von α -L-Aminosäuren unterscheiden und mit einem gegebenen Formelblatt jeweils zumindest ein Beispiel nennen
- Ich weiß, was man unter dem isoelektrischen Punkt und einem Zwitterion versteht
- Ich weiß, warum die AS in reiner Form salzartige Pulver sind
- Ich weiß, was man unter einer Kondensationsreaktion versteht
- Ich weiß, was ein Dipeptid ist und wie es entsteht
- Ich kann die Strukturunterscheidungen Primärstruktur, Sekundärstruktur, Tertiärstruktur und Quartärstruktur erklären und verstehe ihre Bedeutung
- Ich weiß was man unter Denaturierung versteht und wodurch diese hervorgerufen werden kann

Addendum

- Ich weiß, wie eine wässrige AS-Lösung bei Zugabe von Säure bzw. Lauge reagiert und kann dies an einem konkreten gegebenen Beispiel einer AS in Formelschreibweise darstellen
 - Ich kann das Grundprinzip der Elektrophorese erklären
 - Ich kann die Formel für ein Dipeptid zeichnen, wenn die Formeln für die entsprechenden AS gegeben sind
 - Ich kann die Ursachen für die Bildung der Sekundär- bzw. Tertiärstruktur von Proteinen erläutern
- Ich kann drei Nachweisreaktionen für AS und Proteine nennen und kurz beschreiben

Nucleoside – Nucleotide – DNA - RNA

Fundamentum

- Ich weiß, was ein Nucleosid ist
- Ich weiß, was ein Nucleotid ist
- Ich weiß, durch welche Reaktionsart Nucleotide gebildet werden
- Ich kann den chemischen Aufbau der DNA erläutern
- Ich kann den chemischen Aufbau einer RNA erläutern
- Ich weiß, welche RNA-Moleküle es gibt
- Ich kann die Proteinbiosynthese stichwortartig erklären
- Ich weiß, was ein Gen ist

Addendum

- Ich kann die 5 Basen, aus denen die DNA und RNA bestehen, benennen und weiß zu welchen chemischen Stoffsubstanzen sie zählen
- Ich kann eine gegebene Formel einer DNA- bzw. RNA-Base den beiden Basenkategorien zuordnen
- Ich weiß, welche Basen zueinander komplementär sind und wodurch sie miteinander in der DNA verbunden sind
- Ich weiß, was ATP, ADP und AMP bedeutet und welche Bedeutung diese Verbindungen im Organismus haben
- Ich kann die Basensequenz einer m-RNA angeben, wenn die DNA-Basensequenz angegeben ist

2.4.2 Aminosäuren und Proteine

Der Zeitaufwand für die theoretischen Aspekte des Themas war in den einzelnen Kursen folgendermaßen:

Gymnasium/Realgymnasium: 4 Unterrichtseinheiten

Vertiefungskurs SKP: 7 Unterrichtseinheiten

Folgende Inhalte wurden vermittelt:

Strukturen von Aminosäuren

Unter diesem Punkt wurde vermittelt, welche Strukturmerkmale Aminosäuren auszeichnen, und die Chiralität bei Aminosäuren besprochen. Es wurden Beispiele für nicht-proteinogene Aminosäuren besprochen. Die Strukturen der genetisch codierten L-Aminosäuren und ihrer Klassifizierung wurden behandelt.

Eigenschaften von Aminosäuren

Die Besprechung der intramolekularen Protolyse bei Aminosäuren und die Ampholyteigenschaft der Aminosäuren gaben Anlass zur Wiederholung des in der 7. Klasse Gelernten zum Thema Säuren und Basen. Es wurde der Begriff des isoelektrischen Punktes erläutert und das Prinzip der Gelelektrophorese erklärt. Die Peptidbildung durch Kondensationsreaktion wurde erarbeitet, mit dem Molekülbausatz nachvollzogen und in Form von einfachen Übungsbeispielen gefestigt.

Struktur von Proteinen/Proteiden

Möglichkeiten der inter- und intramolekularen Wechselwirkungen bei Peptidketten wurden erarbeitet und darauf aufbauend die Strukturierung von Proteinen/Proteiden erläutert (Powerpointpräsentation). Besprechung der Denaturierung von Eiweiß.

Beispiele, Aufgaben und Bedeutung von Proteinen

An Hand konkreter einzelner Beispiele wurden Aufgaben und Bedeutung von Proteinen in der Natur besprochen bzw. diskutiert. Besonderer Schwerpunkt wurde dabei auf die Enzyme gelegt. Im Chemievertiefungskurs erfolgte dazu ein Vortrag einer Schülerin (Inhalt siehe Anhang).

2.4.3 Nucleinsäuren

Der Zeitaufwand für die theoretischen Aspekte des Themas betrug 4 bzw. 6 Unterrichtseinheiten.

Folgende Inhalte wurden vermittelt:

Nucleoside, Nucleotide, RNS, DNS

Es wurde der molekulare Aufbau der Molekülbausteine dieser Stoffe besprochen und erarbeitet sowie die Strukturierung der RNS und DNS aus chemischer Sicht beleuchtet. Als „Hausübung“ sollten die SchülerInnen eine DNS-Doppelhelix aus Papier falten (ein vom Dialog-Gentechnik zur Verfügung gestelltes Arbeitsblatt; siehe Anhang).

Genetische Codierung und Proteinbiosynthese, Gentechnik

Auch dieses Kapitel wurde aus molekularer Sicht im Chemieunterricht behandelt und ergänzte das im Biologieunterricht Gelernte bzw. machte dies verständlich. Die Gymnasiumklasse erarbeitete die Methodik der Gentechnik in Gruppen eigenständig an Hand folgender Fragen:

Arbeitet in 3er Gruppen!

Beantwortet mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Texte folgende Fragen:

- 1) Was ist in der Biotechnologie ein Vektor und wozu braucht man ihn?
- 2) Warum sind Wirtszellen mit pBR 322 gegen Ampizillin und Tetracyclin resistent?
- 3) Wie werden DNS-Abschnitte aus einer zu klonierenden DNS herausgeschnitten und auf den Vektor übertragen?
- 4) Wie werden neukombinierte Plasmide stabilisiert?
- 5) Was versteht man unter Transformation und Selektion?
- 6) Was ist eine cDNS? Wie erfolgt eine cDNS-Synthese?

Optional: Verfassen einen kurzen Artikel über Möglichkeiten der Anwendung von Gentechnik! Diskutiere allenfalls auch die Risiken!

Als Material erhielten die SchülerInnen Texte aus dem Textheft der Folienserie Gentechnologie (Nr. 14) des Fonds der chemischen Industrie Deutschlands (Kapitel 4: Veränderung und Selektion genetischer Information). Der optionale Arbeitsauftrag konnte als Hausarbeit (einzeln) bearbeitet werden bzw. wurde im Biologieunterricht aufgegriffen.

2.5 Experimentelle Perspektive

Experimentelle Arbeit wurde in allen Klassen ausschließlich in Form von Schülerübungen durchgeführt. Dies aber in unterschiedlichem Ausmaß bzw. Schwierigkeitsgrad.

2.5.1 Gymnasium

Zwei einstündige Experimentalprogramme:

1. Aminosäuren und Proteine

Dieses Experimentalprogramm wird am Ende des Kapitels Aminosäuren und Proteine durchgeführt und in der darauf folgenden Stunde nachbesprochen (vergleichen der Beobachtungen, Erklärungen der Phänomene). Die Experimente untermauern die im theoretischen Teil bearbeiteten Inhalte, dienen aber auch der Motivationssteigerung. (Siehe auch Kapitel 3.3.)

Schülerversuchsprogramm: Aminosäuren und Proteine

IMMER SCHUTZBRILLE TRAGEN!!!

Station 1: pH-Wert von Aminosäurelösungen

Chem. + Geräte: AS (Glycin, Alanin, Asparaginsäure, Lysin, Arginin,...), pH-Meter, RG

Von jeder der vorhandenen AS wird in je einem Rg eine kleine Spatel voll in ca. 5mL Deionat gelöst und mittels pH-Meter der pH-Wert festgestellt.

Fertige eine Tabelle an und sortiere nach Art der AS!

Station 2: Nachweisreaktion auf Aminosäuren

Chem. + Geräte: AS (z.B. Alanin), Ninhydrinlösung, Brenner, RG, RG-klammer

Stelle in einem Rg ca. 3ml einer wässrige AS-lösung her (Spatelspitze AS in ca. 3ml Deionat). Versetze mit einigen Tropfen Ninhydrinlösung und erhitze zum Sieden!

Beobachtung!

Station 3: Eigenschaft von Proteinen

Chem. + Geräte: Hühnereiweißlösung (Eiklar in 5% NaCl-Lösung), 1%ige CuSO₄-Lösung, verd. NaOH, Ethanol, verd. Ethansäure (Essigsäure), Brenner, RG, RG-klammer, Wasserbad

Untersuche die Eiweißlösung gemäß Tabelle, notiere die Beobachtungen und finde eine Erklärung für diese (Rückseite)!

	Beobachtungen
V1: 1ml Eiweißlösung mit einigen Tropfen Kupfersulfatlösung versetzen u. schütteln.	
V2: 1ml Eiweißlösung mit ca. 1mL Ethanol vermischen und schütteln.	
V3: 1ml Eiweißlösung im Wasserbad erhitzen.	
V4: 1ml Eiweißlösung mit ca. 1ml verd. Ethansäurelösung vermischen.	

Station 4: Nachweis von Proteinen

Chem. + Geräte: Hühnereiweißlösung (Eiklar in 5% NaCl-Lösung), 1%ige CuSO₄-Lösung, verd. NaOH, Ninhydrinlösung, konz. Salpetersäure, Brenner, RG, RG-klammer

Führe mit der Eiweißlösung die Nachweisreaktionen gemäß Tabelle durch und notiere die Beobachtungen!

	Beobachtungen
V1: 1ml Eiweißlösung mit konz. Salpetersäure (ACHTUNG ÄTZEND!) tropfenweise versetzen und bis zur Farbveränderung ev. vorsichtig erwärmen (Xanthoproteinreaktion).	
V2: 1ml Eiweißlösung mit 1ml Ninhydrinlösung versetzen und vorsichtig zum Sieden bringen!	
V3: 8ml Deionat mit 5 Tropfen CuSO ₄ -Lösung und 2ml NaOH-Lösung mischen, dann 1ml Eiweißlösung zufügen (Biuret-Reaktion).	

2. DNA-Isolierung aus Obst/Gemüse

Dieses Experimentalprogramm kann irgendwann im Laufe des Kapitels Nucleinsäuren durchgeführt werden. Es stammt aus den Unterlagen, der vom Dialog-Gentechnik Schulen auf Wunsch zur Verfügung gestellt wird (www.dialog-gentechnik.at).

DNA-Isolierung aus Obst und Gemüse

Kurzbeschreibung:

DNA (engl., **Deoxyribonucleic acid**) ist heutzutage in aller Munde – nicht nur sprichwörtlich, sondern tatsächlich, denn DNA ist ein wertvoller Bestandteil unserer Nahrung! Egal, ob jemand lieber Schnitzel, Tofu, Reis, Nudeln, Äpfel, Gugelhupf oder Schokolade isst – überall ist DNA drin. Denn unsere Lebensmittel stammen aus der Natur, von Pflanzen, Tieren und Pilzen. Und alles was lebt besteht aus Zellen, deren Zellkerne als Erbmaterial DNA enthalten, auf der wie aufgefädelt die Gene liegen.

Täglich nehmen wir mit der **Nahrung** ca. **1g DNA** auf, die im Magen in einzelne, winzige Bausteine zerlegt wird. Da die DNA aller Lebewesen gleichartig aufgebaut ist können diese **Bausteine** vom Menschen **zum Aufbau körpereigener DNA** wiederverwendet werden.

Mit diesem einfachen Experiment kann eindrucksvoll DNA aus verschiedenen Obst- und Gemüsesorten isoliert werden.

Voraussetzungen und Materialien:

Unbedingt erforderlich für das Experiment sind pro Arbeitsgruppe_a:

½ - 1 Frucht (Obst oder Gemüse, z.B. Tomaten, Zwiebel, Orangen, Erdbeeren)

1 Schneidbrett

1 Messer

1 Mörser mit Pistill

2 Gut verschließbare kleine (ideal: 50ml) Glas- oder Plastikgefäße

ca. 5ml Geschirrspülmittel

ca. 2g (1 TL) NaCl

ca. 45ml Wasser
1 Trichter
1 Filterpapier
ca. 20ml Isopropanol

Arbeitsanleitung:

DNA-Isolierung:

1. Fülle **5ml Spülmittel, 2g (1 TL) Kochsalz und 45ml Wasser** ins gut verschließbare Gefäß.
2. Verschließe das Gefäß fest und **schüttele** es gut bis sich das Salz löst.
3. Bereite die Filtration vor (Filter falten und in den Trichter geben).
4. **Zerkleinere** das Obst/Gemüse auf dem Schneidbrett mit dem Messer.
5. Fülle das geschnittene Obst/Gemüse in den Mörser.
6. Füge die Spülmittel-Salz-Wasser Lösung hinzu und brich die Obst/Gemüse-Zellen ca. **5 Sekunden** lang auf – Achtung: nicht zu lange zerreiben, sonst zerstörst du die DNA!
7. **Filtriere** die Lösung ins zuerst verwendete gut verschließbare Gefäß – dieser Arbeitsschritt kann bis zu 10 Minuten dauern.
8. Fülle **20ml Filtrat** in das zweite gut verschließbare Gefäß
9. Füge **20ml** (bzw. gleiches Volumen wie das Filtrat) **Isopropanol** hinzu, verschließe das Gefäß und mische vorsichtig durch Kippen.

Durch diese Behandlung wird ein **wolkenartiges Knäuel** in der Lösung sichtbar, die **DNA!**

Was ist passiert?

Das Kleinschneiden des Obstes/Gemüses und Wasser erleichtern die Handhabung und später dem Mixer die Arbeit. Durch das Geschirrspülmittel werden die Zellwände gelöst und dadurch zerstört. Damit möglichst viele Zellen aufgebrochen werden, müssen die Obst- und Gemüseteile gemixt, püriert oder zerrieben werden. Das Zellinnere wird frei und schwimmt zunächst in seiner Gesamtheit in der Lösung. Durch Filtrieren werden die groben Teile – alles Unlösliche – abgetrennt. Die DNA bleibt in der filtrierten Flüssigkeit. Nach Zugabe des Alkohols zum salzigen Filtrat ist die DNA nicht mehr löslich und wird sichtbar, sie „fällt aus“, wie die GentechnikerInnen dazu sagen. Sichtbar werden die einzelnen Fäden der DNA, die ein wolkenartiges Knäuel bilden. Dieses besteht aus vielen Millionen DNA Strängen aus den Tausenden Zellen des ursprünglichen eingesetzten Obstes/Gemüses.

Zusatzinfo:

DNA ist farblos beziehungsweise schneeweiß, wenn sie als Salz vorliegt. Eventuell auftretende Färbungen der isolierten DNA – zB rot bei Tomaten – stammen von Pflanzenfarbstoffen, die nicht vollständig abgetrennt wurden.

2.5.2 Realgymnasium

Dieses zweistündige Experimentalprogramm¹ wird am Ende des Kapitels Aminosäuren und Proteine durchgeführt und in der darauf folgenden Stunde nachbesprochen (vergleichen der Beobachtungen, Erklärungen der Phänomene). Zum Unterschied vom Gymnasium ist es etwas länger und Begründungen bzw. Erklärungen sollen mit den vorliegenden Informationsquellen (div. Bücher, Internet, CD-RÖMPP usw.) bearbeitet werden. Im Folgenden sind nur die zusätzlich zum Gymnasiumprogramm durchgeführten Übungen angeführt.

¹ Grundsätzlich kann natürlich auch wie im Gymnasium das DNS Experimentalprogramm durchgeführt werden. Aus Zeitgründen (entfallene Stunden) wurde das aber von mir in diesem Schuljahr nicht durchgeführt.

Schülerversuchsprogramm: Aminosäuren und Proteine

Ergänzung zum Gymnasiumsprogramm

IMMER SCHUTZBRILLE TRAGEN!!!

Station: Funktionelle Gruppen von Aminosäuren

Chem. + Geräte: AS (z.B. Glycin), Universalindikatorlösung, Formalinlösung RG

In einem RG wird eine kleine Spatel Glycin in ca. 5ml Deionat gelöst und 4-5 Tropfen Universalindikatorlösung zugetropft. Gib die Hälfte der Lösung in ein zweites RG und versetze diese mit etwas Formalinlösung.

Beobachtung und Erklärung! (Hinweis: Formalin reagiert mit der Aminogruppe der AS und blockiert diese!)

Station: Nachweis von Schwefel in Proteinen

Chem. + Geräte: Hühnereiweißlösung (Eiklar in 5% NaCl-Lösung), Bleiacetatpapier, Brenner, RG, RG-Klammer, Abzug!

1ml Eiweißlösung in ein RG geben und am Brenner kräftig erhitzen bis das Wasser verdampft ist. Dann in die entstehenden (übelriechenden) Dämpfe feuchtes Bleiacetatpapier halten!

Beobachtung, Erklärung!

2.5.3 Ch-vertiefungskurs/Sir-Karl-Popper-Schule

In diesem Kurs des Hochbegabtenzweiges wurden mehrere Experimentalprogramme durchgeführt. Nach der theoretischen Phase des Kapitels Aminosäuren und Proteine, das bewusst sehr knapp gehalten wurde, da die SchülerInnen des Kurses das Wissen weitgehend eigenständig im Rahmen des Experimentalprogrammes erarbeiten sollen, wurde ein 4-stündiges Experimentalprogramm „Aminosäuren und Proteine“ durchgeführt, das zusätzlich noch theoretischen Teil beinhaltet.

Nach der theoretischen Phase über Nucleinsäuren wurde das schon unter Kapitel 2.5.1. beschriebene DNS-Experimentalprogramm durchgeführt.

Ein weiteres Experimentalprogramm (halbtägig) wurde im Anschluss daran fächerübergreifend, gemeinsam mit dem Vertiefungskurs Biologie der Schule durchgeführt. Dieses wurde aber am Vienna Biocenter der Universität Wien, angeboten vom Dialog-Gentechnik, durchgeführt.² Es beinhaltet zunächst einen theoretischen Teil, in dem der Restriktionsverdau von Plasmid-DNS und die Methodik der DNS-Gelelektrophorese wiederholt wurden (die Grundlagen wurden vorher schon an der Schule fächerübergreifend unterrichtet). Im Anschluss daran führten die SchülerInnen in Gruppen die DNS-auftrennung praktisch durch. In den Wartezeiten im Laufe der Experimente wurde die Methodik und Bedeutung der PCR erläutert.

In einem weiteren zweistündigen Experimentalprogramm wurden Aminosäuren in frisch gepresstem Orangensaft dünnenschichtchromatographisch nachgewiesen.

² Dieses Angebot steht grundsätzlich jeder interessierten SchülerInnengruppe zur Verfügung und ist an einen geringen Kostenersatz (ca. 3 EURO pro TeilnehmerIn) gebunden. Kontakt: www.dialog-gentechnik.at

Schülerversuchsprogramm: Aminosäuren und Proteine

IMMER SCHUTZBRILLE TRAGEN!!!

Station 1: Aminosäuren

Chem. + Geräte: AS (Glycin, Alanin, Asparaginsäure, Lysin, Arginin,...), Univ.ind.lösung, Formalinlösung, pH-Meter, Rg

Versuch 1: Funktionelle Gruppen

In einem Rg wird eine Spatel einer AS (z.B. Glycin) in ca. 5mL Deionat gelöst und 4-5 Tropfen Universalindikatorlösung zugetropft. Man bestimme durch Farbvergleich etwa den pH-Wert. Nun wird ein Teil dieser Lösung in einem anderen RG mit etwas Formalinlösung versetzt.

Beobachtung und Erklärung im Protokoll festhalten! (Hinweis: Formalin reagiert mit der Aminogruppe der AS und blockiert diese!)

Versuch 2: pH-Wert von AS-lösungen

Von jeder der vorhandenen AS wird in je einem Rg eine kleine Spatel voll in ca. 5mL Deionat gelöst und mittels pH-Meter der pH-Wert festgestellt.

Fertige eine Tabelle an und sortiere nach Art der AS! Zeichne jeweils die Konfigurationsformel der AS auf und erläutere das experimentell ermittelte Ergebnis!

Station 2: Nachweisreaktionen für AS und Proteine

Chem. + Geräte: AS (Alanin, arom. AS) Eiweißlösung, conc. HNO_3 , ca. 1%ige CuSO_4 -Lösung, verd. NaOH, Ninhydrinlösung, Brenner, Rg, Glasstab

Herstellung einer Eiweißlösung: (wenn nicht bereits vorhanden)

Man trennt das Eiklar vom Dotter. Dem Eiklar wird etwa die 10fache Menge Kochsalzlösung zugefügt und solange mit einem Glasstab umgerührt bis eine homogene Lösung entsteht.

Versuch 1: Xanthoproteinreaktion

In einem Rg wird eine Spatel einer arom. AS in ca. 2mL Deionat gelöst und mit etwa ebensoviel conc. Salpetersäure versetzt, danach vorsichtig erhitzt! Der Versuch wird mit etwas Eiweißlösung wiederholt!

Beobachtungen und Erklärungen im Protokoll festhalten!

Versuch 2: Biuret-Reaktion

Ca. 8ml dest. Wasser mit 5 Tropfen CuSO_4 -Lösung und 2ml NaOH-Lösung mischen und etwas Eiweißlösung zufügen.

Beobachtung und Erklärung im Protokoll festhalten!

Versuch 3: Ninhydrinreaktion

Zu 3mL einer wässrigen AS-lösung (z.B. Alanin) werden einige Tropfen Ninhydrinlösung gegeben und zum Sieden erhitzt. Der Versuch wird mit Eiweißlösung wiederholt.

Beobachtungen und Erklärungen im Protokoll festhalten!

Station 3: Hydrolyse von Gelatine und Nachweis der AS

Chem. + Geräte: Glycin, CuCO_3 , verd. NaOH , Speisegelatine, conc. H_2SO_4 , Na_2CO_3 , Indikatorpapier, 50mL Becherglas, Brenner, Rg

Versuch 1: Kupferkomplexbildung einer AS

In einem Rg wird eine Spatel einer AS (z.B. Glycin) in ca. 2mL Deionat gelöst mit einer Spatelspitze Kupfercarbonat versetzt und anschließend erhitzt. Es bildet sich eine lösliche tiefblaue Kupfer-AS-Komplexverbindung!

Versuch 2: Hydrolyse von Gelatine

1 Blatt Gelatine wird in 10 mL Deionat in einem Becherglas durch gelindes Erhitzen gelöst. Man gibt ca. 1mL conc. H_2SO_4 dazu und kocht 10 Minuten. Die Flüssigkeitsmenge wird durch wiederholte Zugabe von Wasser konstant gehalten – RÜHREN! Nach dem Abkühlen wird mit Natriumcarbonat neutralisiert (pH-Papier verwenden). Anschließend wird eine Spatelspitze CuCO_3 zugefügt und erneut erhitzt.

Beobachtung und Folgerungen im Protokoll festhalten!

Station 4: Denaturierung von Proteinen

Chem. + Geräte: Eiweißlösung, verd. Ethansäure, Kupfersulfatlösung, Ethanol verg., Brenner, Rg

- 1.) Etwas Eiweißlösung mit ca. 1mL Ethansäure versetzen!
- 2.) Etwas Eiweißlösung mit ca. 1mL Kupfersulfatlösung versetzen!
- 3.) Etwas Eiweißlösung mit ca. 1mL Ethanol versetzen!
- 4.) Etwas Eiweißlösung in einem Rg erhitzen!

Beobachtungen und Erklärungen im Protokoll festhalten!

Theoretische Aufgaben/Übungen:

- 1.) Aspartam ist ein künstlicher Süßstoff. Es handelt sich um ein Dipeptid aus Asparagin und Phenylalanin. Zeichne die Konstitutionsformel von Aspartam!
- 2.) Welche Gesamtladung (+, 0, -) haben folgende Proteine bei physiologischen pH-Werten um 7?
Lysozym IP=11
Pepsin IP=3
Insulin IP=5,5
- 3.) Die durchschnittliche Molmasse der natürlichen AS ist 138. Welche Molmasse besitzt ein 150 AS enthaltendes Protein durchschnittlicher AS-zusammensetzung? (Wasserabspaltung bei Kondensationsreaktion berücksichtigen)
- 4.) Welche Wechselwirkungen bewirken die Faltung der Proteine in die diversen Strukturtypen (sek., tert., quartär)? Schreibe in Formelschreibweise!
- 5.) Warum reagieren nur aromatische AS gemäß der Xanthoproteinreaktion?
- 6.) Worauf beruht die Ninhydrin-Reaktion?
- 7.) Zeichne die Konfigurationsformeln von folgenden beiden Dipeptiden:
L-Ala-L-Leu und D-Ala-L-Leu
In welchem Isomerieverhältnis stehen die beiden Dipeptide zueinander?

Experimentalprogramm: Aminosäuren in frisch gepresstem Orangensaft

Chem. + Geräte: DC-Kammer (Marmeladeglas), DC-Kieselgel 60 Folie, Kapillaren, Fön, Fließmittel (Ethanol:Deionat=35:15), div. AS-Lösungen (0,5g in 100ml HCl_{aq}(c=0,1mol/L); Gly, Ala, Phe, Asp, Arg, Pro, Ser), Ninhydrinlösung als Sprühreagenz, Orange, Orangen(Zitronen)presse, Trichter, Filterpapier, Rg, Eppendorf tubes oder ähnliche kleine Gefäße, Trockenschrank (110°C), ev. Handschuhe, Pinzette

Man presst eine halbe Orange aus und filtriert den Saft. Davon werden 3 mal 1µl auf die DC-platte aufgetragen. Dazwischen Substanzfleck immer trockenfönen. Von drei der Referenz-AS-Lösungen werden jeweils 0,5µL aufgetragen. Es werden auf diese Weise 2 DC-Folien mit je einem Substanzfleck und drei ReferenzAS hergestellt.

Nach dem Entwickeln DC-Platte trockenfönen, auf Zeitungspapier mit Ninhydrinreagenz satt besprühen, trockenfönen und ca. 10 Minuten in den heißen Trockenschrank legen.

Aufgabe: Werte die Chromatogramme aus: Bestimme die Rf-Werte der einzelnen AS und vergleiche mit den Rf-Werten des aufgetrennten Substanzflecks! Welche AS können im Orangensaft eindeutig nachgewiesen werden?

2.6 Fächerverbindende/Fächerübergreifende Aspekte

Der Themenkomplex Aminosäuren, Proteine und Nucleinsäuren eignet sich hervorragend für fächerverbindenden und fächerübergreifenden Unterricht mit Biologie und Umweltkunde. In Biologie wird das Thema Genetik häufig an den Anfang der 8. Klasse AHS (12. Schulstufe) gestellt. Ein fächerübergreifender Unterricht scheiterte bisher oft daran, dass die Biochemie in der Chemie-Lehrstoffverteilung zugunsten der klassischen Fachsystematik, wie sie an den Universitäten vorherrscht, an das Ende der Schulstufe gestellt wurde. Die in dieser Innovation vorgestellte Unterrichtskonzeption, die ich schon mehrmals mit geringfügigen Adaptionen in dieser Form durchgeführt habe, hat noch nie zu größeren Verständnisproblemen im Chemieunterricht geführt als sie bei Durchführung der klassischen Konzeption auftreten können. Im Gegenteil sind die SchülerInnen durch den fächerverbindenden Charakter des Themenkomplexes wesentlich besser motiviert sich sogar mit komplexeren Problemen zu beschäftigen. Ein weiterer Vorteil ist, dass mit diesem Thema sofort auch experimentelle Tätigkeiten für die SchülerInnen angeboten werden können. Das Thema ist lebensnäher und interessiert die SchülerInnen daher mehr.

Die Fächerverbindung kann in Absprache mit der/dem Kollegin/en, die/der die Klasse in Biologie und Umweltkunde unterrichtet, relativ unkompliziert hergestellt werden. In der Durchführung dieser Innovation wurde in den verschiedenen Klassen die mögliche Palette ausgenützt. In einer Klasse wurde in den getrennt, normal unterrichteten Unterrichtsstunden Biologie bzw. Chemie einfach immer auf die übergreifenden Aspekte verwiesen. In der zweiten Klasse erfolgte eine genauere Absprache über Zeitpunkt und Inhalte des Unterrichts in den beiden Fächern. Dies ermöglichte eine gute zeitliche Koordination der Inhalte. Im dritten Kurs wurde neben koordinativen Absprachen auch echt fächerübergreifend unterrichtet:

- Restriktionsverdau, DNS-Gelelektrophorese, PCR am Vienna Biocenter (siehe Kapitel 2.5.3.

Gemeinsam gestaltete (Experimental)doppelstunde: Damit wurde gleichzeitig das Problem gelöst, dass die SchülerInnen des Chemievertiefungskurses und Biologie-

vertiefungskurses nicht identisch sind, sondern einige jeweils nur einen der beiden Kurse besuchen. In dieser Doppelstunde haben die SchülerInnen des Chemiekurses eine Auswahl des von ihnen schon vorher durchgeführten Experimentalprogramms (siehe oben) zusammengestellt und dann in gemischten Gruppen (jeweils ein „Chemiker“ und ein „Biologe“) dieses Programm durchgeführt. Dabei bot sich Gelegenheit, dass die SchülerInnen voneinander lernten. Unklarheiten wurden von den Lehrpersonen beseitigt und bei Bedarf Ergänzungen angeboten.

Das Prinzip „Lernen durch Lehren“ konnte damit ganz unkompliziert umgesetzt werden. Einige der SchülerInnen erhielten damit einerseits als ExpertInnen eines Themas eine besondere Funktion im Unterricht, und andererseits feedback dafür, wo sie selbst allenfalls noch Unsicherheiten haben, die ihnen vorher nicht in diesem Ausmaß bewusst waren.

- Gemeinsam gestaltete wissenschaftliche Poster zum Themenkomplex (siehe Kapitel 2.7 und Anhang)

2.7 Außerschulische Perspektive und Produkte

Der Themenkomplex eignet sich ebenfalls hervorragend nicht rein innerschulische Perspektiven, also „normaler“ Unterricht, anzusprechen.

Mit verschiedener Intensität wurden außerschulische Aktivitäten bzw. außerschulische Personen in den Unterricht miteinbezogen:

Vortrag von Prof. Dr. Josef Penninger

Prof. Dr. Josef Penninger, Leiter des Institutes für molekulare Biotechnologie der österreichischen Akademie der Wissenschaften, zeigte in seinem Vortrag „Knochen, Krebs und T-Zellen“ sehr eindrucksvoll und in für die SchülerInnen sehr verständlicher Form die Bedeutung gentechnologischer Methoden für die medizinische Forschung auf.³

Vortrag von Prof. Dr. Renée Schröder

Prof. Dr. Renée Schröder, Leiterin des Instituts für Mikrobiologie und Genetik an der Universität Wien, faszinierte die SchülerInnen durch einen Vortrag über ihre Forschungsarbeiten. In ihrem Vortrag „Humangenomforschung“ fasste sie die wichtigsten Grundlagen der Genetik, die die SchülerInnen in den Wochen davor gelernt haben, noch einmal zusammen und gab einen Ausblick auf die von ihr durchgeführten Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der RNA.

Diese beiden Vorträge haben alle drei Klassen gehört.

³ Am in Bau befindlichen Institut wird auch ein „Zentrum“ für Schulkontakte und Informationen für SchülerInnen eingerichtet werden. Kontakt: <http://www.imba.oeaw.ac.at/index.html>

Experimentalpraktikum am Vienna Biocenter

Der Chemie- und Biologievertiefungskurs der Sir-Karl-Popper-Schule führte ein fächerübergreifendes Experimentalpraktikum mit theoretischer Einführung und Ergänzung an der Universität Wien durch, das von der Initiative Dialog-Gentechnik angeboten wurde. Siehe Kapitel 2.5.3 und 2.6.

Lehrausgang ans IMP (Institute of molecular pathology)

Die beiden Schwerpunktkurse der Sir-Karl-Popper-Schule führten weiters einen (fächerübergreifenden) halbtägigen Lehrausgang ans IMP, ein Forschungsinstitut von Boehringer-Ingelheim, das auch am Vienna Biocenter angesiedelt ist, durch. Auch dieses Institut steht prinzipiell jeder Schülergruppe offen und man kann vereinbaren, welche Themen man vorgestellt bekommen möchte⁴. Die SchülerInnen hatte Gelegenheit Einblick in die Forschung der Proteinkristallisation zu bekommen. Weiters wurde ihnen erklärt und vorgeführt wie DNS-Sequenzierung durchgeführt wird.

Erstellung von Postern

Einige SchülerInnen der Schwerpunktkurse haben im Rahmen der gesamten Unterrichtssequenz zwei Poster in professioneller Form erstellt (Siehe Anhang). Eines gibt einen Überblick über die Struktur der Proteine und die DNS. Das andere erläutert die DNS-Gelelektrophorese und die PCR.

⁴ Kontakt: <http://www.imp.univie.ac.at/>

3 DISKUSSION

Um den Durchführungsteil dieser Dokumentation nicht mit theoretischen didaktischen Überlegungen zu unterbrechen, werden diese Begründungen und Überlegungen erst hier übersichtlich dargestellt. Im Rahmen der Unterrichtsplanung neuer Phasen müssten derartige Überlegungen vorangestellt werden. Zur Erleichterung der Arbeit können die Fragen im GBK und das Formblatt (siehe Anhang) verwendet werden.

3.1 Realisierung der didaktischen Konzeptionen

Mit der Durchführung des Themenkomplexes werden fast alle im neuen Chemielehrplan geforderten Konzeptionen der didaktischen Grundsätze verwirklicht. Dies bedeutet im Einzelnen folgendes.

3.1.1 Stoff-Teilchen-Konzept

Im Rahmen dieses Konzepts werden die erfahrbaren Phänomene der stofflichen Welt und deren Deutung auf der Teilchenebene konsequent unterschieden.

Die Umsetzung des Konzepts in der Innovation erfolgt dadurch, dass die aus der Erfahrungswelt der SchülerInnen bekannten Eiweißstoffe, die ihnen später auch im experimentellen Bereich sinnlich erfahrbar gemacht werden, nun auch im Unterricht auf der Teilchenebene betrachtet werden und die sie nun als aus Untereinheiten bestehende Makromoleküle erfassen können. Das Konzept tritt im theoretischen Unterricht immer wieder auf. Die Arbeit mit Molekülbaukästen veranschaulicht diesen wichtigen Aspekt der Chemie und machen ihn „begreifbar“. Durch die fächerverbindende und fächerübergreifende Zusammenarbeit mit der Biologie wird der Standpunkt der Chemie für die SchülerInnen deutlich: die Chemie leistet eben den molekularen Beitrag für das Verständnis der (Lebens)vorgänge.

3.1.2 Struktur-Eigenschafts-Konzept

Die Strukturbetrachtung der Aminosäuren, der Proteine und der Nucleinsäuren mit ihren Bausteinen stehen im Unterrichtsprozess im Zusammenhang mit den Eigenschaften dieser Stoffe. Die Eigenschaften der Proteine, die Denaturierung, die Nachweismöglichkeiten der Eiweiße werden sowohl in den theoretischen Phasen als auch im praktischen Teil mit der Strukturbetrachtung verknüpft. Die Funktion von Enzymen etwa macht die Notwendigkeit von Strukturuntersuchungen besonders deutlich. Dieses Konzept zieht sich damit über die gesamte Unterrichtseinheit.

3.1.3 Donator-Akzeptor-Konzept

An Hand der intramolekularen Protolyse der Aminosäuren, der Beschreibung der amphoteren Eigenschaften der Aminosäuren und der Erklärung des Zustandekommens der unterscheidbaren Protein- und Proteidstrukturen durch inter- bzw. intramolekulare Wechselwirkungen können die SchülerInnen die Bedeutung der Donator-

Akzeptor-Wechselwirkungen als übergeordnetes Konzept chemischer Umsetzungen erfassen.

3.1.4 Energiekonzept

Der mit der Bildung und dem Abbau von Proteinen verbundene Energieumsatz kann im Rahmen der theoretischen Einheiten betrachtet werden. Es wird damit eine Brücke zu Stoffwechselprozessen hergestellt, die an diese Unterrichtsphase anschließen könnte.

3.1.5 Gleichgewichtskonzept

Bei der Betrachtung der Reaktion von Zwitterionen in Lösungen unterschiedlichen pH-Werts wird wieder auf die Reversibilität von chemischen Prozessen aufmerksam gemacht. Der Gleichgewichtszustand als dynamisches Gleichgewicht wird betont. Im Rahmen der Behandlung der Enzyme (Bedeutung von Proteinen) wird das Fließgleichgewicht betrachtet.

3.2 Realisierung der inhaltlichen Leitlinien des GBK

Die im Grundbildungskonzept angebotenen inhaltlichen Leitlinien bestärken nicht nur die Entscheidung biochemische Inhalte an den Anfang der organischen Chemie quasi als Einstieg zu wählen, sondern helfen auch in der Auswahl der Subthemen dieses Komplexes.

Weltverständnis und kulturelles Erbe

Die Unterkapitel „Aufgaben und Bedeutung von Proteinen“ und „Genetischer Code und Proteinbiosynthese“ geben Einblick in Zusammenhänge von Lebensprozessen aber machen auch verständlich, dass Grundlagenwissen und Grundlagenforschung erst Fortschritte der Menschheit ermöglicht. Man denke etwa an die Erforschung von Krankheiten, denen Gendefekte zugrunde liegen, oder die Möglichkeiten der Diagnose und Heilung von Krankheiten, denen gentechnische Methoden zugrunde liegen. Im Rahmen des Themenkomplexes, speziell im fächerübergreifenden Bereich, bieten sich zahlreiche Möglichkeiten auch weltanschauliche Fragen zu diskutieren.

Alltagsbewältigung

Alle anfangs genannten Teilgebiete dieses Themenkomplexes tragen dazu bei, den SchülerInnen bewusst zu machen, was im Nanobereich unentwegt – auch während gerade dieses Unterrichtsthema behandelt wird – im eigenen Körper vorgeht.

Auf die Alltagssituation treffen gerade auch die praktischen, experimentellen Tätigkeiten zu: Denaturierung von Eiweiß (Kochen, Gefahren für Proteine und damit für einen Organismus, Bedeutung von Puffersystemen in Organismen und die damit verbundene Problematik bei Störung von diesen Gleichgewichten), Nachweismöglichkeiten von Eiweiß (Bezug zur Kriminalistik).

Gesellschaftsrelevanz

Der Themenkreis um die Genetik (Was ist ein Gen? Wie wird exprimiert? Wie funktionieren gentechnische Methoden? Genanalyse usw.) befähigt die SchülerInnen mit einem soliden Hintergrund entscheidungsfähig zu sein, wenn Fragen in diesem Zusammenhang in der Gesellschaft auftauchen. Dies ist nahezu täglich der Fall. Wie weit darf die Genforschung gehen? Sollen gentechnische Methoden verboten werden? Fragen dieser Art können ernsthaft nur mit einem guten Allgemeinwissen auf dem unterrichteten Gebiet beantwortet werden.

Wissenschaftsverständnis

Die in den Kapiteln 2.5. und 2.7. genannten Themen bieten eine große Zahl an Möglichkeiten zum Beobachten und Experimentieren, sowie Hinterfragen und Erklären, Argumentieren und Interpretieren von Ergebnissen.

Berufliche Orientierung und Studierfähigkeit

Das gesamte Themengebiet hat in seiner Durchführung gezeigt, dass dieser Aspekt jedenfalls abgedeckt wird. In allen drei Kursen haben sich SchülerInnen so für dieses Thema interessiert bzw. wurde in ihnen Interesse geweckt, ein Studium oder eine Ausbildung im Bereich der Biochemie/Genetik zu beginnen. Die Lehrausgänge an die Universität haben einen sehr anschaulichen und intensiven Einblick gegeben, was Studienanfänger auf diesem Gebiet erwartet.

3.3 Realisierung der methodischen Leitlinien

Der in dieser Innovation beschriebene Themenbereich ermöglicht weitreichende Variationsmöglichkeiten in den Methoden. Viele wurden im Rahmen der Durchführung dieses Projekts abgedeckt und die im neuen Chemielehrplan der AHS-Oberstufe vorgesehene minimale oder maximale Realisierung erprobt.

Empirisch arbeiten und erfahrungsgeleitet lernen

Durchführung, Dokumentation und Deutung von Experimenten sowie ein sicherer Umgang mit Chemikalien wird als unverzichtbarer Bestandteil des Chemieunterrichts gesehen. Diese Leitlinie wird bei Durchführung der beschriebenen Schülerexperimentalprogramme sehr weitgehend erfüllt. Das Programm des Schwerpunktkurses Chemie (Kapitel 2.4.3.) stellt die optimale Erfüllung dieser Leitlinie dar. Die Leitlinie kann aber auch minimal leicht realisiert werden, wenn man beispielsweise die Eiweißdenaturierungs- und –nachweisreaktionen als Demonstrationsversuche in den theoretischen Unterricht einbaut.

Situiert und an Hand authentischer Probleme lernen

Ausgangspunkt für Lernen sollen realistische und relevante Probleme sein. Minimal realisiert wird diese Leitlinie, wenn im Rahmen der Beispiele verschiedener Proteine und deren Bedeutung vorwiegend solche besprochen werden, die den Schülern grundsätzlich aber nicht unter dem betrachteten Aspekt eines chemischen Stoffes bekannt sind (Blut, Kollagen, Keratin, Lysozym usw.). Ebenso die Bedeutung der

Proteinstrukturen etwa am Beispiel trockene, nasse, dauergewellte Haare oder die Löslichkeit der Proteine in verschiedenen Medien.

Weitergehend, vertiefend realisiert wird diese Leitlinie z. B. im Rahmen der Vorträge der eingeladenen Wissenschaftler.

Die maximale Realisierung wird in der fächerübergreifenden Arbeit erreicht. Die Sichtweise der Chemiker (molekulare Betrachtung) und diejeniger der Biologie zur gleichen Zeit zu erleben, war optimal.

In vielfältigen Kontexten lernen

Ursprüngliche und neu erworbene Kenntnisse sollen nicht auf eine bestimmte Situation fixiert bleiben, sondern Inhalte in verschiedenen Zusammenhängen gelernt werden.

Bei der Behandlung des Kapitels der intramolekulare Protolyse von Aminosäuren, wird wieder auf die Säuren/Basen-Theorie, die im Vorjahr an anorganischen Beispielen gelernt wurde, zurückgegriffen und diese Kenntnisse nunmehr auf einen neuen Inhalt angewendet.

Ein anderes Beispiel zur Realisierung dieser Leitlinie ist die Anwendung verschiedenster Wechselwirkungen chemischer Stoffe zur Strukturbildung von Proteinen. Das Wissen um ionische Wechselwirkung, Van-der-Waals-Kräfte, die beim Wasser gelernte Wasserstoffbrückenbindung und kovalente Bindung wird benötigt, aufgefrischt und angewendet. Maximale Realisierung kann erreicht werden, wenn das Problem nicht vom Lehrer aufgezeigt und erörtert wird, sondern die SchülerInnen z.B. mit einer langen Aminosäurekette konfrontiert werden (Modell oder Zeichnung) und z.B. in Gruppen erarbeiten müssen, wie sich diese Kette im Raum strukturieren könnte.

Die Kenntnis der Kondensationsreaktion wird innerhalb des Themenkomplexes mehrfach angesprochen. Erstmals tritt sie bei der Peptidbildung auf und wird bereits wenig später bei der Bildung von Nukleotiden wieder benötigt.

Unter multiplen Perspektiven lernen

Dabei geht es um die Betrachtung und Behandlung von Inhalten und Problemen aus verschiedensten Blickwinkeln.

Bei der theoretischen Darbietung der Inhalte können die unterschiedlichen Sichtweisen von der Lehrperson betont werden. Wenn etwa erläutert wird in welchen Bereichen Denaturierung von Eiweißstoffen passieren oder beobachtet werden können, oder bei der Erläuterung, wo Eiweißnachweisreaktionen von Bedeutung sind (chemische Analytik, Kriminalistik). Besser realisiert wird diese Leitlinie, wenn tatsächlich Lehrausgänge organisiert werden. Angebote dazu gibt es für diesen Bereich viele, etwa das Angebot des Dialog-Gentechnik an der Universität. Auch die Einladung von Forschern und Experten fördert den betrachteten Aspekt.

In einem sozialen Umfeld lernen

Der Lehrplan fordert, dass gemeinsames Lernen und Arbeiten, wie auch Kooperation von Lernenden und Experten im Rahmen situierter Problemstellungen Bestandteil möglichst vieler Lernphasen sein soll.

Diese Leitlinie wird bei diesem Themenkomplex beispielsweise durch Gruppenarbeiten (Übungen, Moleküle bauen) im theoretischen Unterricht erreicht. Eine stärkere Realisierung erfolgt bei der Arbeit in den Experimentalprogrammen, wenn die Schülerinnen in Gruppen Problemstellungen lösen müssen, einander zuhören müssen, miteinander arbeiten müssen. Besonders stark realisiert wurde die Leitlinie, indem die Chemievertiefungskurs-Gruppe Experimente für die Biologiegruppe vorbereitete und diese gemeinsam durchführten.

Mit instruktionaler Unterstützung lernen

Am Anfang jedes Teilkapitels ist es zweckmäßig das nötige Wissen für die weitere Bearbeitung bereitzustellen, so dass in der Regel Lehrervorträge, dazwischen aber auch ein Schülervortrag (Enzyme), durchgeführt wurden.

Mit medialer Unterstützung lernen

Diese Leitlinie kann einerseits dadurch realisiert werden, wenn etwa Vorträge durch Powerpointpräsentationen oder mit Overheadfolien ansprechend visualisiert werden. Die Arbeit mit Molekülbaukästen kann durch Zeichnen von Molekülen mit Moleküldarstellungsprogrammen (z.B. ISIS) ergänzt werden. Besonders gut geeignet sind Moleküldarstellungen von großen Eiweißstoffen, die als PDB-Dateien kostenlos aus dem Internet runterladbar⁵ und mit einem geeigneten Plugin (CHIME®⁶) darstellbar sind. Die Proteine können damit aus unterschiedlichsten Gesichtspunkten visualisiert werden (Rückgrat, alle Atome,...).

Maximal realisiert wurde diese Leitlinie dadurch, dass Schülergruppen Poster in elektronischer Form (Grafikprogramm) erstellt haben, die dann in A1-Format ausgedruckt werden konnten. Sie lernten dabei Kenntnisse und Fertigkeiten aus Chemie, Biologie, Informatik und künstlerische Aspekte zu verknüpfen.

3.4 Evaluation, Feedback, Replik und Ausblick

Die Sicherung des Unterrichtsertrags erfolgte einerseits über klassische Chemietests andererseits über die Experimentalprotokolle. Grundlage für den Teststoff stellten die unter Kapitel 2 beschriebenen Lernziele dar.

Zur Evaluation der Unterrichtsphase und als Möglichkeit für Feedback wurde ein Fragebogen erstellt, der je nach durchgeführten Inhalten bzw. Unterrichtstätigkeiten (z.B. Experimenten, Vorträge etc.) in den einzelnen Klassen adaptiert wurde.

Gefragt wurde einerseits nach dem Schwierigkeitsgrad der Inhalte aus SchülerInnen-sicht, andererseits aber auch nach Klarheit und Verständlichkeit der Experimentalvorschriften sowie der persönlichen Einschätzung des Nutzens von Schülerexperimenten im Rahmen des Unterrichts. Die SchülerInnen hatten auch die Möglichkeit

⁵ Z.B. unter <http://www.nyu.edu/pages/mathmol/library/life/life2.html> oder

<http://oca.ebi.ac.uk/oca-bin/pdblite>

⁶ www.mdlchime.com

Kommentare in eigenen Worten zu geben. Der Fragebogen wurde an die in der jeweiligen Klasse durchgeführten Programme angepasst. Einer davon ist im Anhang abgedruckt.

Da die Gruppen sehr klein sind, Gymnasium 14 SchülerInnen, Realgymnasium 12 SchülerInnen und Popperkurs 11 SchülerInnen, ist eine statistische Auswertung nicht sinnvoll.

Ich habe die Bögen daher qualitativ ausgewertet und möchte meine Schlussfolgerungen darstellen, aber auch die von SchülerInnen in Worten dazugeschriebenen Kommentare erwähnen.

Fragen im Bezug auf den Schwierigkeitsgrad der Lehrinhalte:

Der Schwierigkeitsgrad wurde bis auf wenige Ausnahmen als **eher leicht** eingestuft. **Bemerkungen dazu** waren:

Relativ viele Inhalte, Formel sind kompliziert, Verständnisanforderung ist hoch, Biologieunterricht war eine gute Unterstützung, Nachweisreaktionen sind schwer zu lernen, Proteinbiosynthese schwierig zu verstehen.

Fragen im Bezug auf die Schülerexperimentalprogramme:

Das Experimentieren hat allen **sehr gefallen**.

Bemerkungen dazu:

Veranschaulicht die Theorie, Versuche funktionieren, interessant, abwechslungsreich, es hat mir gefallen selbst Erfahrungen zu machen und aktiv zu sein, Experimente gehören generell zum Chemieunterricht, besseres Verständnis durch Experimentieren, Nachbesprechen von Experimentieren ist wertvoll, Unterricht wird durch Experimentieren interessanter und abwechslungsreicher

Die Arbeitsanweisungen im Experimentalprogramm waren **völlig klar**.

Der Lerneffekt aus den Schülerexperimentalprogrammen **eher hoch**.

Fragen zum Einsatz verschiedener Sozialformen im Unterricht:

Der Einsatz erschien den meisten optimal. Die Schülerbeteiligung im Unterricht wurde manchmal hervorgehoben. Von einem Schüler/in wurde bemerkt, dass Methodenwechsel die Aufmerksamkeit fördert.

Fragen zum fächerübergreifenden Charakter:

Der fächerübergreifende Charakter hat den meisten **eher gut gefallen**.

Bemerkungen dazu:

Hat das Verständnis für beide Fächer gefördert, hat das Gesamtbild vervollständigt, Gut für Auffrischung von Wissen, Biologiewissen für Chemie wichtiger, Kenntnisse werden in beiden Fächern verlangt, Biologie schafft den Überblick, Chemie geht ins Detail, Grundwissen wird verständlicher

Die **Abstimmung der Inhalte** zwischen Chemie- und Biologieunterricht wurde als **sehr gut** empfunden. (Auch in der Klasse, in der nur auf die entsprechenden Inhalte verwiesen wurde)

Fragen zum Lehrausgang an die Uni und den Vorträgen durch die Wissenschaftler:

Die Lehrausgänge wurden bis auf einzelne Ausnahmen aus **eher interessant**, die Betreuung durch die Universitätsangestellten **ziemlich gut** empfunden.

Bemerkungen dazu:

Interessant, anstrengend, oberflächlich, zu langer betriebswirtschaftlicher Teil (am IMP), professionell, organisatorisch ungünstig waren die langen Wartezeiten während des Experiments

Das persönliche Feedback ist ebenfalls sehr positiv ausgefallen und hat mich in meiner Arbeit bestärkt.

Ich führe den dargestellten Einstieg in die organische Chemie nun das dritte Jahr durch und bin mit dieser Form sehr zufrieden. Das Interesse und die Motivation der SchülerInnen ist von Anfang an hoch. Auch schwierige bzw. „trockene“ Themen (Formeln, Nomenklatur, Strukturen usw.) werden durch das Ziel, sich in kürze mit essentiellen Fragen der Bausteine des Lebens zu beschäftigen, das die SchülerInnen „vor Augen“ problemlos be- und erarbeitet.

Dieser Weg funktioniert sehr gut, zeigt mir, dass er verschiedenste Kriterien erfüllen kann (Leitlinien des GBK), und ist gut differenzierbar. Man kann einen knapperen Weg (siehe Konzept des Gymnasiums) beschreiten und diesen beliebig modulartig erweitern durch mehr Experimente, mehr Lehrausgänge, stärkeres Einbeziehen von außerschulischen Experten usw.

In Rahmen dieses Projekts habe ich versucht noch konsequenter diesen Weg zu begehen, genauer zu strukturieren und planen und ihn dann zu „evaluieren“. Das Ergebnis bestärkt mich in der Richtigkeit des Wegs, zeigte mir aber auch neue, zunächst eher unerwartete Aspekte. Beispielsweise dachte ich, dass der so gestaltete Chemieunterricht die Basis für das Verständnis für das Thema „Genetik“ Biologieunterricht in dem Sinne legt, dass das Chemiewissen für den Biologieunterricht wichtig ist. Die Umkehrung („Biologieunterricht war eine gute Unterstützung für Chemie“) wurde mir erst durch das Feedback bewusst, obgleich bei fächerübergreifendem Unterricht die wechselseitige Beeinflussung und Bereicherung auf der Hand liegt. Diese Erkenntnis zeigte mir meine bisher doch zu einseitige Betrachtung. Ein anderer, allerdings nicht ganz unerwarteter Aspekt ist die Tatsache, dass SchülerInnen sehr gut in der Lage sind Unterricht fair zu reflektieren und Kritik und Wünsche konstruktiv zu äußern und dies können sie umso besser und differenzierte, je begabter sie sind.

Ein ähnlicher aber doch alternativer Weg dieser Form des Einstiegs könnte die Thematisierung der Lebensmittelchemie an Stelle der Genetik sein, ein Weg, den ich auch ausprobieren möchte.

Der neue Chemielehrplan der AHS-Oberstufe ermöglicht in Zukunft auch eine Vorziehung der organischen Chemie. Die Einführung ins Grundlagenwissen der organischen Chemie kann daher bereits früher erfolgen und vom vorgestellten Konzept ab-

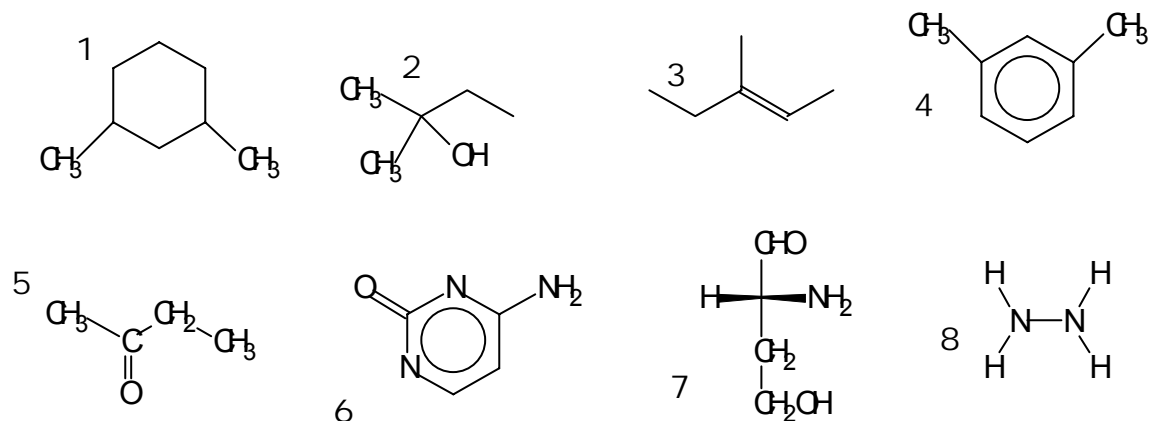
gekoppelt werden, sodass der biochemische Themenkomplex auch schon am Ende der 7. Klasse durchgeführt werden könnte.

4 ANHANG

4.1 Testaufgaben

Einführung in die organische Chemie:

Gegeben sind folgende Verbindungen:



1. a) Welche Verbindung ist keine organische Verbindung?

b) Gib den IUPAC-Namen für die Verbindung 3 an!

c) Gib für die Verbindungen 4 und 5 an, zu welcher Stoffklasse sie zugeordnet werden! (2)

4: 5:

d) Welche der angegebenen Verbindungen ist ein Alkohol? Begründe!

2. Welche der oben angegebenen Verbindungen ist chiral? Begründe! Benenne das Enantiomer mittels D/L-Nomenklatur! Erläutere, wie man die optische Aktivität der Verbindung messtechnisch feststellen kann! Wie wird die Substanz bezeichnet, wenn sie linksdrehend ist?

3. Gib zur Summenformel C_5H_{10} vier isomere Verbindungen mit Konstitutionsformeln an!

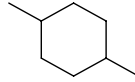
4. Zeichne die Konfigurationsformel für folgende Verbindung:

L-2-Hydroxy-2-methylbutanal!

5. Überprüfe die Angabentriplets: je drei Angaben beziehen sich auf eine Substanz, bei einer der Angaben hat sich ein Fehler eingeschlichen, zeichne ihn an und stelle richtig!

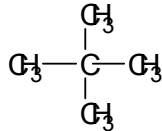
a)

1,2-Dimethylcyclohexan C_8H_{16}



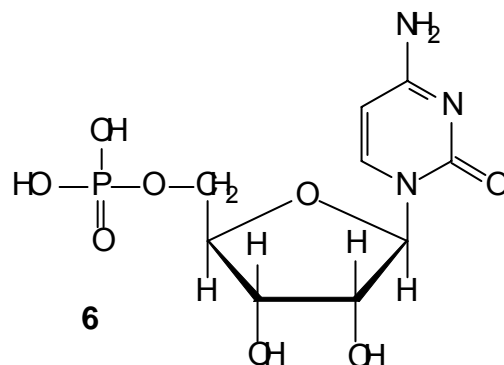
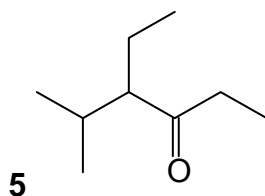
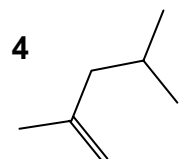
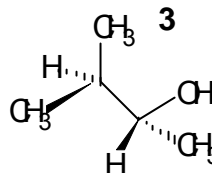
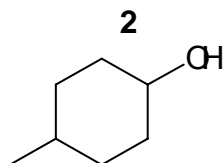
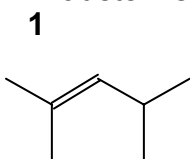
b)

2,2-Dimethylbutan C_5H_{12}



Aminosäuren und Proteine; Nucleoside, Nucleotide, DNS, RNS:

- In welche Richtung wandert bei der Gelelektrophorese die AS Tryptophan, wenn der pH-Wert 9 beträgt (I.P. = 5,9)? Begründe!
- Nenne (mit Hilfe der AS-tabelle) je eine neutrale, basische und eine saure AS! Zeichne die Konstitutionsformel für ein Dipeptid aus zwei der genannten AS!
- Nenne je ein Beispiel aus deinem alltäglichen Leben für die Denaturierung eines Eiweißes! Was passiert bei der Denaturierung?
- Welche Strukturunterscheidungen können bei Proteinen getroffen werden? Erläutere mit Beispielen!
- Welche der folgenden Verbindungen ist ein Nucleosid bzw. Nucleotid? Um welche Verbindungsart handelt es sich? Begründe! Welche Art von Base ist an den Zucker gebunden? Für welche Art von Nucleinsäure kann dies sein Baustein sein?



- Zeichne die Konstitutionsformel für das Dipeptid, das in der DNS durch folgende Basensequenz codiert ist: 5' GATAGG 3'! Gib an zu welcher Gruppe man die beiden AS zuordnen kann! (Gegeben Tabelle – genetischer Code!)

4.2 Ganzschrift des Schülerinnenvortrags „Enzyme“

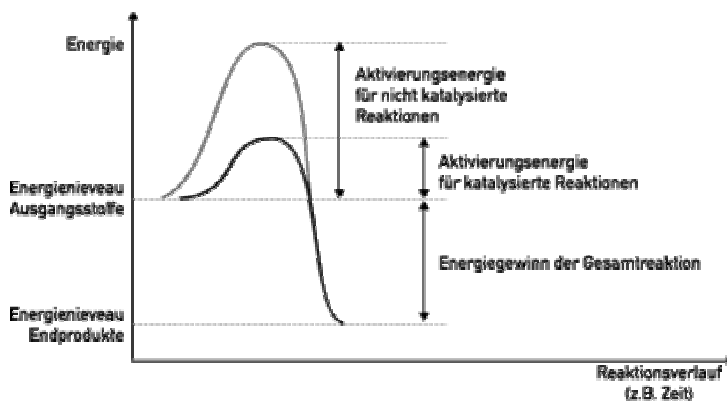
Bettina Schumi 8.E

ENZYME

Die biologischen Katalysatoren

Enzyme sind sogenannte Biokatalysatoren; sie setzen die Aktivierungsenergie herab und beschleunigen so eine Reaktion von Substraten in Produkten.

Grundsätzlich sind alle enzymatischen Reaktionen Gleichgewichtsreaktionen, so dass neben der Hin- auch die Rückreaktion von demselben Enzym katalysiert wird. Durch die Herabsetzung der Aktivierungsenergie beschleunigen Enzyme den Ablauf von chemischen Reaktionen, die bei der im Körper herrschenden Temperatur nicht mit einer biologisch wirksamen Geschwindigkeit ablaufen würden.

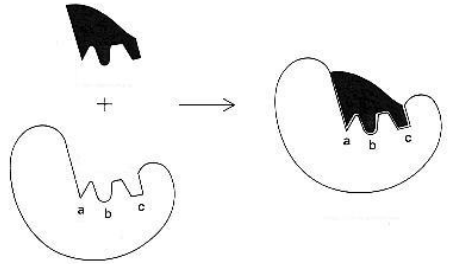


Ist die Aktivierungsenergie groß, reagiert das System träge (da ja mehr Energie für diese Reaktion aufgewendet werden muss), ist sie klein, ist ein rascher Reaktionsablauf möglich.

Grundlegende Eigenschaften von Enzymen:

- Enzyme bewirken eine Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit in einer für den Stoffwechsel und die laufende Energiegewinnung erforderlichen Größenordnung. Dabei wird jedoch das chemische Gleichgewicht nicht verschoben.
- Enzyme gehen unverändert aus der Reaktion hervor.
- Enzyme können in ihrer Aktivität reguliert werden.
- Enzyme sind hochspezifisch
 - Optische Spezifität (Stereospezifität): von zwei optischen Isomeren wird nur eines umgesetzt (D- oder L-Form)
 - Gruppenspezifität (Wirkungsspezifität): manche Enzyme reagieren mit mehreren (meist chemisch ähnlichen) Substraten in analoger Weise

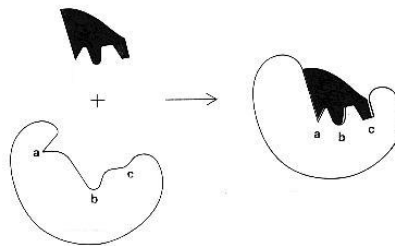
- Substratspezifität: nur ein bestimmter Ausgangsstoff wird umgesetzt
 - Charakteristisch für die Struktur von Enzymen ist eine strukturierte Einbuchtung im gefalteten Proteinmolekül, das sogenannte aktive Zentrum. Diese taschenförmige Aussparung ist nur für spezifische Substrate „zugänglich“ beziehungsweise eine bestimmte Teilstruktur des Substrates. Dieses Prinzip wird als **Schlüssel-Schloss-Mechanismus** bezeichnet.



Eine Weiterentwicklung dieses Modells ist die "Induced fit"-Hypothese.

Darin wird ausgesagt, daß sich die Substratbindungsstelle erst ausbildet,

wenn das Substrat an das Enzym bindet



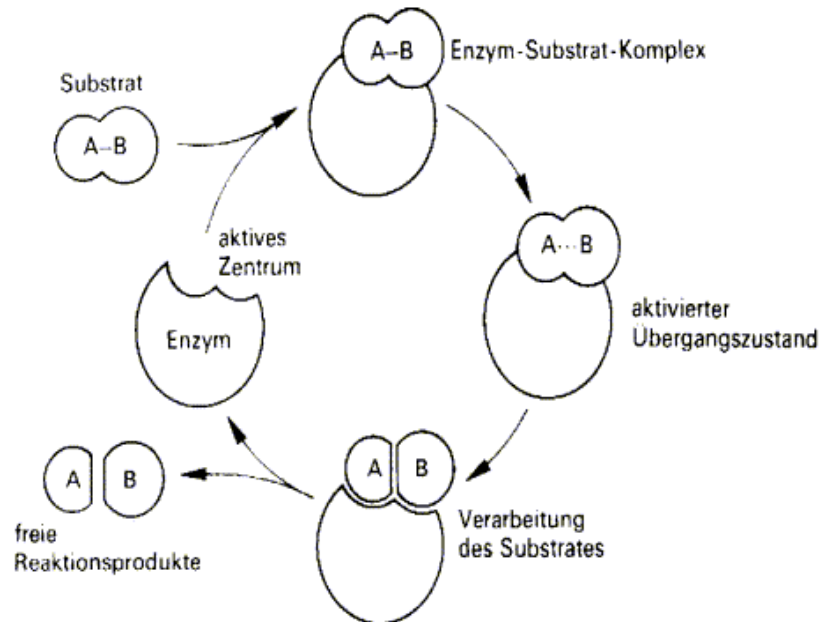
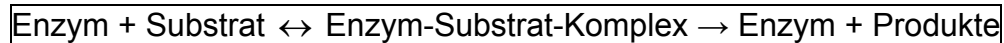
Bau von Enzymen:

Stofflich sind Enzyme meist globuläre Proteine, die von einer oder mehreren Polypeptidketten gebildet werden und aus mehreren gleichen oder verschiedenen Untereinheiten aufgebaut sein können. Weiters existieren auch Multienzym-Komplexe, bei denen auch mehrere Enzyme als Untereinheiten eine Quartärstruktur bilden.

Enzyme besitzen zumeist eine wasserlösliche Außenseite und ein hydrophobes Inneres. An seiner Oberfläche hat ein Enzym eine bestimmte Stelle – das aktive Zentrum – an die der zu reagierende Stoff (=Substrat) mit Wasserstoffbrücken gebunden wird. Das aktive Zentrum ist derjenige Teil eines Enzymmoleküls, der für die katalytische Wirkung direkt verantwortlich ist (es können mehrere aktive Zentren an einem Enzymmolekül vorhanden sein); Das aktive Zentrum kann ein Teil des Proteins selbst sein oder durch ein Coenzym (Nichtprotein-Charakter) repräsentiert sein. Coenzym und Apoenzym (allein nicht wirksames Enzymprotein) bilden gebunden das Holoenzym (das gesamte, aktive Enzym). Zum Unterschied zu Enzymen wirken Coenzyme nicht stoffspezifisch (sie können mit vielen Stoffen reagieren) und sie werden bei der Reaktion verbraucht.

Ablauf einer enzymatischen Reaktion:

Obwohl viele Enzymreaktionen mechanistisch außerordentlich komplex verlaufen, kann häufig die Theorie von Michaelis und Menten zur Beschreibung angewandt werden. Deren Kernvorstellung ist die Bindung eines energiereichen Enzym-Substrat-Komplexes ES aus Enzym- und Substratmolekül.



Die Reaktionsgeschwindigkeit ist abhängig vom pH-Wert und nimmt außerdem mit der Konzentration des Enzyms zu, allerdings nur bis zu einem bestimmten Maximalwert (Schwellenwert). Der Grund für die pH-Abhängigkeit des Enzyms besteht darin, dass durch eine Veränderung des pH-Wertes auch die Ladungsmuster, die zusammen mit der Primär-, Sekundär-, Tertiär-, Quartärstruktur die Eigenschaften des Enzyms bestimmen, verändert werden, was zu einer Reaktionsfähigkeitsänderung führt.

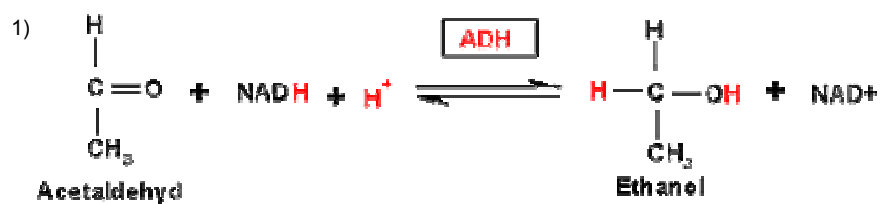
Nomenklatur:

Die Einteilung und die international vereinbarte Nomenklatur der Enzyme richten sich nach den von den Enzymen katalysierten Reaktionen.

Oxidoreduktasen	Enzyme, welche die Oxidoreduktion zwischen einem Substratpaar katalysieren	Alkoholdehydrogenase ¹ (ADH)
Transferasen	Übertragen „Reste“ von einem Substrat auf ein anderes. (Gruppenübertragung)	Transaminasen
Hydrolasen	Enzyme, welche Ester-, Ether-, Peptid-, Glykosid-, Säureanhydrid-, C-C- oder P-N-Bindungen hydrolytisch spalten.	ATPasen Amylase Lipasen

Lyasen	Hinzufügen zu oder Abspalten von Gruppen von Doppelbindungen	Carboanhydrase ²
Isomerasen	Enzyme, welche die Umwandlung optischer, geometrischer oder sonstiger isomerer Verbindungen katalysieren.	Retinalisomerase
Ligasen	Bildung von C-C-, C-S, C-O oder C-N Bindungen durch Kondensation unter ATP-Spaltung	DNA-Ligase Glutamin-Synthetase

Näheres siehe: <http://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/kinetik/klassen.html>



Hemmung (Inhibition) von Enzymreaktionen:

- Kompetitive Hemmung: Es gibt eine Anzahl von Molekülen (Inhibitoren, I), die aufgrund ihrer Struktur einem Substratmolekül ähneln. Sie werden daher gleichermaßen am aktiven Zentrum gebunden, werden jedoch meist wegen ihrer chemischen Eigenarten nicht umgesetzt. Sie kompetieren (konkurrieren) um die Bindungsstelle mit den eigentlichen Substratmolekülen. Oftmals ist ihre Affinität zum Enzym sogar weit höher als die des Substrats, so daß jenem keine Chance mehr gegeben ist, mit dem Enzym zu reagieren. Die Enzymmoleküle werden durch die Inhibitorbindung damit weitgehend inaktiviert.
- Ein zweiter Typ von Inhibitor führt zu der nichtkompetitiven Hemmung. Er wird nicht am aktiven Zentrum, sondern an einer beliebigen anderen Stelle der Enzymoberfläche gebunden. Als Folge davon wird die Gestalt des Enzyms und damit auch der Substratbindungsstelle verformt, so daß das Substratmolekül nunmehr weniger gut paßt. Es wird deshalb auch weit weniger umgesetzt.

Es gibt Inhibitoren, deren Wirkung reversibel ist, d.h., nach dem Auswaschen ist der alte Zustand wiederhergestellt. Es gibt aber auch solche, deren Wirkung nicht wie-

dergutzumachen ist, da sie das Enzym in seiner Struktur irreversibel beeinträchtigen (denaturieren).

Michaelis-Konstante K_M

K_M entspricht der Substratkonzentration $[S]$ bei halbmaximaler Geschwindigkeit

$$K_M = [S] \cdot \frac{1}{2} v_{\max}$$

Diese halbmaximale Geschwindigkeit ist genau dann erreicht, wenn die halbe Enzymmenge als ES vorliegt, die andere Hälfte aber noch frei ist.

$$\rightarrow \frac{[E] \cdot [S]}{[ES]} = \frac{k_{-1} + k_{+2}}{k_{+1}} = K_M \quad \rightarrow \text{Die Michaelis-Konstante hat die Dimension einer}$$

Substratkonzentration

Bedeutung von K_M :

- Maß für Stabilität eines Enzym-Substrat-Komplexes (je kleiner K_M , desto größer ist die Konzentration an ES, desto stabiler ist ES)
- Maß für die Affinität des Enzyms zum Substrat
 - Hoher K_M -Wert: geringe Affinität
 - Niedriger K_M -Wert: hohe Affinität

4.3 Aufgabenblatt zum „Basteln“ einer DNS

Quelle: Dialog-Gentechnik (www.dialog-gentechnik.at)

MODUL 1 – Origami für GentechnikerInnen...

Die DNA-Doppelhelix aus Papier

Kurzbeschreibung:

Jede lebende Zelle enthält als Erbmateriale **DNA** (engl., Desoxyribonucleic acid), auf der wie aufgefädelt hintereinander die Gene liegen. DNA ist ein fadenförmiges Molekül, das aus zahlreichen kettenartig miteinander verbundenen Modulen aufgebaut ist, die **Nucleotide** genannt werden. Nucleotide sind komplizierte Moleküle, die sich aus drei Bestandteilen zusammensetzen: einem Zucker (Desoxyribose), einer stickstoffhaltigen Base (Adenin, Guanin, Cytosin oder Thymin) und Phosphorsäure.

Zwei lange DNA-Ketten sind miteinander zu einer **Doppelhelix** verdreht.

Die in jedem Nucleotid konstanten Teile bilden ein Zucker-Phosphat-Rückgrat außen an der Helix. An der Innenseite der Helix liegen die Basen, die mit den gegenüberliegenden Basen des anderen Strangs verbunden sind. Einem Adenin (**A**) des einen Strangs steht immer ein Thymin (**T**) des anderen Strangs gegenüber und Guanin (**G**) paart stets mit Cytosin (**C**). Nur diese A-T, G-C bzw. T-A, C-G Basenpaare und keine anderen Kombinationen sind möglich, weil die entsprechenden Basen wie Schlüssel und Schloss zueinander passen.

Aufgrund der speziellen 3D Struktur eines einzelnen DNA-Strangs können sich die richtigen Basenpaare nur bilden, wenn die Stränge in entgegengesetzte Richtung (antiparallel) verlaufen. Vergleicht man eine DNA-Doppelhelix mit zwei verschlungenen Schlangen heißt das, dass der Kopf der einen Schlange bei der Schwanzspitze der anderen zu liegen kommt und umgekehrt (siehe Fig. 1.1.).

Eine DNA-Doppelhelix ist so gewunden, dass sie **pro Umdrehung 10 Basenpaare** enthält. (Fig. 1.2.).

Die DNA Helix **dreht sich nach rechts**. Man kann sie sich auch als rechtsgewundene Wendeltreppe vorstellen, wobei die Basenpaare die Stufen bilden und das Zucker-Phosphat-Rückgrat die Geländer bildet.

Mit ein wenig Fingerspitzengefühl lässt sich das beiliegende Blatt Papier in ein Modell der DNA-Doppelhelix verwandeln (Fig. 1.3.).



Fig. 1.1. Antiparallelität veranschaulicht durch 2 miteinander verschlungenen Schlangen.



Fig. 1.2. Die wichtigsten Merkmale der DNA-Doppelhelix:
★ 2 antiparallele DNA-Ketten
★ rechtsgewunden
★ 10 Basenpaare je Windung



Fig. 1.3. Modell einer DNA-Doppelhelix aus Papier.

Arbeitsanleitung:

Vorbereitungen (optional):

Durch die hier angeführten Vorbereitungen sind am fertigen Modell die vier Nucleotide besser unterscheidbar, wodurch die möglichen Basenpaarungen verdeutlicht werden. Außerdem kommt die Antiparallelität der beiden DNA-Ketten besser zum Ausdruck.

- ★ Lege das A4 Blatt im Querformat so vor dich hin, dass „www.dialog > gentechnik.at“ (www) lesbar ist und auf der linken Seite des Blatts steht. Wähle vier gut unterscheidbare Farben, ordne jedem der vier Nucleotide (am Arbeitsblatt als A, C, G, T abgekürzt) eine zu. Bemale mit der jeweiligen Farbe die strichlierten Rechtecke auf der oberen Blatthälfte.
- ★ Male nun entlang der Mittellinie einen kräftigen Pfeil dessen Pfeilspitze rechts liegt. Male jetzt zwei weitere Pfeile in die entgegengesetzte Richtung oben und unten am Blattrand.

Bedeutung der Zeichen am Arbeitsblatt:

<u>Volle Linien:</u>	Bug, bei dem die Linie oben bleibt („Berg“)
<u>Strichlierte Linien:</u>	Bug, bei dem die Linie unten ist („Tal“)
<u>Gepunktete Linien:</u>	Helixmitte
A, C, G, T:	Nucleotide der entsprechenden Basen

Faltanleitung:

1. Falte das Blatt **längs** an der Mittellinie in der Hälfte.
2. Lege das zusammengefaltete Blatt so auf den Tisch, dass „**www**“ **unten** und der **Bug links** ist.
3. Falte nun an der ersten der **15 kurzen vollen Linien**. Falze dabei den Bug ganz fest (am besten mit dem Fingernagel auf einer festen Unterlage) und öffne ihn wieder. Falte anschließend die übrigen 14 kurzen vollen Linien auf die gleiche Art.
4. Orientiere das Blatt so, dass der **Bug rechts** zu liegen kommt und „**www**“ **nicht zu sehen** ist.
5. Falte nun die **16 schrägen vollen Linien** (Achtung: nicht bis zum Rand falten) und öffne sie wieder.
6. **Öffne** das Blatt und falte **alle senkrechten Linien**. Falte dabei **volle Linien** so, dass die Linie beim Bug oben bleibt („**Berg**“) und **strichlierte Linien** so, dass sie innen im Bug („**Tal**“) zu liegen kommen.
7. Falte jetzt das Blatt wie bei Punkt 1 **quer** an der Mittellinie in der Hälfte.
8. Um ein Rückgrat für das Modell zu schaffen mache jetzt zwei BÜGE bei den **Linien links und rechts von der Mittellinie**, bei denen die vollen Linien außen liegen („**Berg**“).
9. Wiederhole die Faltung für das zweite Rückgrat an der offenen Blattseite.
10. Knicke die **Ecken** zum Fixieren der Enden etwas um.
11. Verstärke nun die Querfaltungen wieder (am besten die gefalteten Stufen zieharmonikaartig zusammendrücken), um die Stufen aufzustellen. Dabei die beiden Enden gegeneinander („**www**“ Ende zu sich halten und gegen den Uhrzeigersinn drehen, das andere Ende im Uhrzeigersinn drehen) verdrehen.
12. Zum Schluss die Helix so formen, dass sie wie in der Natur zehn Basenpaare je Umdrehung enthält.

Normalerweise enthält ein Stück DNA natürlich mehr als nur 16 Basenpaare. Zur Verlängerung dieses Modells können mehrere DNA-Doppelhelix-Modellstücke mit Büroklammern verbunden werden.

Diese Faltanleitung wurde mit Genehmigung von ©Thoki Yenn adaptiert - TIBS 20, 94 (1995).

Diese Anleitung sowie das Arbeitsblatt können von unseren Internetseiten heruntergeladen werden.
<http://www.dialog-gentechnik.at>

4.4 Handreichung zur Strukturierung gem. GBK

DIDAKTISCHE STRUKTURIERUNG FÜR DEN UNTERRICHT

nach Grundbildungskonzept-Handreichung August 2003

ZIELE

THEMA

FACHPERSPEKTIVE

SCHÜLERPERSPEKTIVEN

SKIZZE DER UNTERRICHTSSEQUENZ

ABLAUF & METHODIK

Hier werden Inhalte, Methoden, Medien und Material angeführt und der Ablauf geplant.

Ablauf	Methoden	Begründung durch Leitlinien

4.5 Fragebogen zur Evaluation der Unterrichtsphase

Biochemie als Einstieg in die org. Chemie

Die Unterrichtssequenzen des Chemieunterrichts seit Anfang dieses Schuljahres sind Teil eines Projektes zur Verbesserung des naturwissenschaftlichen (chemischen) Unterrichts im Rahmen der Kooperation unserer Schule mit IMST² (Innovations in mathematics, science and technology teaching). Zur Evaluation dieses Projekts bitte ich um Eure Mithilfe. Bitte beantwortet die Fragen möglichst objektiv. Seid bitte kritisch, es **kann nur zur Verbesserung von Unterricht beitragen**. Die Beantwortung erfolgt anonym!

Vielen Dank für die Mithilfe!

Prof. Scheiber

Die Fragen beziehen sich auf die Kapitel „Aminosäuren und Proteine“ und „Nucleinsäuren“ und die fächerübergreifenden Teile mit Biologie!

- Die Lehrinhalte des Kapitels „Aminosäuren und Proteine“ waren für mich

Sehr leicht 1 - 2 - 3 - 4 sehr schwierig.

Folgende Teile waren besonders schwierig:

.....

- Die Lehrinhalte des Kapitels „Nucleinsäuren (Nucleoside/Nucleotide) - Proteinbiosynthese“ waren für mich

Sehr leicht 1 - 2 - 3 - 4 sehr schwierig.

Folgende Teile waren besonders schwierig:

.....

- Das Schülerexperimentalprogramm „Aminosäuren und Proteine“ hat mir

nicht gefallen 1 - 2 - 3 - 4 sehr gefallen.

Begründung:

.....

- Die Arbeitsanweisungen in diesem Schülerexperimentalprogramm waren

Unklar 1 - 2 - 3 - 4 völlig klar.

- Das Schülerexperimentalprogramm „DNA aus Gemüse“ hat mir

nicht gefallen 1 - 2 - 3 - 4 sehr gefallen.

Begründung:

.....

- Die Arbeitsanweisungen in diesem Schülerexperimentalprogramm waren

Unklar 1 - 2 - 3 - 4 völlig klar.

- Der Lerneffekt aus den beiden Schülerexperimentalprogrammen war für mich

gering 1 - 2 - 3 - 4 hoch

- Der Lehrausgang ans Vienna Biocenter zur Durchführung der Experimente (Restriktionsverdau eines Plasmids mit anschließender Gelelektrophorese) war

uninteressant 1 - 2 - 3 - 4 sehr interessant.

Begründung:

.....

- Die Betreuung im Rahmen dieses Praktikums an der Uni war

schlecht 1 - 2 - 3 - 4 sehr gut.

- Die Arbeitsanweisungen in diesem Experimentalprogramm waren

Unklar 1 - 2 - 3 - 4 völlig klar.

- Der Lerneffekt aus diesem Experimentalprogrammen war für mich

gering 1 - 2 - 3 - 4 hoch

- Der Lehrausgang ans IMP war für mich

uninteressant 1 - 2 - 3 - 4 sehr interessant.

Begründung bzw. Änderungsvorschläge:

.....

- Der Einsatz verschiedener Sozialformen im Unterricht (Lehrervortrag, Schülerbeteiligung, Partner/Gruppenarbeit, Einsatz von Medien, Lehrausgänge) erschien mir

Nicht optimal 1 - 2 - 3 - 4 optimal

Bemerkungen:

.....

- Der fächerverbindende/fächerübergreifende Charakter der Unterrichtsphase hat mir

Nicht gefallen 1 - 2 - 3 - 4 sehr gut gefallen

- Gegebenenfalls: Das im Chemieunterricht Gelernte dieser Unterrichtseinheiten war für den Biologieunterricht

Kaum brauchbar 1 - 2 - 3 - 4 sehr gut brauchbar

Ev. Begründung:

.....

- Die Abstimmung der Inhalte zwischen Chemie- und Biologieunterricht war

Schlecht 1 - 2 - 3 - 4 sehr gut

Abschließend möchte ich noch sagen:

Vielen Dank für die Beantwortung der Fragen!

4.6 Fotos



Proteine - Nachweisreaktionen



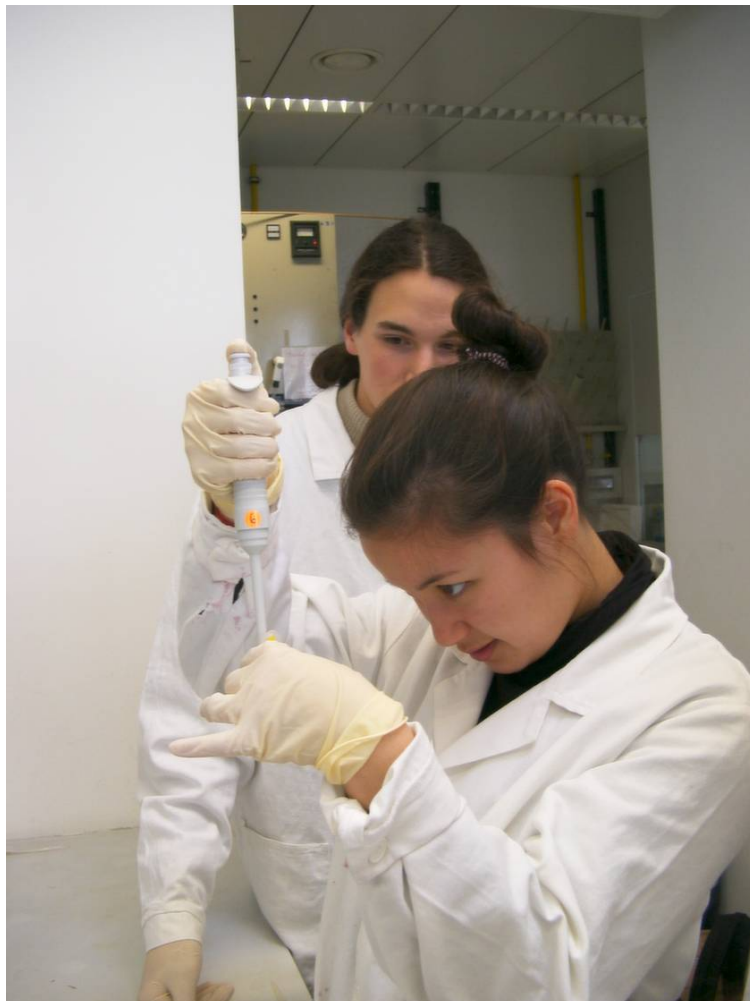
Beim selbständigen Studium



Isolieren von Tomaten-DNS



An der Uni im Praktikum des „Dialog-Gentechnik“





ARBEITSMETHODEN IN DER GENETIK



Gel-Elektrophorese

DNA kann mit Hilfe von Enzymen in kleinere Stücke zerschneiden werden. Diese Enzyme bezeichnet man als Restriktions-Endonukleasen. Sie schneiden die DNA nur an einer bestimmten Abfolge von Basen. Die Stücke der DNA können durch die Gel-Elektrophorese aufgetrennt und anschließend sichtbar gemacht werden.



Durchführung einer Gel-Elektrophorese im Vienna-Bio-Center

Zwei Plasmide (zirkuläre DNA-Moleküle) A und B werden mit den Restriktions-Endonukleasen versetzt. Danach wird der Reaktionsansatz 30 Minuten bei 37°C aufbewahrt, damit das Enzym die Plasmide zerteilen kann.

Das Plasmid A enthält 1 Schnittstelle und es entsteht ein großes Fragment. Das Plasmid B enthält 4 Schnittstellen und es entstehen ein großes und drei kleinere Fragmente.

Um die Fragmente sichtbar zu machen, werden sie in Agarose-Gel ihrer Größe nach aufgetrennt. Um das Gel herzustellen wird Agarose (Zucker) aufgekocht und gelöst. Beim Abkühlen bildet sich ein durchsichtiges, dreidimensionales Netz. In kleine Taschen im Agarose-Gel werden die Proben gefüllt. Danach wird für 30 Minuten ein elektrisches Feld angelegt. Die DNA wandert aufgrund der negativ geladenen Phosphatgruppen durch das Agarose-Netz zum positiven Pol. Kurze Fragmente wandern leichter und dadurch auch schneller durch das Gel als längere. Sie sind daher nach der Auftrennung näher am positiven Pol als lange Fragmente.

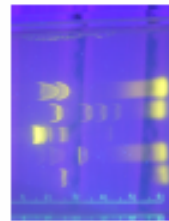
Nach dem Auftrennen wird die DNA mit einem Fluoreszenzfarbstoff angefärbt und so unter UV-Licht sichtbar gemacht.



Taschen im Agarose-Gel



Gel-Elektrophorese-Kammer



Aufge-spaltene DNA-Fragmente werden unter UV-Licht sichtbar. Jeder gelbe Balken entspricht einem unterschiedlich großen Fragment.

Polymerase Chain Reaction

Die Polymerase Chain Reaction (PCR) ist eine chemische Methode, um ausgehend von einem DNA-Extrakt selektiv einen bestimmten Genabschnitt *in vitro* zu vervielfältigen. Eine automatisierte PCR kann nur mit einer hitzestabilen DNA-Polymerase durchgeführt werden. Da beim ersten Arbeitsschritt der PCR die doppelsträngige zu untersuchende DNA bei 95°C aufgeschmolzen wird, würde eine nicht hitzestabile Polymerase zerstört werden und man müsste nach jedem Zyklus wieder Polymerasen zugeben. Die PCR bietet eine Reihe von Vorteilen gegenüber anderen Techniken: Nur sehr geringe Mengen an Ausgangs-DNA sind nötig, die Sensitivität ist um einige Größenordnungen höher, der Untersuchungszeitraum beträgt nur einige Stunden und die PCR ist im hohen Maße automatisiert.

DNA-Sequenzierung

Die DNA-Sequenzierung ist die Bestimmung der DNA-Sequenz, also der Nukleotid-Abfolge, von genomischer DNA. Sie kann mit verschiedenen Methoden durchgeführt werden, wobei es drei praktisch verwendbare Methoden zur Bestimmung der eigentlichen Nukleotidabfolge gibt. Eine Sequenzierung im großen Maßstab, wie für das Humangenom-Projekt, stellte die bisher größte Herausforderung für die Bioinformatik dar.

Sequenzierungsmethoden

Didesoxymethode nach Sanger

Die Didesoxymethode, auch "kontrollierte Unterbrechung der enzymatischen Replikation" genannt, wurde von Sanger um 1975 entwickelt und ebenfalls 1977 mit der ersten vollständigen Sequenzierung eines Genoms (Bakteriophage ϕ X174) vorgestellt. Man verwendet dazu heutzutage die Polymerasekettenreaktion (PCR). In vier sonst gleichen Ansätzen wird je eine unterschiedliche Base als Didesoxynukleotid (ddNTP) zugegeben. Ohne die Hydroxyfunktion ist eine DNA-Verlängerung durch eine DNA-Polymerase nicht möglich und es kommt zum Kettenabbruch. Da die ddNTPs zufällig eingebaut werden, bricht die DNA-Synthese an verschiedenen Stellen ab. Nach der PCR wird jeder Ansatz mittels Gelelektrophorese getrennt und auf diese Weise die Sequenz bestimmt.

Sequenzierung durch Hybridisierung

Zu diesem Zweck werden auf einem Glasträger (DNA-Chip oder Microarray) kurze DNA-Abschnitte (Oligonukleotide) in Matrix-Anordnung fixiert. Die Fragmente der zu sequenzierenden DNA werden mit Farbstoffen markiert und das Fragmentgemisch wird auf der Oligonukleotidmatrix ausgebracht, so dass komplementäre fixierte und freie DNA-Abschnitte miteinander hybridisieren können. Nach dem Auswaschen ungebundener Fragmente lässt sich das Hybridisierungsmuster anhand der Farbmusterungen und deren Intensität ablesen. Da die Sequenzen der fixierten Oligonukleotide und deren Überlappungsbereiche bekannt sind, kann man letztlich aus dem Farbmuster auf die zugrundeliegende Gesamtsequenz der unbekanntenen DNA rückschließen.

Angela Gassner & Stefan Kury
 Institut für Ernährungswissenschaften und Ernährungswissenschaften
 am Institut für Ernährungswissenschaften
 am Institut für Ernährungswissenschaften
 am Institut für Ernährungswissenschaften

5 LITERATUR

HÄUSSLER P., BÜNDER W., DUIT R., GRÄBER W., MAYER J.: Naturwissenschaftsdidaktische Forschung: Perspektiven für die Unterrichtspraxis. IPN, Kiel, 1998.

IFF (Hrsg.): Endbericht zum Projekt IMST² – Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching. Pilotjahr 2000/01. Im Auftrag des BMBWK. IFF: Klagenfurt 2001.

KRAINER K., DÖRFLER W., JUNGWIRTH H., KÜHNELT H., RAUCH F., STERN T. (Hrsg): Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften (Pilotprojekt IMST²). StudienVerlag, Innsbruck-Wien-München-Bozen, 2002.

MAGYAR R., LIEBHART W., JELINEK G.: Moleküle – Organische Chemie. ÖB-VetHPT, Wien, 1. Auflage, Nachdruck 2002.

FOLIENSERIEN des Fonds der chemischen Industrie Deutschlands [im Literaturverzeichnis angeben] (Tabellen und Kopiervorlagen):

Aminosäuren - Bausteine des Lebens (Nr. 11)

Biotechnologie/Gentechnik (Nr. 14)