



**Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
(IMST-Fonds)**

S6 „Anwendungsorientierung und Berufsbildung“

**ERARBEITUNG UND ERPROBUNG
VON UNTERRICHTSMATERIAL
FÜR DEN CHEMIEUNTERRICHT
ZUM THEMA
„HERSTELLUNG, VERARBEITUNG
UND ANWENDUNG
VON KUNSTSTOFFEN“**

ID 1357

Dr. Patricia Buchtela-Boskovsky

**Höhere Technische Lehr- und Versuchsanstalt
tgm, Technologisches Gewerbemuseum**

Wien, Juli 2009

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT	3
1 EINLEITUNG	4
2 ZIELE UND AUFGABENSTELLUNG	5
2.1 Thematische Eingrenzung und Recherchearbeiten	5
2.2 Erstellung und Zusammenstellung von Unterrichts-materialien	5
2.3 Erprobung von Unterrichtsmaterialien.....	5
3 DURCHFÜHRUNG	6
3.1 Recherche und Festlegung von Inhalten.....	6
3.1.1. Schülermitschrift	6
3.1.2. Lehr- und Fachbücher.....	6
3.1.3. Gespräche mit Fach- und/oder Lehrerkolleg/innen	7
3.2 Unterrichtsmaterialien	8
3.2.1. Material zur Einführung.....	8
3.2.2. Angeleitete Rechercheübung	8
3.2.3. Arbeitsblätter und Lernunterlagen.....	9
3.2.4. Experimente	11
3.3 Erprobung einzelner Materialien	13
3.4 Rückmeldungen	16
4. ERGEBNISSE	17
5. AUSBLICK	18
6. LITERATUR	19

ABSTRACT

*Es wurde versucht, den theoretischen Chemieunterricht im Zusammenhang mit Polymeren und hierbei insbesondere mit „**Kunststoffen**“ durch den Einsatz vielfältiger **Unterrichtsmethoden** interessanter und anwendungsorientiert zu gestalten, kurz: den Unterricht zu verbessern.*

Dazu wurde eine weitreichende Literaturrecherche durchgeführt und in Gesprächen mit Fachkolleg/innen aus benachbarten Fachgebieten deren Wissen teilweise miteingebunden. Weiters wurde deren „Wunsch Katalog“ an den theoretischen Chemieunterricht soweit möglich berücksichtigt.

*Es wurden **Unterrichtsmaterialien** erstellt und teilweise im Unterricht erprobt und/oder für den Kolleg/innenkreis und zukünftigen Unterricht nutzbar gemacht. Es gelang durch das Projekt, die Schüler/innen vermehrt für den Gegenstand zu gewinnen.*

Schulstufe: 12

Fächer: Technische Chemie und Umweltanalytik

Kontaktperson: Dr. Patricia Buchtela-Boskovsky

Kontaktadresse: 1200 Wien, Wexstraße 19-23

E-Mailadresse patricia.buchtela-boskovsky@tgm.ac.at

1 EINLEITUNG

Guter Unterricht braucht – auch - gute Vorbereitung.

Diese Feststellung ist zwar einerseits trivial, doch andererseits eine Aussage mit vielen Facetten. Wir wollen objektiv und subjektiv gesehen guten Unterricht machen. Wir wollen Unterricht machen, der fachlichen Anforderungen und den kritischen Augen der Kollegenschaft standhält und wir wollen Unterricht, der Schüler/innen Freude macht. Nicht zuletzt soll der Unterricht auch für uns selbst eine Bereicherung darstellen.

Der **Ausgangspunkt** für dieses Projekt war ein erstes Unterrichtsjahr des zweistündigen Gegenstandes „Technische Chemie und Umweltanalytik“ im vierten Jahrgang der Abteilung Werkstoffingenieurwesen einer Höheren Technischen Lehranstalt.

Die **Motivation** kam in erster Linie aus dem Wunsch heraus, am theoretischen Chemieunterricht direkt beteiligte Schülerinnen und Schüler zu interessieren. Darüberhinaus sollten aber auch indirekt betroffene Lehrkolleg/innen aus benachbarten Gegenständen, (Fertigungstechnik, Kunststoffverarbeitung und Recycling, Betriebslaboratorium) von der Relevanz des Chemieunterrichts im Kontext der Ausbildung zum/zur Kunststofftechniker/in überzeugt werden. Es sollte verdeutlicht werden, dass Chemie in unmittelbarem Zusammenhang mit der Herstellung und den Eigenschaften der Kunststoffe in Verbindung steht und nicht, wie für den Extremfall formuliert, eine abgehobene, unbrauchbare Wissenschaft für Wenige ist.

Anwendungsorientiert und interessant sollte der Unterricht gestaltet und durch geeignetes Unterrichtsmaterial unterstützt werden. Hierzu ist anzumerken, dass es für diesen Gegenstand kein Schulbuch gibt. Die befasste Lehrkraft ist gezwungen, auf selbst zusammengestelltes Unterrichts- und Übungsmaterial zurückzugreifen.

War das von der Autorin im Vorjahr durchgeführte IMST-Projekt [4] auf die Methodik des Unterrichts konzentriert, fokussierte das diesjährige Projekt auf den eigentlichen Inhalt des Unterrichts, die Übersetzung des Rahmenlehrplans in größere Themenbereiche und das Herunterbrechen dieser auf einzelne Unterrichtsmodule.

Nicht ganz überraschend hatte sich in oben erwähntem Projekt der Wunsch seitens der Schüler/innen feststellen lassen, „**Experimente**“ auch im Theorieunterricht durchführen zu wollen. Praktische Versuche sollten nicht nur auf das Chemisch-technologische Laboratorium, welches im Lehrplan mit einer Gesamtwochenstundenzahl von acht im fünfjährigen Curriculum vorgesehen ist, beschränkt bleiben. Deshalb bildete die Befassung mit Experimenten zur Durchführung durch Schüler/innen und/oder Lehrer/innen einen Schwerpunkt im aktuellen Projekt.

2 ZIELE UND AUFGABENSTELLUNG

2.1 Thematische Eingrenzung und Rechercharbeiten

Der gültige Lehrplan gibt zu dem Thema des Projektes vor:

Organische Chemie: Polyreaktionschemie (Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition). Modifizierte Naturstoffe, Additive und Hilfsstoffe. Abbau, Alterung, Depolymerisation und Verbrennung von Kunststoffen.

Eine Aufgabenstellung des Projekts bestand darin, diesen Rahmen mit Inhalten zu füllen. Dazu sollten nachstehende Kriterien möglichst erfüllt werden:

- Erfüllung der gängigen chemischen Systematik, Schaffung von Überblickswissen
- Praxisrelevanz (und damit erkennbaren Nutzen) für Kunststofftechniker/innen
- Aktualität, Alltagsbezug (im weitesten Sinne)

2.2 Erstellung und Zusammenstellung von Unterrichtsmaterialien

Die Zielsetzung in diesem Bereich bestand darin, Präsentationen für den Frontalunterricht, Lernunterlagen und Übungsmaterial für die Schüler/innen sowie Arbeits- und Experimentieranleitungen zu entwerfen und zu gestalten.

An die Experimente wurden die Idealanforderungen

- von (allen) Schüler/innen
- im (normalen) Klassenraum

durchführbar zu sein, gestellt.

2.3 Erprobung von Unterrichtsmaterialien

Oben angeführte Materialien sollten weitgehend im Unterricht eingesetzt und erprobt werden. Es war beabsichtigt, Erfahrungen zu sammeln und die Erkenntnisse daraus in Form einer Korrekturschleife einzubauen und Verbesserungen für zukünftige Einsätze im eigenen Unterricht oder im Unterricht anderer Lehrkräfte zu schaffen.

3 DURCHFÜHRUNG

3.1 Recherche und Festlegung von Inhalten

Es wurden unterschiedliche Informationsquellen zur Erarbeitung des eigentlichen Unterrichtsinhalts genutzt: Gängige Lehrbücher und Gespräche mit Fach- und Lehrerkolleg/innen, eine Schülermitschrift eines vergangenen Jahrgangs, (käuflich) erwerb- bare Materialiensammlungen ebenso wie Seminare.

3.1.1. Schülermitschrift

Um einen ersten Überblick über das Thema „Kunststoffe“ im Unterricht, die bisher übliche Behandlung und die „Tiefe“ desselben zu erhalten, wurde eine sorgfältig geführte Mitschrift aus dem Schuljahr 2006/07 des entsprechenden Jahrgangs herangezogen [6]. Diese umfasst das in etwa einem dreiviertel Schuljahr im Unterricht vor- gestellte Stoffgebiet.

Definition der Kunststoffe

(Allgemeine) Eigenschaften der Kunststoffe

Polyreaktionen:

a) Polymerisation:

Nach dem Reaktionsmechanismus: Radikalkettenpolymerisation, Ionenkettenpoly- merisation, stereospezifische Polymerisation

Misch- und Copolymerisation, Pfropfcopolymerisation

Allgemeines zur Polymerisation (exothermer Vorgang, Geleffekt, Volumsänderung)

Beispiele: Polyethylen, Polypropylen, Polyvinylchlorid, Polystyrol, Polyvinylacetat, Polymethacrylsäuremethylester, Polyacrylnitril, Polytetrafluorethylen, Polybutadien, Polychloropren.

b) Polykondensation:

Definition, Polyamide, Polyethylenterephthalat, Phenoplaste, Aminoplaste, Silikone.

c) Polyaddition:

Definition, Epoxidharze.

3.1.2. Lehr- und Fachbücher

Ausgehend von zwei Standardwerken für Kunststofftechniker/innen [8, 14] wurde versucht, notwendige **theoretische Inhalte** festzulegen. Folgendes Curriculum wur- de festgelegt:

- Definition von Makromolekülen, anknüpfend an die „natürlichen“ Polymere als Inhalt des Unterrichts des vergangenen Schuljahres
- Struktur und Bindungen
- Benennung und Kurzzeichen von Kunststoffen (unter Verzicht auf die rein „chemisch“ orientierte Nomenklatur nach IUPAC)

- Kunststoffgruppen, -einteilung (nach Herstellung, nach mechanisch-thermischem Verhalten, nach Polarität, nach Anwendung)
- Reaktionsmechanismen der Polymerisation, der jüngeren Nomenklatur folgend:
 1. Additionspolymerisation (AP): Polymerisation ohne Abspaltung niedermolekularer Produkte
 - 1.1. Additionspolymerisation als Kettenreaktion (APK)
 - 1.1.1. radikalische Polymerisation
 - 1.1.2. anionische Polymerisation
 - 1.1.3. kationische Polymerisation
 - 1.1.4. stereospezifische Polymerisation
 - 1.2. Additionsreaktion als Stufenreaktion (APS, früher auch: Polyaddition)
 2. Kondensationspolymerisation (KP, früher auch: Polykondensation)
 - Zusatz- und Hilfsstoffe
 - Kunststoffbeispiele und -anwendungen
 - Allgemeine (in Abgrenzung zu den nachfolgend behandelten Silikaten) und spezielle Werkstoffeigenschaften

Um dem Anspruch verstärkt **Experimente** im Unterricht einzusetzen Rechnung zu tragen, wurden Experimentiervorschläge und -vorschriften den Quellen [2, 3, 13, 16], entnommen oder auch selbst entwickelt. Dazu wurde ein von M. Anton entworfenes Stufenkonzept zum Experimentieren herangezogen [1], das es ermöglichen sollte, den Theorieunterricht auch in praktischen Übungen aufbauend zu begleiten.

Stufenmodell zur Entwicklung des Experimentierens nach M. Anton

- 1: Gegenstände erkunden
- 2: Stoffe erkunden
- 3: Techniken entwickeln
- 4: Modelle entwickeln
- 5: Domänenspezifische Handlungsketten
- 6: Rückwärtssuche „Sherlock Holmes-Strategie“
- 7: Verbindungsstrategien konzipieren
- 8: Vorwärtssuche konzipieren „McGyver-Strategie“
- 9: Strategien auswählen und kombinieren

3.1.3. Gespräche mit Fach- und/oder Lehrerkolleg/innen

Das Projekt gab immer wieder Anlass, kurze oder ausführliche Gespräche zu führen.

Diese waren zwar in den meisten Fällen unstrukturiert, nichtsdestoweniger aufschlussreich. So kristallisierte sich insbesondere in den Diskussionen mit Kunststofftechnikern das Bedürfnis heraus, die Materialeigenschaften und ihre Beeinflussbar-

keiten durch Zusatzstoffe im Chemieunterricht verstärkt zu behandeln, da dies einen zentralen Punkt für das Verständnis bei den Schüler/innen für Einsatz- und Nicht-einsatzmöglichkeiten eines Materials bildet.

Ebenso boten die punktuellen Abstimmungen mit Kollegen der Chemie die Möglichkeit, auf das eine oder andere interessante Detail aufmerksam zu werden.

3.2 Unterrichtsmaterialien

3.2.1. Material zur Einführung

Ausgehend von der Situation, dass die betroffenen Schüler/innen zu diesem Zeitpunkt bereits gewisse Vorkenntnisse über Kunststoffe aus anderen Gegenständen in ihrer Ausbildung besitzen, wurde der Zugang über einen englischsprachigen Text gewählt, der inhaltlich etwa einem Drittel der Schüler/innen gut bekannt, dem anderen Teil in seinen Details noch unklar war.

Der Text diente der Begriffsklärung rund um Polymere und Kunststoffe und bot einen Einblick in die mannigfaltigen Anwendungsbereiche von Polymeren. Nachstehend zwei Textauszüge:

*... A **polymer** is simply a very large molecule made up of many smaller units joined together, generally end to end, to create a long chain. The smallest "building block" of a polymer is called a **monomer** (mono = one) and if all the monomers are chemically the same, then that polymer is called a homopolymer...*

*... The first fibre to be spun from a molten polymer was **nylon** in the 1930s and since then a number of polymers have been produced in fibre form - including acrylic fibre based on **polyacrylonitrile** (PAN) and polyester based on **polyethylene terephthalate** (PET). Carbon fibres for making advanced composites are produced by a heat treatment of polyacrylonitrile and other synthetic fibres....*

nach: www.plastiquarian.com

3.2.2. Angeleitete Rechercheübung

Die Schüler/innen erhielten die Aufgabe, einen beliebigen Gegenstand aus Kunststoff in den Unterricht mitzubringen. Dieser Gegenstand wurde fotografiert und unter Angabe der Gegenstandsbezeichnung und des entsprechenden Schülers/der entsprechenden Schülerin auf einer Lernplattform (moodle) veröffentlicht. Nach einer vorgegebenen Zuteilung, musste als Hausübung von einem anderen Schüler/einer anderen Schülerin das (vermutliche) Material dieses Gegenstands recherchiert sowie überlegt werden, weshalb gerade dieses Material zum Einsatz gekommen war. Für die Erledigung dieser Aufgabe unter Verwendung der Lernplattform hatten die Schüler/innen wenige Wochen lang Zeit, sodass auch Erkenntnisse aus dem fortlaufenden Unterricht miteinfließen konnten.

Nachstehend ein Beispiel zur Illustration:



Flexible Backform für Muffins, kann im Temperaturbereich -60°C bis 260°C verwendet werden.

3.2.3. Arbeitsblätter und Lernunterlagen

Es wurden Arbeitsblätter für Schüler/innen zu Makromolekülen, Einteilung von Kunststoffen, Struktur von Kunststoffen ... zur (selbständigen) Bearbeitung und zur Wissensüberprüfung erstellt.

Ein Auszug aus „Einteilung von Kunststoffen“ in Bezug auf ihre polaren Eigenschaften und ihre Struktur:

Mit steigender Polarität nehmen folgende Eigenschaften der Polymeren zahlenmäßig zu \uparrow oder ab \downarrow :

Beständigkeit gegenüber Treibstoffen und Mineralölen

Durchlässigkeit gegenüber unpolaren Gasen (O_2 , N_2 , CO_2)

Durchlässigkeit gegenüber polaren Gasen und Dämpfen (z.B. Wasserdampf)

elektrisches Isoliervermögen

Festigkeit

Härte

Haftung an Metallteilen

HF-Schweißbarkeit

Klebbbarkeit,

Neigung zur elektrostatischen Aufladung

Steifigkeit

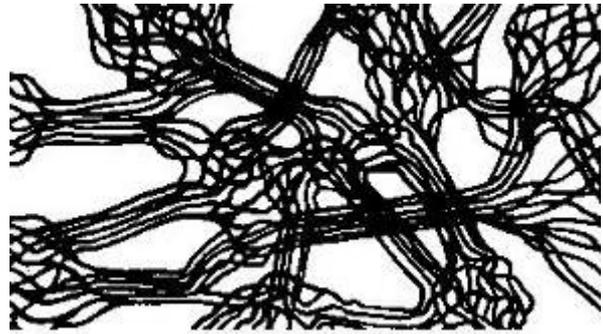
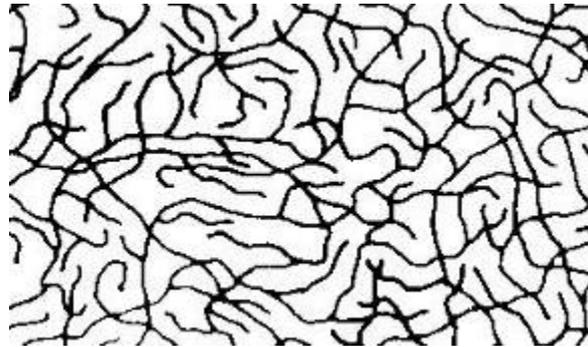
Wärmeformbeständigkeit

Wasser- bzw. Feuchteaufnahme

Wärmedehnung

Thermoplaste (Plastomere)

Moleküle haben ketten-, fadenartige Gestalt, ineinander verflochten und verfilzt
 „warmumformbar“ (tiefziehen, biegen ...), schweißbar, Produktionsabfälle wieder verwertbar,
 Einsatztemperaturen begrenzt
 Amorphe und teilkristalline Thermoplaste:



amorph: Fadenmoleküle völlig ungeordnet und ineinander verschlungen

teilkristallin: Fadenmoleküle liegen teilweise in einer bestimmten Ordnung vor (entspricht der Ordnung der Atome und Moleküle in Kristallen)

Thermoelaste: unvernetzte Fadenmoleküle sehr lang, Polymerisationsgrad sehr hoch, geringe Vernetzung = Thermoelaste

Aus einem Blatt zur Wissensüberprüfung:

Kurzzeichen	chemische Bezeichnung	Kurzzeichen	chemische Bezeichnung
PVF		MF	
	Polytetrafluorethylen	PAS	
PEEK			Polymethylmethacrylat
	Celluloseacetobutyrat	PVDF	
	Polyphenylensulfid	ASA	
	Polyamid 6		Polypropylen
EP			Polyimide
PVC-C		PET	
	Polyethylen-niedriger Dichte		Polyestercarbonat
	Celluloseacetat		aromatischer Polyester
PIB		PUR	
E/VA			Perfluoroalkoxyalkan-Copolym.

Aus einer Lernunterlage nach [8]:

Stereospezifische Polymerisation von Propylen mittels Ziegler-Natta-Katalysatoren oder Metallocen-Katalysatoren

Bei der stereospezifischen (koordinativen) Polymerisation mittels heterogener Ziegler-Natta-Katalysatoren oder mittels homogen wirksamer Metallocene entstehen Polymere mit besonders geringer Fehlordnungsdichte und mit definierter sterischer (räumlicher) Konfiguration z.B. lineares Polyethylen (PE-HD), isotaktisches Polypropylen (PP-i) oder cis-1,4-Polybutadien (Butadien-Kautschuk BR). Auch das Copolymer EPM ist mit beiden Verfahren der stereospezifischen Katalyse zugänglich, das COC nur mit Metallocenen.

Der Mechanismus läuft als **Polyinsertion** ab: Das Monomer wird zwischen dem stereospezifischen Katalysator und dem sterisch genau ausgerichteten aktiven Kettenende in sterisch geordneter Weise eingefügt, so dass nach Abschluss des Insertionsschrittes die um eine Monomereinheit verlängerte Polymerkette wiederum eine hohe sterische Ordnung aufweist. Der hier kationisch wirkende Katalysator ändert sich dabei nicht entscheidend, deshalb heißt er Katalysator (**Initiator**), allerdings kann er nicht zurückgewonnen werden.

Als **Aktivator** (Co-Katalysator) wird zusätzlich eine aluminumorganische Verbindung verwendet. Das Reaktionsmedium ist unpolar, nämlich gasförmiges Monomer, erforderlichenfalls mit Zumischung von Wasserstoff zur Molmassenreduktion, ein flüssiges Paraffin oder bei der Polymerisation z.B. des Propylens das durch Überdruck verflüssigte Monomer. Für beide Arten der stereospezifischen Polymerisation können die gleichen technischen Einrichtungen benutzt werden.

3.2.4. Experimente

Für die überwiegende Zahl der Stufen des oben erwähnten Modells nach [1] wurde versucht, ein geeignetes Experiment zu finden.

- **1 Gegenstände erkunden, mit Gegenständen umgehen**

Hiebei geht es darum, mit den Sinnen wahrzunehmen, zu begreifen, zu ertasten, Eigenschaften zuzuordnen und Gegenstände nach Funktionen und Nutzungsmöglichkeiten zu überprüfen.

Experiment 1: Mechanische Eigenschaften eines weißen Kunststoffbandes (Teflon-dichtung, Bindungskräfte)

Experiment 2: Herstellung von Slime aus Guarkernmehl (dreidimensionale Vernetzung durch Kondensation) [3]

Ebenso kann die unter 3.2.2. angeführte Rechercheübung hier eingeordnet werden.

- **2 Stoffe erkunden**

Gemenge sollen getrennt, Stoffe mit den Sinnen geprüft und untersucht werden, Stoffcharakteristiken sollen erstellt und damit Kenneigenschaften gefunden werden.

Experiment 3: Einfache Analyse (Identifikation) von Kunststoffen durch Prüfung des Schmelzverhaltens, der Brennbarkeit, des Verhaltens bei Verschwelung, Löslichkeit gegenüber unterschiedlichen Lösungsmitteln, Schwimmverhalten [2]

- **3 Techniken entwickeln**

Hierunter wird der Aufbau und die Anwendung von Versuchsanordnungen, beispielsweise das kontrollierte Bewegen beim Erhitzen über dem Brenner oder ähnlichen Bauteilen der Apparatur verstanden.

Experiment 4: Radikalische Polymerisation von Methacrylsäuremethylester [3]

Experiment 5: Radikalische Polymerisation von Polystyrol [3]

- **4 Modelle entwickeln**

Es sollen gemeinsame Vorstellungen vom Aufbau der Materie gewonnen werden.

„Experiment“: Molekülmodelle bauen

- **5 Domänenspezifische Handlungsketten**

Dazu zählt offenes oder angeleitetes Experimentieren, das beispielsweise

Prozessabschnitte ordnet (Beispiel: Herstellung von Styropor [17]: Die Versuchsdurchführung ist dreiteilig: Vorschäumen, Zwischenlagern, Ausschäumen),

Gegenstände zweckbestimmt miteinander kombiniert oder auch gar keine explizite Frage beantworten soll, sondern vielmehr einen Auftrag an sich erfüllen (Experiment 6: Herstellung eines siliconbeschichteten Papiers [13])

oder einen Arbeitsweg nachgehen soll. (Experiment 7: Abformung eines Gegenstandes (a) additionsvernetzend, b) kondensationsvernetzend) [13]).

- **6 Rückwärtssuche „Sherlock Holmes-Strategie“**

Eine Kernfrage hier kann lauten „Wieso kann man verwenden? Es geht um die Identifikation von Edukten, die Erfüllung von Funktionen oder um quantitative Aussagen.

Experiment 8: Welche Klebstoffe eignen sich wofür? (Leim aus Casein, Leim aus Casein und Kalkmilch, Kleber aus Polystyrol, UHU Alleskleber (nicht tropffrei, Polyvinylacetat in Methylacetat und Aceton), Sekundenkleber (Cyanacrylat) [3], [16])

Experiment 9: Welche Saugmittel/Absorber eignen sich wofür? (Polyacrylate vs. Zellstoff, Bentonit ..)

- **7 Verbindungsstrategien konzipieren**

Es sollen Prozessabschnitte zwischen Edukten und Produkten identifiziert werden.

Experiment 10: Wie kann ein Kunststoffteil eine metallische Oberfläche erhalten?

- **8 Vorwärtssuche konzipieren „McGyver-Strategie“**

Hierbei wird eine unscharfe Problemstellung vorgegeben und damit unter Induktion eigener Fragenpräzisierungen und unter Aktivierung des Vorwissens Arbeitswege individuell gestaltet und Antworten gesammelt.

Wozu kann man Folien verwenden? Was kann man damit machen?

Ex 11: Herstellung von Folie aus Chitosan [3]

Ex 12: Herstellung von Folie aus Kartoffelstärke [3]

- **9 Strategien auswählen und kombinieren**

Schüler/innen arbeiten individuell, eigene Fragen werden entwickelt und experimentelle Möglichkeiten erfunden und ausprobiert.

Dies ist in den umfassenden Diplomarbeiten der Schüler/innen realisiert und kann in einem zweistündigen Theoriefach in dieser Form nicht umgesetzt werden. Eine Frage hierzu, die im Rahmen einer Projektarbeit im aktuellen Schuljahr bearbeitet wurde, lautete beispielsweise: „Was kann mit GFK-Abfällen aus der Produktion eines Rohrherstellers gemacht werden?“

3.3 Erprobung einzelner Materialien

Alle elektronisch und „papiermäßig“ erstellten Unterlagen wurden im Unterricht zweier Parallelklassen eingesetzt. Kleinere Korrekturen wurden gegebenenfalls vorgenommen.

Betreffend der geplanten Experimente konnte aus innerschulischen Gründen nur ein Teil in praxi erprobt werden; Dies allerdings mit guter Resonanz seitens der Schüler/innen.

Ein anderer Teil der Versuche wurde seitens der Lehrkraft entweder „privat“ oder im Rahmen eines Seminars „Hilfe, die Riesen kommen.“ (gestaltet von Dr. Brückmann und Mitgliedern des Teams KÖLNER MODELLS, 10. Österreichischer Chemielehrerkongress, Salzburg 2009) als Teilnehmerin erprobt und wird voraussichtlich im kommenden Schuljahr in der Klasse durchgeführt.

Nachstehend sind beispielhaft einige Experimente kurz dargestellt.

Experiment 1 zur chemischen Struktur von Kunststoffen. Die „Anleitung“/der Arbeitsauftrag (Lösung kursiv) zu diesem sehr einfachen Experiment, das die unter 2.2. angeführten Anforderungen an und die Beschreibung der Experimente im Stufenmodell nach Anton (vergleiche 3.1.2.) hervorragend erfüllt, ist nachstehend angeführt.



Experiment 1

Worum handelt es sich bei diesem Gegenstand? *Dichtungsband für den Installationsbereich*

Aus welchem Kunststoff besteht er? *Teflon = PTFE = Polytetrafluorethylen*

Kennen Sie die chemische Struktur? Geben Sie die Formel an.

Beschreiben Sie das mechanische Verhalten des Bandes.

In Längsrichtung ist das Band kaum dehnbar und extrem reissfest. Senkrecht dazu lässt sich das Band um das Vier- bis Fünffache seiner ursprünglichen Breite ausdehnen. Dieser Vorgang ist reversibel.

Geben Sie eine mögliche Erklärung für das mechanische Verhalten des Bandes aufgrund der chemischen Struktur. Fertigen Sie eine Skizze an.

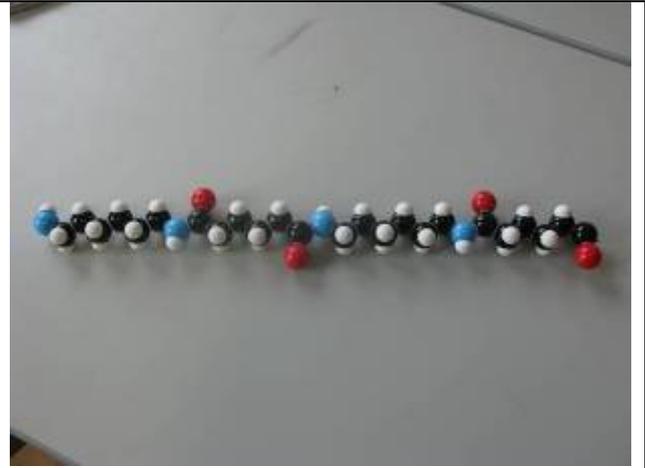
Die PTFE Ketten sind der Länge des Bandes nach orientiert. Die beteiligten Monomereinheiten sind über Atombindungen (kovalente Kräfte) miteinander verbunden. Zwischen den annähernd parallel angeordneten Polymerketten herrschen van-der-Waals-Kräfte. Van-der-Waals-Bindungen stellen Wechselwirkungen zwischen fast oder völlig unpolaren Molekülen (wie es PTFE ist) dar. Kurzfristige Ladungsverschiebungen der Elektronenhülle lassen schwache Dipole entstehen, die ihrerseits eine Polarisierung benachbarter Teilchen hervorrufen.

Die Bindungsstärken von zeitweiligen Dipolen betragen 0,05-2 kJ/mol, jene von Atombindungen 200-400 kJ/mol. Dies erklärt das stark unterschiedliche Dehnungsverhalten in Längs- und Querrichtung.

Ebenso hatte die Durchführung des Experiments 2: Herstellung von Slime aus Guarkeimehl den Schüler/innen sichtlich Spaß gemacht und „Kondensation“ sowie die Zunahme der molekularen Masse perfekt illustriert [3]. Der mit Lebensmittelfarbe eingefärbte Slime wurde im Anschluss von den Schüler/innen mit nach Hause genommen.



Mit Unterstützung durch die Mittel des Fonds konnten auch Molekülbaukästen angeschafft und im Unterricht eingesetzt werden (Modelle entwickeln, nach [1]).



Experimente zur Veranschaulichung von Polymerisationsvorgängen (Experiment 4 und 5, [3]) wurden seitens der Lehrkraft ausgeführt.



Polymethacrylsäuremethylester (PMMA)



Polystyrol (PS)

Experiment 8: Dieser Versuch mit käuflichem Sekundenkleber [16] bietet die Möglichkeit, Vorgänge genau zu beobachten und zu beschreiben. Es werden eine Versuchsreihe mit unterschiedlichen Starterkonzentrationen und Klebeversuche durchgeführt. Mit entsprechendem Vorwissen zu Reaktionsmechanismen können diese interpretiert werden und daraus auf die Einsatzmöglichkeiten, Lagerbedingungen und Unzulänglichkeiten dieses Klebers rückgeschlossen werden.



3.4 Rückmeldungen

Die Lehrkraft führte in den vergangenen Jahren regelmäßig Schüler/innenfeedbacks in unterschiedlicher Intensität durch. Gerade der durch dieses Projekt betroffene Kreis von Schüler/innen wurde jährlich über den Chemieunterricht befragt (Fragebogen, mündliche Interviews durch Externe, „Kurzurückmeldungen“) und ist dies gewohnt.

Im aktuellen Projekt wurde ein einfacher Fragebogen (vergleiche Abschnitt 4) an 47 Schüler/innen verteilt und zur Beurteilung herangezogen.

4. ERGEBNISSE

Als Ergebnis dieses Projekts verfügt die befasste Lehrkraft über eine umfangreiche Sammlung von Fach- und/oder Schulliteratur rund um Kunststoffe. Diese wurde durchgesehen und für die Erarbeitung von Unterrichtsmodulen verwendet.

Es wurden vielfältige Unterrichtsmaterialien erstellt, die im aktuellen Schuljahr eingesetzt wurden. Eine Reihe von Experimenten unterschiedlichen Anspruchs im Hinblick auf

- Einsetzbarkeit (Räumlichkeiten, apparativer Aufwand)
- Inhalt (den Theorieunterricht unterstützend)
- Schüler/innenbeteiligung

konnte zusammengetragen und teils alleine, teils mit Schüler/innen ausprobiert werden. Ein Teil der Versuche wird erstmals im nächsten Schuljahr durchgeführt werden.

Das Feedback der Schüler/innen zum Chemieunterricht in diesem Schuljahr war durchwegs gut. In einem anonymen Fragebogen wurde der Unterricht mit einer fünfteiligen Skala analog dem Schulnotensystem folgendermaßen beurteilt.

Ich glaube, einen guten Überblick über die Chemie der Kunststoffe gewonnen zu haben.	1,4
Die Lehrkraft stellt Bezüge zu anderen Fächern her.	1,9
Der Unterricht war abwechslungsreich und interessant.	2,6
Die Lehrkraft erläutert die Bedeutung der Unterrichtsinhalte für unser (späteres berufliches) Leben.	2,1

Die von Schüler/innen durchgeführten Experimente hatten stets ein besonders positives Echo gefunden.

Einzelne Bemerkungen von Schüler/innen mögen dies illustrieren.

„Das war die beste Chemiestunde, die wir je hatten, Frau Professor!“

„Das sollten wir viel öfter machen“

„Jetzt weiß ich endlich, was Sie meinen ...“

Zweifellos haben Schüler/innenexperimente einen hohen motivatorischen Wert und können im Einzelfall einen „Anker“ für gewisse Phänomene in unserer Wahrnehmung und Erinnerung bilden. Nichtsdestotrotz erscheint es der Autorin didaktisch schwierig, diese lustvoll gewonnenen Eindrücke in nutzbares und anderweitig übertragbares Wissen umzuwandeln.

5. AUSBLICK

Die ausgearbeiteten Materialien können, gegebenenfalls geringfügig adaptiert, im kommenden Schuljahr wieder eingesetzt werden.

Es ist geplant, von Beginn des Schuljahres an, die Experimente an didaktisch sinnvoller Stelle in den Theorieunterricht einzubauen. Dies war aufgrund der umfangreichen Rechercharbeiten im aktuellen Schuljahr nicht immer in dieser Form möglich.

6. LITERATUR

- [1] ANTON, M.: Kompendium Chemiedidaktik. Bad Heilbrunn: Klinkhardt, S. 73-88, 2008
- [2] BRAUN, D.: Erkennen von Kunststoffen. Carl Hanser Verlag, 1978.
- [3] BRÜCKMANN, J. et al.: Kunststoffe im Unterricht. Aulis Verlag Deubner. 1. Auflage, 2008.
- [4] BUCHTELA-BOSKOVSKY, P.: Mein Chemieunterricht, erste Schritte in einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess. Imst Projekt 953. 2008/09.
- [5] BURTON, G. et. al.: Chemical Storylines. Salters Advanced Chemistry, 2nd edition, Heinemann, 2000.
- [6] FISCHER, Chr.: Handschriftliche Mitschrift „Chemie“ aus 2006/07.
- [7] FRANIK, R.: Demonstrationen zur Kunststoffchemie. Aulis Verlag Beubner & Co KG, 5. Auflage, 1989.
- [8] FRANCK, A. Kunststoff-Kompendium, Vogel Industrie Medien, 6. Auflage. Kein Erscheinungsjahr.
- [9] GRUBER, H. et al. Chemische Technologie Organischer Stoffe I, Vorlesungsskriptum des Instituts für Chemische Technologie Organischer Stoffe, TU Wien. Kein Erscheinungsjahr.
- [10] DIE KUNSTSTOFFE, Moleküle und Produkte. Medienpaket CD-ROM und DVD, Reg. Nr. 12904 des Medienservice des bm:bwk.
- [11] KUNSTSTOFFE. Heft 4/49 aus Praxis der Naturwissenschaften. Chemie. 49. Jahrgang, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Juni 2000.
- [12] MILNER, B. & MARTIN, J.: Chemistry, Science Foundations, Cambridge, 2nd edition, 2003.
- [13] Schulversuchskoffer SILIKONE. Wacker Chemie, Begleitheft, 2007.
- [14] SCHWARZ, O., EBELING, F.-W. (Hrsg.): Kunststoffkunde, Vogel Industrie Medien, 9. Auflage, 2007.
- [15] WAMBACH, H. (Hrsg.), Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 2, Organische Chemie, Aulis Verlag Deubner & Co KG, 1991.
- [16] WAMBACH, H. (Hrsg.), Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 5, Makromoleküle - Biochemie, Aulis Verlag Deubner & Co KG, 1997.
- [17] WAMBACH, H. (Hrsg.), Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 8, Chemisch-technische Synthesen und Umweltschutz, Aulis Verlag Deubner & Co KG, 1997.

[http:// www.plastiquarian.com](http://www.plastiquarian.com)