



**IMST – Innovationen machen Schulen Top**

Kompetent durch praktische Arbeiten – Labor, Werkstätte & Co

# **INQUIRE PLASTICS**

## **ELEMENTE DES INQUIRY BASED LEARNING**

### **IM CHEMIEUNTERRICHT**

**ID 1518**

**Patricia Buchtela-Boskovsky**

**Höhere Technische Bundeslehr- und versuchsanstalt**

**tgm**

**Wexstraße 19-23**

**1200 Wien**

Wien, Juli 2015

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>4</b>
<b>2 ZIELE</b> .....	<b>5</b>
2.1 Ziele auf SchülerInnenebene .....	5
2.2 Ziele auf LehrerInnenebene .....	5
2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen.....	6
<b>3 DURCHFÜHRUNG</b> .....	<b>7</b>
3.1 Planungsarbeiten .....	7
3.2 Unterrichtsablauf.....	9
3.3 Dissemination .....	13
<b>4 EVALUATION</b> .....	<b>14</b>
4.1 Feedback von Schülerinnen und Schülern .....	14
4.2 Auswertung der SchülerInnenbeobachtungsbögen .....	14
<b>5 ERGEBNISSE</b> .....	<b>15</b>
5.1 Förderliche und hinderliche Faktoren zur Motivation .....	15
5.2 Entwicklung der Handlungskompetenzen.....	16
5.3 SchülerInnenbeobachtung .....	16
<b>6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK</b> .....	<b>17</b>
<b>7 LITERATUR</b> .....	<b>18</b>
<b>8 ANHANG</b> .....	<b>19</b>

## ABSTRACT

*Inquire Plastics ist ein Projekt, das versucht durch die Methode des Forschenden Lernens Schülerinnen und Schüler für den Chemieunterricht zu motivieren und sie dabei zu unterstützen, Handlungskompetenzen in diesem Bereich zu erlernen und weiterzuentwickeln. Im Zusammenspiel mit dem Theorieunterricht wurden Laborübungen durchgeführt, die in engem thematischen Zusammenhang mit dem Berufsfeld "Kunststofftechniker\_in" stehen und auf verschiedenen Ebenen die Unterrichteten ermutigen und auffordern, sich aus naturwissenschaftlich-technischer Sicht lustvoll, kreativ sowie argumentativ, reflexiv mit Plastik auseinanderzusetzen.*

*Aus der Perspektive der Lehrpersonen sollte der Regelkreis Inquiry Based Learning mit der Beurteilung inhaltlicher und kompetenzorientierter Anforderungen aus dem Lehrplan geschlossen werden. Dazu wurden detaillierte Schülerbeobachtungsbögen erstellt und bearbeitet.*

Schulstufe:	11
Fächer:	CUM Chemie und Umwelt
Kontaktperson:	DI <sup>in</sup> Dr <sup>in</sup> Patricia Buchtela-Boskovsky
Kontaktadresse:	Höhere Technische Bundeslehr- und versuchsanstalt tgm, 1200 Wien, Wexstraße 19-23
Zahl der beteiligten Klassen:	1
Zahl der beteiligten SchülerInnen:	12

### **Urheberrechtserklärung**

*Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit (=jede digitale Information, z.B. Texte, Bilder, Audio- und Video Dateien, PDFs etc.) selbstständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle aus gedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen und Konzepte sind zitiert und durch Fußnoten bzw. durch andere genaue Quellenangaben gekennzeichnet. Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird. Diese Erklärung gilt auch für die Kurzfassung dieses Berichts, sowie eventuell vorhandene Anhänge.*

# 1 EINLEITUNG

Im Schuljahr 2013/14 wurde das Projekt *In aller Munde – Mehl!* in der Abteilung Kunststofftechnik, Unterrichtsfach Chemie und Umwelt, der Höheren Technischen Bundeslehr- und Versuchsanstalt tgm in der 11. Schulstufe durchgeführt. Dabei wurde der Schwerpunkt auf das selbständige Experimentieren der Schülerinnen und Schüler im chemischen Laborunterricht gelegt und versucht, „Forschendes Lernen“ als Methode anzuwenden. Weiters wurde der Laborunterricht mit dem Theorieunterricht aufgrund der geänderten Rahmenbedingungen durch die Einführung des neuen Lehrplans „Kunststofftechnik“ eng miteinander verschränkt. Thematisch war das Projekt auf die Stoffgruppe der Kohlenhydrate (Mono-, Di-, Polysaccharide) bis hin zu den Biopolymeren fokussiert.

Die Ergebnisse waren sehr ermutigend und sollten im gegenständlichen Projekt *Inquire Plastics* unter vergleichbaren Rahmenbedingungen (Schulstufe, Unterrichtsfach..) genutzt, vertieft und weiterentwickelt werden.

Alle Stufen des Inquiry waren hierin anzuwenden und didaktisch aufzubereiten sowie in ihren Ergebnissen, Erfolgen und Misserfolgen, zu beleuchten. War es zuvor nicht gelungen, in allen Stufen des Inquiry Based Learning Modells Übungen anzubieten, sollte dies - basierend auf den gewonnenen Erfahrungen - nunmehr in diesem Projekt möglich werden. Insbesondere im Hinblick auf Hypothesenbildung und deren Bestätigung oder Ablehnung sowie in der Reflexion durch die Unterrichteten sollten gezielt methodische Anstrengungen unternommen werden.

Thematisch standen im aktuellen Projekt klassische Polymere im Vordergrund, „erdölbasierte“ Monomere und deren funktionelle Gruppen sowie Kunststoffe im engeren Sinne.

## 2 ZIELE

### 2.1 Ziele auf SchülerInnenebene

Im Vorgängerprojekt wurde eine klare **Motivationssteigerung** bei den Schülerinnen und Schülern durch den Einsatz des Inquiry Based Learning (in der Folge IBL) festgestellt. Dies sollte an einer anderen Schüler\_innengruppe überprüft werden und gegebenenfalls die näheren **Faktoren**, die dazu führen oder (gegebenenfalls) hinderlich sind, untersucht werden. Fragen wie „Was spricht an?“, „Was gestaltet sich für die individuelle Persönlichkeit schwierig, was erleichtert/erschwert ihr den Zugang zum selbständigen Experimentieren?“ sollten beantwortet werden.

Auf der Handlungsebene sollten die Schülerinnen und Schüler alle Ebenen des IBL - vom Bestätigungsexperiment über unterschiedlich vorstrukturiertes bis hin zum offenen Forschen - gleichermaßen im Unterricht erfahren und so ihre **Handlungskompetenzen** schrittweise entwickeln und erweitern. Ausgehend von den Naturwissenschaftlichen Bildungsstandards für Berufsbildene Höhere Schulen wurde ein Beobachtungsbogen für Lehrpersonen entworfen. Dabei wurde bewusst auf die Kompetenzmatrix des Lehrplans Kunststofftechnik verzichtet, um einen engeren Bezug zu den Erfahrungen in den Naturwissenschaften und zur Literatur des IBL's herstellen zu können.

Das Konzept des IBL illustriert nachstehende Tabelle im Überblick.

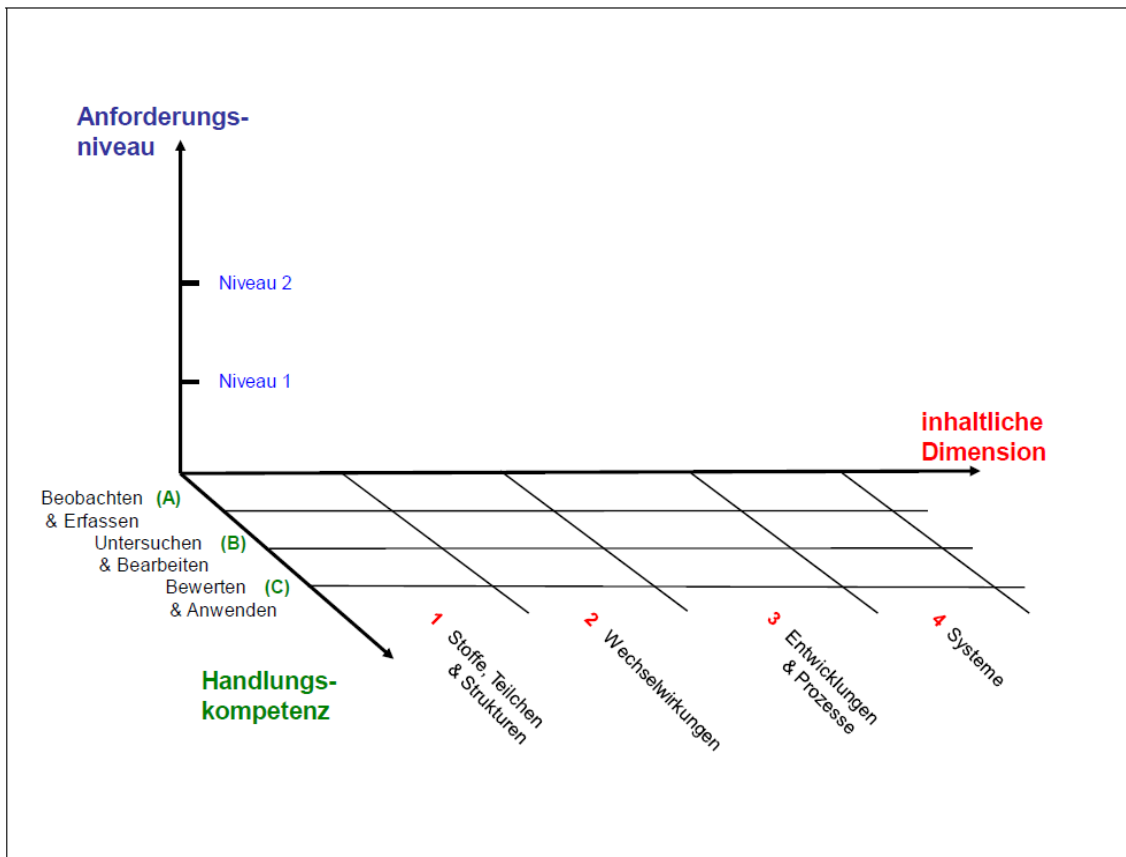
Level beim Forschenden Lernen	Fragestellung	Methodenwahl	Interpretation
Level 0: bestätigend	durch Lehrperson	durch Lehrperson	durch Lehrperson
Level 1: strukturiert	durch Lehrperson	durch Lehrperson	durch Lernende
Level 2: begleitet	durch Lehrperson	durch Lernende	durch Lernende
Level 3: offen	durch Lernende	durch Lernende	durch Lernende

Aus: Abels, Simone, Lembens, Anja (2015). Teaching Enquiry with Mysteries incorporated. *Chemie & Schule*. 1b/2015.

Inhaltlich sollten theoretische und praktische **Kenntnisse über Makromoleküle/Polymere**, deren Analyse und Herstellung erworben werden. Dies wurde in schriftlichen Leistungsüberprüfungen anhand „kompetenzorientierter“ Fragestellungen und in der Beurteilung der Laborprotokolle untersucht.

### 2.2 Ziele auf LehrerInnenebene

Ein **Schüler\_innenbeobachtungsbogen** als Grundlage zur Verfolgung des Erwerbs von Handlungskompetenzen durch die Unterrichteten sollte erstellt und erprobt werden. Damit sollte der Kreis zwischen IBL als förderlicher Unterrichtsmethode und den Anforderungen der gegenwärtigen Lehrplangeneration (Stichwort „Kompetenzorientierung“) geschlossen werden.



Das dreidimensionale Kompetenzmodell (NAWI) für BHS aus „Bildungsstandards in der Berufsbildung – Naturwissenschaften“.

Die **Betreuung** der Schülerinnen und Schüler sollte **individualisiert** und mit der einzelnen Schülerin, dem einzelnen Schüler in Umfang/Tempo/Schwierigkeitsgrad abgestimmt werden, so dass der persönlich empfundene Erfolg gesteigert wird.

Hinweise aus dem **Lehrerfeedback** im Vorgängerprojekt sollten – auch im Hinblick auf eine höhere Akzeptanz der Unterrichtsmethode IBL im Team - **Berücksichtigung finden**. Dazu zählte unter anderem die Intensivierung der Behandlung der Laborsicherheit sowie der Sorgfalt und Genauigkeit beim chemischen Arbeiten.

## 2.3 Verbreitung der Projekterfahrungen

Es war beabsichtigt, das Projekt auf mehreren Ebenen zu disseminieren. Eine allgemein gehaltene Information über das Projekt erfolgte über die Abteilungshomepage sowie auf Plakaten im öffentlich zugänglichen Raum der Schule.

Anlässlich der *Langen Nacht der Technik* (<http://langenacht.pria.at/>) am 29. Jänner 2015 konnten diese Informationen gemeinsam mit einer Auswahl an Experimenten einer breiteren Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Beim Tag der offenen Tür sowie der nächsten Langen Nacht der Technik im kommenden Herbst wird dies ebenso der Fall sein.

Über die Schulgrenzen hinaus ist geplant, adaptierte Übungen im Rahmen der Kinderuni Steyr im Sommer 2015 zu zeigen (<http://kinderuni-ooe.at/index.php/kinderuni-steyr-programm/item/1921-natuerlich-plastik--788579>).

## 3 DURCHFÜHRUNG

### 3.1 Planungsarbeiten

In zeitlicher Hinsicht wurde der Unterricht bestehend aus drei Wochenstunden Laborunterricht und zwei Wochenstunden Theorieunterricht dahingehend organisiert, dass der Laborunterricht in Vier-Stunden-Blöcken beginnend mit September unter Berücksichtigung geplanter Abwesenheiten festgelegt wurde. Der Theorieunterricht wurde gleichverteilt im üblichen Wochenstundenplan über das Schuljahr fixiert.

Jene Lehrperson, welche für den Theorieunterricht verantwortlich war, war auch während des gesamten Schuljahrs im Laborunterricht federführend. Aufgrund der sehr kleinen Gruppengröße (Wintersemester 13, Sommersemester 12 Unterrichtete) war im Labor nur eine weitere Lehrperson in das Projekt eingebunden und es wurde bei einzelnen Aufgaben der Personenkreis der Schülerinnen und Schüler durch solche einer anderen Klasse erweitert. Dies ging allerdings nicht in die Evaluation ein, sondern diente ausschließlich der Testung einer Aufgabenstellung im engeren Sinne. Im Bericht ist dies – wo zutreffend – jeweils vermerkt.

Die inhaltliche Planung der Projektarbeiten wurde gegenüber der Antragstellung dahingehend angepasst, dass – im Gegensatz zum Vorgängerprojekt – weniger auf die Inhalte und mehr auf die Methodik, also die einzelnen Stufen des IBL und ihre Umsetzung, fokussiert wurde. Die nachstehende Tabelle gibt dazu eine Übersicht.

Kurzbezeichnung der Übung		Beschreibung	Level beim Forschenden Lernen
1	Labortechnik	Einzelne Labortechniken werden recherchiert, wiedergegeben, Demonstrationsexperimente werden vorbereitet und erläutert. Die Dokumentation erfolgt mittels eines Kurzvideos.	Level 2: begleitet
2*	Biofolie (Recherche)	Ausgehend von einem Photo wird recherchiert und diskutiert, was man unter einem Biopolymer versteht und welche Eigenschaften erwartet werden können.	Level 0: bestätigend
3	Seifenherstellung	Seife wird nach Anleitung hergestellt. Die vorgegebene Arbeitsvorschrift wird hinterfragt und Funktionen der verwendeten Reagenzien erforscht. In weiterer Folge wird nach Alternativen für die Lauge gesucht und diese werden ausprobiert und protokolliert.	Level 2: begleitet
4	Intelligente Knete®	An einem käuflichen Produkt werden die in öffentlich zugänglichen Videos gezeigten Eigenschaften überprüft und eigene Versuchsanordnungen dazu entworfen und getestet. Es wird versucht, den beobachteten Eigenschaften ein Strukturmodell zugrunde zu legen. Die Ergebnisse werden in der "Langen Nacht der Technik" an der Schule gezeigt.	Level 2: begleitet

5	<b>Coolpacks</b>	Nach einer bekannten Vorschrift wird "Slime" hergestellt und eine alternative Verwendung als Coolpack vorgeschlagen.	Level 2: begleitet
6	<b>Phenole als Farbstoffe</b>	Die Chemikalie wird als ein Ausgangspunkt der Farbstoffchemie in der Literatur entnommenen Experimenten vorgestellt.	Level 0: bestätigend
7	<b>Biofolie (Herstellung)</b>	Eine bereits im vorigen Schuljahr entwickelte Übung zur Herstellung einer Biopolymerfolie auf Stärkebasis wird wiederholt und von den Schülerinnen und Schülern neu variiert.	Level 2: begleitet
8	<b>Kunststoffherstellung_1</b>	Drei unterschiedliche Polymere werden nach genauer Arbeitsanleitung rezeptartig hergestellt. Dabei sind die Reaktionsbedingungen zu verändern und fachliche Erklärungen für den unterschiedlichen Reaktionsverlauf zu finden. Nebenprodukte sind zu identifizieren. Die entstandenen Produkte sind zu vergleichen und in die "Kunststoffwelt" chemisch einzuordnen.	Level 1: strukturiert
9*	<b>Kunststoffherstellung_2</b>	Ein Biopolymer auf Lactidbasis ist nach gegebener Vorschrift herzustellen. Dabei sind die genauen Reaktionsbedingungen hinsichtlich des besten erzielten Ergebnisses einzugrenzen und zu beschreiben.	Level 1: strukturiert
10	<b>Kunststofferkennung_1</b>	Unbekannte Proben sind anhand einer ausführlichen Anleitung und erforderlichenfalls zusätzlicher Recherche zu identifizieren oder zumindest hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung einzugrenzen.	Level 1: strukturiert
11*	<b>Kunststofferkennung_2</b>	Die Kunststofferkennung mittels Infrarotspektroskopie wird (als Laborübung) erprobt.	Level 0: bestätigend
12*	<b>Geschäumtes Polystyren (Recherche)</b>	Ausgehend von einem Photo wird zu extrudiertem Polystyren, dem Herstellungsverfahren sowie den technischen Einsatzmöglichkeiten und dem Recycling recherchiert und die Ergebnisse werden dokumentiert.	Level 1: strukturiert

\* von separater Schüler\_innengruppe durchgeführt

Von den zwölf dargestellten Übungen finden sich drei auf Level 0, vier auf Level 1 und fünf auf Level 2 wieder. Die Übungen 1, 5 und 7 konnten mit einzelnen Schülerinnen und Schülern an Level 3 herangeführt werden.

Im Projekt *Inquire Plastics* gab es die Gelegenheit, den Theorieunterricht mit dem fachpraktischen Unterricht in großen Teilen zu akkordieren. Im Wintersemester sowie in der ersten Hälfte des Sommersemesters wurden wesentliche Reaktionsmechanismen basierend auf den Grundkenntnissen über chemische Reaktionen (Additions-, Eliminations- Substitutions-, Kondensations-, Polymerisationsreaktion) aus dem Vorjahr vertieft:  $S_N1$ ,  $S_N2$ ,  $S_R$ ,  $S_E$ ,  $A_R$ ,  $A_E$ , Addition an  $C=O$  und  $C\equiv N$ ,  $E1$ ,  $E2$ , Polymerisationen. Fette und die natürlichen Polymere (Polysaccharide, Proteine) wie auch die vollsynthetischen Kunststoffe (wie sie im Schulbuch *Moleküle* S. 154 bis 164) dargestellt werden, wurden mit ergänzendem Material im Unterricht eingehend behandelt.

Im fachpraktischen Unterricht wurden zu Beginn – basierend auf den Ergebnissen des vorangegangenen Projekts – individuell ausgesuchte Themen zur Labortechnik von den Schülerinnen und Schü-



lern in Kleinstgruppen bearbeitet und präsentiert sowie anschließend mit den Lehrpersonen besprochen. Als Ergebnis wurde jeweils ein Demonstrationsfilm aufgenommen.

Zeitlich anschließend wurden die „klassischen“ Übungen (quantitative chemische Analytik: Titration, Gravimetrie, Photometrie) sowie vorstrukturierte Forschungsfragen bearbeitet (Herstellung von Seifen, Coolpacks, „Intelligente Knete<sup>®</sup>“ etc.). Letzteres war eigentlicher Projektinhalt. Um eine größere Anzahl von Übungen und/oder Leistungsüberprüfungen wie oben angeführt durchführen zu können, wurde der Kreis der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler auf eine Klasse der 10. und eine Klasse der 12. Schulstufe punktuell erweitert.

### **3.2 Unterrichtsablauf**

Für den Laborunterricht stand ein für Schulzwecke üblich ausgestattetes chemisches Laboratorium zur Verfügung. Darin fanden die Schülerinnen und Schüler individuelle Arbeitsplätze mit einer Geräteausrüstung für allgemeine nasschemische Experimente und Untersuchungen vor. Dieses Labor sowie die Sicherheitsvorschriften, grundlegende Arbeitstechniken und mögliche Gefahren aufgrund der Verwendung gefährlicher Stoffe kannten sie bereits aus dem Vorjahresunterricht.

Nichtsdestotrotz wurde im aktuellen Schuljahr im praktischen Unterricht aufgrund des Lehrerfeedbacks aus dem Vorgängerprojekt die (mangelnde) Laborsicherheit und die (mangelnde) Genauigkeit beim Inquiry Based Learning (in Folge IBL) betreffend, damit begonnen, die notwendigen Grundoperationen (Mischen, Trennen, pH-Wert-Messung, Wägen, Volumsmessung, Temperaturmessung und Temperieren) ausführlich und explizit zu bearbeiten (Übung 1: Labortechnik, Level 2 – fallweise Level 3). Hier wurden die Recherche, die Entwicklung eines einfachen exemplarischen Experiments zur Demonstration sowie das Vortragen und die Reflexion im Rahmen der anschließenden Gruppendiskussion als Elemente des IBL umgesetzt.

In der nachstehenden Tabelle ist das Kompetenzmodell für Naturwissenschaften für Berufsbildende Höhere Schulen (Naturwissenschaftliche Bildungsstandards, Version 9) konkret auf den Fachbereich Chemie heruntergebrochen („bezogen auf chemische Übungen im allgemeinen“). In weiterer Folge sind diese für den Chemieunterricht formulierten Tätigkeiten/Kompetenzen/Fähigkeiten für die einzelnen Übungen (detailliert hier dargestellt werden vier aus den oben zwölf genannten Übungen) im Laborunterricht konkretisiert; d.h. einer nachvollziehbaren Beobachtung und Beurteilung durch die Lehrperson zugänglich gemacht.

	Kompetenzen	bezogen auch chemische Übungen im allgemeinen	Kurzbezeichnung
Beobachten und Erfassen	Experimente oder Vorgänge in der Natur oder im Alltag beobachten	Eigenschaftsänderungen, Wärmeentwicklung, Bläschenbildung.....) inhaltlich lückenlos sowie in der Reihenfolge des Geschehens korrekt wiedergeben, maßgebliche von nicht maßgeblichen Einflussgrößen unterscheiden (können)	E1
	Vorgänge mittels chemischer Formeln beschreiben	chemische Formeln wiedergeben und Reaktionsgleichungen aufstellen	E2
	Vorgänge unter Anwendung chemischer Fachsprache (verbal) beschreiben	in der Diskussion, in der Reflexion, im Demonstrationsexperiment, im Protokoll	E3
	Vorgänge und/oder Phänomene mit Hilfe chemischer Basiskonzepte und unter Rückführung auf (heute anerkannte) Prinzipien erklären	in der Diskussion, in der Reflexion, im Demonstrationsexperiment, im Protokoll, in der Verteidigung eigener Hypothesen; Daten ordnen, vergleichen, Abhängigkeiten erkennen	E4
Untersuchen und Bearbeiten	Vorgänge in Natur und Umwelt mit fachspezifischen Methoden untersuchen und überprüfen	Materialeigenschaften prüfen, Experimente nach Arbeitsvorschrift durchführen, eigenständig Experimente (nach Erlernen geeigneter Methoden) planen, aufbauen, durchführen	U1
	Untersuchungsfragen formulieren	an persönliche Erfahrungen anknüpfend weiterführende Fragen stellen und diese (modellhaft) zu einer Untersuchungsfrage transformieren	U2
	fachliche Informationen beschaffen und auswerten	In der Fachliteratur und/oder im Internet recherchieren, Gespräche führen, Informationen auf Zuverlässigkeit und Brauchbarkeit hin bewerten	U3
	Modelle und Hypothesen bilden und formulieren	Annahmen treffen und überprüfen, Annahmen und darauf basierende Prognosen treffen	U4
	Bearbeitungs-/Untersuchungsmethoden auswählen	Fallstudien, Experimente, Messungen, Berechnungen durchführen	U5
Bewerten und Anwenden	Daten, Fakten und Ergebnisse dokumentieren und bewerten, präsentieren und anwenden	Laborazeichnungen führen, Protokolle schreiben, Berechnungen durchführen, Graphiken erstellen, Demonstrationsexperimente durchführen, erworbene Kenntnisse auf geeignete (fremde) Sachverhalte übertragen	A1
	Bewertungskriterien auswählen (Grenzen erkennen und festlegen)	Nicht plausible Messergebnisse kritisch betrachten und Fehlerursache erforschen, Externe Informationen auf ihre Aussagekraft hin einordnen und bewerten	A2
	Anwendungsbereiche und ihre Grenzen erkennen und festlegen	Prognosen erstellen	A3
	motiviert und handlungsbereit sein	Misserfolge im Experiment akzeptieren und unter Berücksichtigung der Fehler die Arbeit fortsetzen und/oder wiederholen; eigene Erlebnisse/Ideen in den Unterricht einbringen; außerhalb der Unterrichtszeit und ohne konkrete Handlungsvorgabe sich mit dem Thema auseinandersetzen	A4

**Bez.****Kunststofferkennung\_1****Labortechnik**

E1	Aussehen der Kunststoffproben beschreiben (und gegebenenfalls mit Alltagsanwendungen in Verbindung bringen), Experimente gemäß Anleitung durchführen und dabei die Beobachtungen einordnen und vergleichen können	
E2		
E3	schriftlich im Protokoll	im Vortrag und Demonstrationsexperiment
E4	Löslichkeit und thermisches Verhalten der Kunststoffproben mit Hilfe der Strukturen (teilweise) erklären können	im Vortrag und Demonstrationsexperiment
U1	Untersuchungen gemäß Anleitung durchführen und auf Zusammenhänge achten	Experimente planen, aufbauen, vorzeigen
U2		
U3	für etwaige unerwartete Abweichungen (z.B. im thermischen Verhalten) Erklärungen finden	Fachliteratur lesen und für die Anwendung im Schülerlabor wesentliche Inhalte eruieren
U4		
U5		Beispiele zur Demonstration auswählen und Experimente planen und ausführen
A1	Laborjournal und Protokoll führen, Ergebnisse einordnen und vergleichen sowie übersichtlich darstellen, Ergebnisse (insbesondere bei Widersprüchen) begründet bewerten/ausschließen	
A2		
A3	Methoden in ihrer Aussagekraft bewerten (z.B. Unterscheidung verschiedener Polyolefine nicht/nur sehr eingeschränkt möglich)	Anwendungen im Labor identifizieren und Fehler(ursachen) sowie "Gegenmaßnahmen" erklären
A4	eigene Proben mit jenen von Kolleg_innen vergleichen; andere Untersuchungsmethoden (außerhalb des Laborunterrichts) heranziehen, z.B. IR	Einwände gelten lassen, Videoaufnahme wiederholen; selbst erfahrene/erfahrbare Beispiele einbringen

**Bez.****Intelligente Knete****Kunststoffherstellung 1**

E1	Material und seine Eigenschaften unter veränderlichen, äußeren Einflüssen beschreiben	Beobachtungen über den Reaktionsverlauf anstellen
E2	Aufbau des Materials gemäß Literatur formelmäßig beschreiben	Reaktionsverlauf fachlich korrekt beschreiben
E3	im Protokoll und in der live-Präsentation	Reaktionsverlauf fachlich korrekt beschreiben
E4	Struktur/Eigenschaftsbeziehung unter Zuhilfenahme externer Quellen beschreiben	Reaktionstyp und Kunststoffgruppe feststellen
U1		Nebenprodukte mit bekannten Methoden bestimmen
U2	Ideen zur Verwendung dieses Materials und zur Eignungsuntersuchung	Welchen Einfluss haben geänderte Mengenverhältnisse der Reaktanden?
U3	Fachliteratur lesen, Internetrecherche, Lehrpersonen fragen	Fachliteratur lesen, Internetrecherche
U4	Strukturmodell graphisch und verbal entwerfen; Untersuchungen zur Eigenschaftsänderung bei niedrigerer/höherer Temperatur als bei Raumtemperatur formulieren	
U5	z.B. Versuch zur Demonstration der Sprödigkeit entwerfen	Methoden für den Nachweis von Nebenprodukten auswählen (Wasser, Ammoniak)
A1		Dokumentationsmethode und Beobachtungszeitraum (Schwindung!) festlegen, Protokoll erstellen
A2		
A3		Einfluss von veränderten Ausgangsmengenverhältnissen auf die Materialeigenschaften abschätzen
A4	Teilnahme an nicht an den Unterricht gebundene Veranstaltungen	Eigene Versuchsansätze ausprobieren (Menge, Form...)

Grün hinterlegte Felder sind solche Teilbereiche, die in der Übung nicht zur Anwendung kommen (können). Allerdings sind aus jedem Handlungskompetenzbereich mindestens eine, meist mehrere Realisierungsmöglichkeiten vorhanden. Auf eine Unterscheidung in Anforderungsniveaus (gemäß der Standards) wurde verzichtet. Diese detaillierten Ausarbeitungen von Handlungskompetenzen pro Übungsbeispiel wurden als Grundlage für Schüler\_innenbeobachtungen verwendet. Die Schüler\_innen wurden von den anwesenden Lehrpersonen beobachtet und es wurden für jede Kompetenz ++, + oder – vergeben.

### **3.3 Dissemination**

Die Dissemination des Projekts erfolgt/e weitgehend wie unter *2.3 Verbreitungsziele* beschrieben. Schulintern können und werden Teile des erarbeiteten Programms im Regelunterricht und bei Werbemaßnahmen eingesetzt.

## 4 EVALUATION

### 4.1 Feedback von Schülerinnen und Schülern

Zur Feststellung jener Elemente im Chemieunterricht, die einer Motivation eher förderlich oder hinderlich sein können, wurden **persönliche Gespräche** mit den Schülerinnen und Schülern und Aufzeichnungen hierüber geführt. Berichtswerte Ergebnisse werden nachfolgend dargestellt.

### 4.2 Auswertung der SchülerInnenbeobachtungsbögen

Für sieben der oben erwähnten zwölf Übungen wurden für alle Schülerinnen und Schüler Beobachtungsbögen erstellt und ausgewertet. Die Beobachtungen wurden jeweils im oder kurz nach dem Unterricht vermerkt resp. eingetragen.

Dies gelang für alle Schülerinnen und Schüler in ausreichender Genauigkeit, um eine Bewertung der Kompetenzen zu ermöglichen. Damit konnte Erfahrung in der Verknüpfung zwischen handlungsorientierten Aufgaben hin zu beobachtbaren, dokumentierbaren Schülerleistungen gewonnen werden.

Die **Entwicklung der Handlungskompetenzen** seitens der Unterrichteten durch den Unterricht ließ sich damit allerdings nicht darstellen. Die Auswertung der Schülerbeobachtungsbögen lieferte dazu keine brauchbaren Ergebnisse. Mögliche Erklärungen wurden im Kollegium diskutiert und sind in den Ergebnissen angeführt.

## 5 ERGEBNISSE

### 5.1 Förderliche und hinderliche Faktoren zur Motivation

#### Schrittweise Einführung des IBL - Wiedererkennen

Im Feedback von fünf Schülerinnen und Schüler wurde die Freude betont, im Theorieunterricht Gehörtes im Laborunterricht wiederzuentdecken, daran anzuknüpfen und/oder weiterentwickeln zu können. Oft „passiert“ dies auch nicht unmittelbar, sondern erst nach einiger Zeit der Auseinandersetzung mit der Aufgabe werden die entsprechenden Elemente wiedererkannt (z.B. Kondensationsreaktion bei „Kunststoffherstellung\_1“ durch den Nachweis von Ammoniak oder Wasser; Beilsteinprobe, die nicht nur Chlor im PVC, sondern auch fluoridhaltige Kunststoffe oder durch bromhaltige Flammenschutzmittel anzeigt (scheinbare Widersprüchlichkeiten bei der „Kunststofferkennung\_1“); Funktion des Propantriols als Weichmacher bei der Folienherstellung etc.). Die Schülerinnen und Schüler fanden sich durch Übungen auf Level 1 und Level 2 (i.S. des IBL) gut gefordert, mit Versuchen, eigene Fragestellungen (Level 3) zu bearbeiten, fingen sie überwiegend nichts an. „Das ist ja kein Unterricht!“

#### Auswahl der Inhalte

Durch eine relativ große Anzahl von Aufgaben im (direkten) Zusammenhang mit „Kunststoffen“ fühlten sich alle Schülerinnen und Schüler stark angesprochen. Sie schätzten Aufgabenstellungen, die (scheinbar) stark an der Praxis und „am wirklichen Leben“ orientiert waren.

Für einen rot-grün farblinden Schüler wurden jene Aufgaben, die nicht erledigbar waren, durch andere, individuelle mit gleichem Lehrziel ersetzt.

#### Abwechslung

Von sieben Schülerinnen und Schülern wurde betont, dass sie Abwechslung im Unterricht mögen. Bei Nachfrage stellte sich heraus, dass Übungen, die sich über mehr als zwei Unterrichtsblöcke erstreckten, als langweilig, zu mühsam, nicht erfolgreich wahrgenommen wurden.

#### Kein Zurückbleiben

Im Gegensatz zum Vorgängerprojekt konnten alle beteiligten Schülerinnen und Schüler einigermaßen gleichmäßig mit den Aufgaben befasst werden, das heißt in der (grundsätzlich) positiven Erledigung einer bestimmten **Anzahl** gestellter Aufgaben gab es nur geringe Unterschiede zwischen den Unterrichteten. Punktuell auftretende Rückschläge und Frustration bei der Durchführung einzelner Aufgaben („Das schaff ich nie!“, „Das funktioniert bei mir nicht!“) wurden durch kurzfristige Intervention seitens einer Lehrperson, oft aber die kollegiale Unterstützung von Klassenkolleg\_innen wiedergutmacht, so dass keine größeren Zeitdifferenzen in der Aufgabenerledigung innerhalb der Gruppe zutage traten. Es gelang innerhalb der Gruppe, die Leistungsdifferenzierung über den Ausarbeitungsgrad der Aufgaben oder weitere Ebenen des IBL zu erreichen. Von (vorübergehenden) Schwierigkeiten im Sinne von „eine Übung funktioniert gar nicht“ waren vier Schüler betroffen. Wiederum vier Schülerinnen und Schüler bildeten in zeitlicher Hinsicht die „Spitzengruppe“.

#### Wiederholungen aufgrund unzureichender Ergebnisse

Die analytischen Aufgaben wurden im Vergleich zum Vorjahr bzw. zur Parallelklasse mit höherer Genauigkeit gelöst. Dies wurde auf die separate Übung „Labortechnik“, welche auch Sicherheit inkludierte, zurückgeführt.

Dennoch konnte der Hälfte der Unterrichteten konnte nicht ausreichend (positiv) kommuniziert werden, dass Übungen aufgrund von zu großen Ungenauigkeiten und damit „falscher“ Ergebnisse um des Lernens willen (aus Eigeninteresse) wiederholt werden müssen, um eine positive Beurteilung

darüber zu erhalten. „Ich weiß ja eh, wie’s geht.“. Die Übungen wurden dann nicht aus eigenem Antrieb heraus wiederholt, sondern erst nach Intervention durch die Lehrperson.

### Zeitaufwand

Seitens der Schülerinnen und Schüler wird der hohe Zeitaufwand für die Protokollerstellung und etwaige Recherchearbeiten zu Hause beklagt und gegebenenfalls auch als unangemessen betrachtet.

## 5.2 Entwicklung der Handlungskompetenzen

Die vorliegenden Beobachtungsbögen (Beispiele siehe Anhang) wurden über die gesamte Schüler\_innengruppe zusammenfassend in den drei großen Bereichen der Handlungskompetenzen (Beobachten & Erfassen, Untersuchen & Bearbeiten sowie Bewerten & Anwenden) ausgewertet. Dies deshalb, da für den einzelnen Teilbereich (z.B. U1) nicht immer ein Messergebnis = Beobachtungsergebnis vorlag. Dabei wurden die in der Beobachtung ermittelten Werte ++/+/- über die unterschiedlichen Übungen hinweg addiert und nachstehend in Prozenten ausgedrückt.

Angaben in Prozent von Gesamtmesswerten	++	+	-
Beobachten & Erfassen	46	33	21
Untersuchen & Bearbeiten	30	29	40
Bewerten & Anwenden	28	34	48

Obwohl ein gewisser Trend erkennbar scheint (höchste Kompetenz auf „niedrigem Niveau“, dem Beobachten und Erfassen, niedrigste Kompetenz auf „höchstem Niveau“, dem Bewerten und Anwenden), kann aufgrund der doch stark differierenden Einzelergebnisse, d.h. im Vergleich von Übung zu Übung beim identen Unterrichteten, keine generelle Aussage zum Erfüllungsgrad der Handlungskompetenz gemacht werden.

Was wäre „100 % Handlungskompetenz“ im Teilbereich „Untersuchungsfragen formulieren“? Die Erwartungshaltung der Lehrperson (was ist ++?) sowie der Schwierigkeitsgrad der Aufgabe selbst haben dabei maßgeblichen Einfluss.

## 5.3 SchülerInnenbeobachtung

Die Erstellung des Beobachtungsbogens für eine Übung ist sehr zeitintensiv und bedarf des Hinterfragens des eigentlichen Lehrziels. Dabei kann es durchaus vorkommen, dass eine Übung dieser kritischen Überprüfung nicht standhält, sei es dass sie aus Traditionsgründen oder des „schönen Effekts“ wegen gemacht wurde und wird. Das heißt, die Übung liefert in der vorliegenden Form keine Grundlage zur Entwicklung der gewünschten Kompetenzen. Darin liegt allerdings auch die Chance auf „Ent-rümpelung“.

Lagen die Formblätter aber vor, erfolgte die Beurteilung durch die befassten Lehrkräfte durchaus rasch und im Ergebnis ähnlich.



## 6 DISKUSSION/INTERPRETATION/AUSBLICK

Nach zwei Jahren Erprobung von Inquiry Based Learning im Chemieunterricht erscheint mir die Unterrichtsmethode durchaus geeignet, das Interesse der Schülerinnen und Schüler zu wecken und auch überwiegend aufrechtzuerhalten. Es macht ihnen Spaß, Aufgaben jenseits von „Kochrezepten“ zu bearbeiten und auch eine gewisse Verantwortung zu übernehmen. Der „Konsumgedanke“ im Unterricht wird zurückgedrängt. Die Methode fördert die Kreativität und die intensivere Auseinandersetzung mit Inhalten. Sie unterstützt auch die Zusammenarbeit innerhalb von Gruppen.

Die Sichtbarmachung und Bewertung dessen, was Schüler\_innen bei diesen Aufgaben leisten können, wurde mit den entwickelten Beobachtungsbögen möglich gemacht. Es erfordert allerdings einen hohen Aufwand, diese Beobachtungsbögen für jedes Beispiel im Detail zu erstellen.

Das Projekt hinterlässt verstärkt ein Gefühl für die Notwendigkeit, Unterrichtsinhalte und Unterrichtsmethoden – gleich welcher Art – von seiten der Lehrpersonen gegenüber den Unterrichteten zu rechtfertigen. Die wesentliche Frage, die ich mir als Lehrerin, als Lehrer stellen sollte, ist: Wozu befähigt mein Unterricht meine Schülerin/meinenSchüler?

## 7 LITERATUR

Abels, Simone, Lembens, Anja (2015). Teaching Enquiry with Mysteries incorporated. *Chemie & Schule*. 1b/2015.

Arbeitsgruppe „Bildungsstandards in der Berufsbildung – Naturwissenschaften“. Naturwissenschaftliche Bildungsstandards. Berufsbildende Höhere Schulen. Das Kompetenzmodell. [http://www.berufsbildendeschulen.at/fileadmin/content/bbs/AGBroschueren/Naturwissenschaften/BHS\\_Vers.09.pdf](http://www.berufsbildendeschulen.at/fileadmin/content/bbs/AGBroschueren/Naturwissenschaften/BHS_Vers.09.pdf). [29.06.2015].

BIFIE. Kompetenzmodell Naturwissenschaften 8. Schulstufe. Vorläufige Endversion Oktober 2011. [https://www.bifie.at/system/files/dl/bist\\_nawi\\_kompetenzmodell-8\\_2011-10-21.pdf](https://www.bifie.at/system/files/dl/bist_nawi_kompetenzmodell-8_2011-10-21.pdf). [30.6.2015].

Brückmann, Arndt, Freitag, Gerhards (2008). *Kunststoffe im Unterricht*. Köln, Aulis Verlag Deubner.

Buchtela-Boskovsky, Patricia (2014). In aller Munde – Mehl!. [https://www.imst.ac.at/imst-wiki/index.php/In\\_aller\\_Munde\\_-\\_Mehl!](https://www.imst.ac.at/imst-wiki/index.php/In_aller_Munde_-_Mehl!) [7.7.2015]

Dorninger, Christian (2011). Die Bausteine des neuen pädagogischen Gebäudes. Kompetenzbegriff und Bildungsstandards. *imst Newsletter (35)*, 4-6.

W. Glöckner, W. Jansen, R.G. Weissenhorn (Hrsg., 1997), Handbuch der experimentellen Chemie, Sekundarbereich II, Band 12: Kunststoffe, Recycling, Alltagschemie. Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG.

W. Glöckner, W. Jansen, R.G. Weissenhorn (Hrsg., 2013), Handbuch der experimentellen Chemie, Sekundarbereich II, Band 11/I: Biochemie I: Naturstoffe. Köln: Aulis Verlag.

Koliander, Brigitte (2011). *imst Newsletter (36)*,

Koliander, Brigitte (2011). Inquiry Learning – Was ist Forschendes Lernen?. *imst Newsletter (36)*, 3-3.

Kremer, Bruno P., Bannwarth, Horst (2011). *Einführung in die Laborpraxis*. Berlin-Heidelberg: Springer Verlag.

Magyar – Liebhart – Jelinek. Moleküle. Schulbuch im öbv.

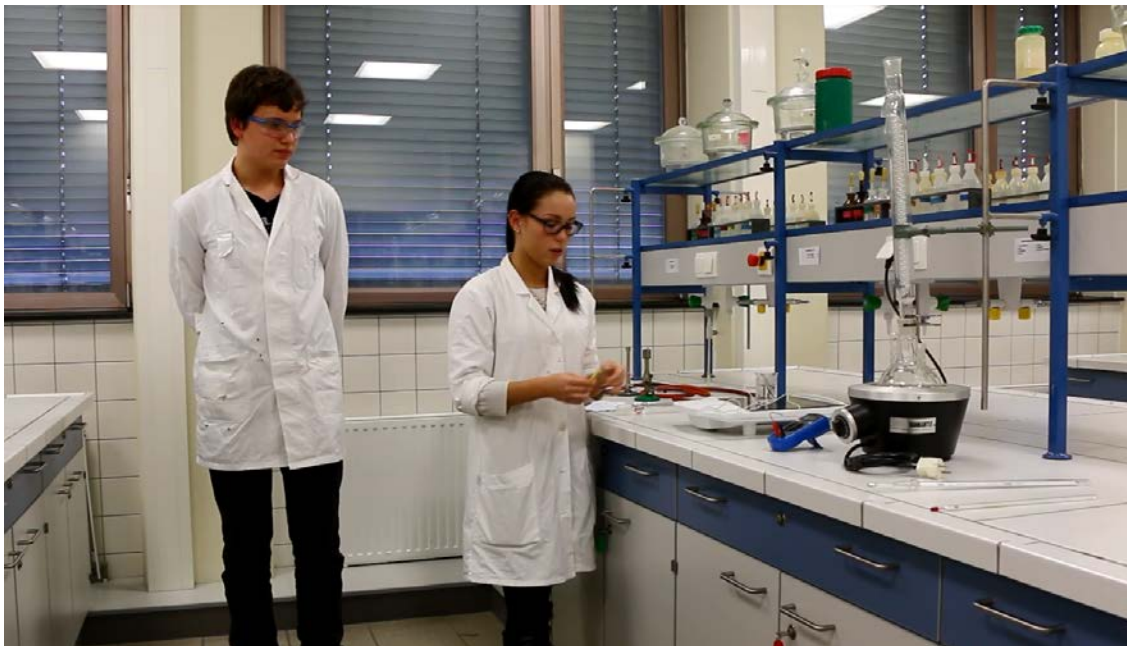
Wambach, Heinz (Hrsg., 1997), Materialien-Handbuch Kursunterricht Chemie, Band 5: Makromoleküle – Biochemie, Köln: Aulis Verlag Deubner & Co KG.

## 8 ANHANG

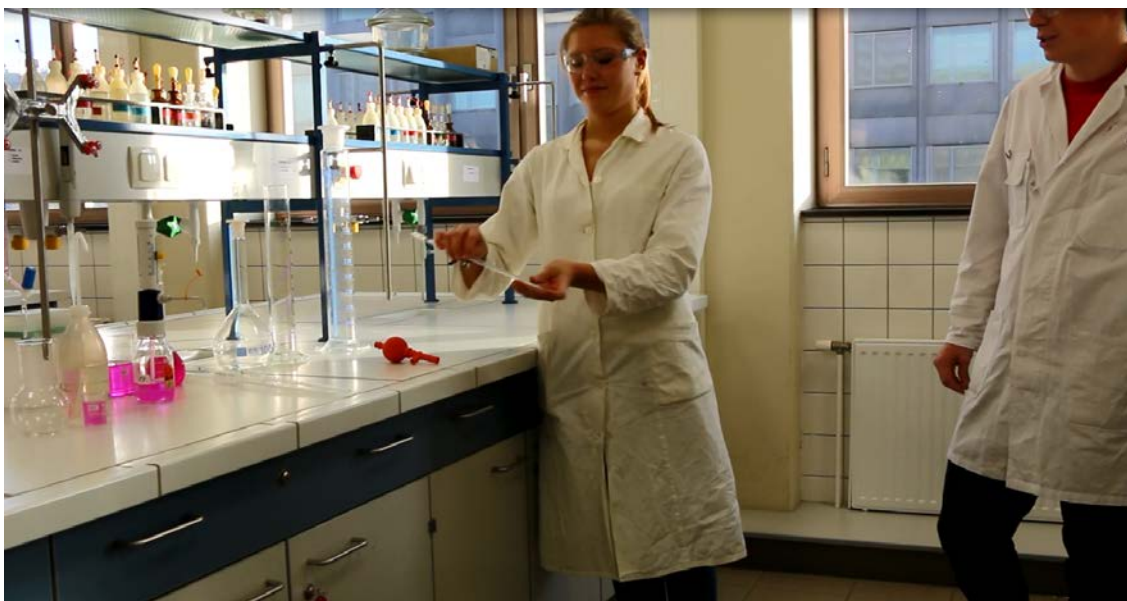
### Übung Labortechnik

#### *Aufgabenstellung*

Wählen Sie eine der vorgeschlagenen Labortechniken (Mischen, Trennen, pH-Wert-Messung, Wägen, Volumsmessung, Temperaturmessung und Temperieren) als Zweierteam aus. Recherchieren Sie dazu in der Fachliteratur und gegebenenfalls im Internet. Entwerfen Sie zur Demonstration dieser Technik(en) ein oder mehrere Experimente, die sie ihren Kolleginnen und Kollegen zeigen möchten. Verwenden Sie dazu die Arbeitsgeräte Ihres Arbeitsplatzes sowie die allgemein bereitgestellten Chemikalien, gegebenenfalls ergänzen Sie diese mit von der Lehrperson bereitgestelltem Material. Bereiten Sie eine etwa fünfminütige Präsentation, welche auch mit Video aufgenommen werden wird, vor. Beantworten Sie im Anschluss etwaige Fragen Ihrer Mitschüler\_innen.



Videoausschnitt: Temperaturmessung und Temperieren



Videoausschnitt: Volumsmessung



Videoausschnitt: Wägen

Schülerbeobachtungsbogen

Name:						
	Kompetenzen	Bez.	Labortechnik	Erfüllungsgrad		
				++	+	-
Beobachten und Erfassen	Experimente oder Vorgänge in der Natur oder im Alltag beobachten	E1				
	Vorgänge mittels chemischer Formeln beschreiben	E2				
	Vorgänge unter Anwendung chemischer Fachsprache (verbal) beschreiben	E3	im Vortrag und Demonstrationsexperiment			
	Vorgänge und/oder Phänomene mit Hilfe chemischer Basiskonzepte und unter Rückführung auf (heute anerkannte) Prinzipien erklären	E4	im Vortrag und Demonstrationsexperiment			
Untersuchen und Bearbeiten	Vorgänge in Natur und Umwelt mit fachspezifischen Methoden untersuchen und überprüfen	U1	Experimente planen, aufbauen, vorzeigen			
	Untersuchungsfragen formulieren	U2				
	fachliche Informationen beschaffen und auswerten	U3	Fachliteratur lesen und für die Anwendung im Schülerlabor wesentliche Inhalte eruieren			
	Modelle und Hypothesen bilden und formulieren	U4				
	Bearbeitungs-/Untersuchungs-methoden auswählen	U5	auswählen und Experimente planen und ausführen			
Bewerten und Anwenden	Daten, Fakten und Ergebnisse dokumentieren und bewerten, präsentieren und anwenden	A1				
	Bewertungskriterien auswählen (Grenzen erkennen und festlegen)	A2				
	Anwendungsbereiche und ihre Grenzen erkennen und festlegen	A3	Anwendungen im Labor identifizieren und Fehler(ursachen) sowie "Gegenmaßnahmen" erklären			
	motiviert und handlungsbereit sein	A4	Einwände gelten lassen, Videoaufnahme wiederholen; selbst erfahrene/erfahrbare Beispiele einbringen			

## Übung Kunststofferkennung\_1

Aufgabenstellung (erste aus acht Seiten der Arbeitsvorschrift)

# ERKENNEN VON KUNSTSTOFFEN

## 1. Aufgabenstellung

Einige Muster unbekannter Kunststoffe sind anhand einfacher Proben zu identifizieren.

## 2. Grundlage des Verfahrens

Dazu werden typische Eigenschaften wie Löslichkeit, Dichte, Erweichungs- und Schmelzverhalten untersucht. Besonders aufschlussreich ist meist das Verhalten beim Erhitzen im Glühröhrchen (Pyrolysetest) und in der offenen Flamme (Brennprobe). Zusätzlich kann auf die Anwesenheit wichtiger Heteroelemente wie Stickstoff, Halogene und Schwefel geprüft werden.

## 3. Geräte und Chemikalien

### Untersuchung der Löslichkeit

Proberöhren, Zentrifugenröhrchen, etc.

Lösemittel: Xylen, Toluol, Tetrahydrofuran, N,N-Dimethylformamid, Dimethylsulfoxid, Cyclohexanon, Nitrobenzen, u.a.

### Dichtebestimmung

Bechergläser, ev. Pyknometer

Messkolben, Nennvolumen 25 mL oder 50 mL

Flüssigkeiten für die Dichtebestimmung, siehe unten

### Pyrolysetests

(kleiner) Bunsenbrenner, Glühröhrchen

### Brennprobe

(kleiner) Bunsenbrenner, Stativmaterial

### Erweichungspunkt, Schmelzpunkt

Heizbank, Kalibriersubstanzen

### Beilstein-Probe

Kupferdraht, Bunsenbrenner, Holzkluppe

## 4. Ausführung

### 4.1. Löslichkeit in verschiedenen Lösemitteln

Liegen die zu untersuchenden Kunststoffe nicht in feinverteilter Form vor, so sind sie vor ihrer Untersuchung in geeigneter Weise zu zerkleinern. Späne können durch Feilen oder Aufbohren oder vorsichtiges Schaben mit einem Messer erhalten werden. Folien können in möglichst kleine Schnitzel zerschnitten werden. Manche Kunststoffe lassen sich zermahlen - gegebenenfalls nach Zugabe von Trockeneis oder flüssigem Stickstoff, wodurch zähe oder elastische Kunststoffe spröde werden.

Zur Prüfung der Löslichkeit gibt man etwa 0,1 g des möglichst feinverteilten Kunststoffs in ein Zentrifugenröhrchen oder in eine Epruvette. Dann setzt man das entsprechende Lösungsmittel zu. Man schüttelt im Verlauf von einigen Stunden mehrfach und beobachtet eine eventuelle Quellung der Probe. Zur Beschleunigung kann gegebenenfalls vorsichtig erwärmt werden. Besondere Vorsicht bei Säuren und brennbaren Flüssigkeiten! Schutzbrille!!

Man beobachtet das Verhalten und vergleicht mit Tabelle 3. Bei vielen Polymeren erhält man keine klaren Lösungen, sondern nur trübe, hochviskose Flüssigkeiten. Bei kurzer Einwirkungsdauer des Lösemittels beobachtet man oft auch nur eine mehr oder weniger starke Quellung des Werkstoffs. Beim Aufbringen von Lösemittel auf die Oberfläche eines Kunststoffs wird diese klebrig, wenn der Kunststoff löslich ist bzw. gegen das Lösemittel nicht beständig ist.





Beilsteinprobe (aus einem Schülervideo)

Schülerbeobachtungsbogen

Name:

	Kompetenzen	Bez.	Kunststofferkennung_1	Erfüllungsgrad		
				++	+	-
Beobachten und Erfassen	Experimente oder Vorgänge in der Natur oder im Alltag beobachten	E1	Aussehen der Kunststoffproben beschreiben (und gegebenenfalls mit Alltagsanwendungen in Verbindung bringen), Experimente gemäß Anleitung durchführen und dabei die Beobachtungen einordnen und vergleichen können			
	Vorgänge mittels chemischer Formeln beschreiben	E2				
	Vorgänge unter Anwendung chemischer Fachsprache (verbal) beschreiben	E3	schriftlich im Protokoll			
	Vorgänge und/oder Phänomene mit Hilfe chemischer Basiskonzepte und unter Rückführung auf (heute anerkannte) Prinzipien erklären	E4	Löslichkeit und thermisches Verhalten der Kunststoffproben mit Hilfe der Strukturen (teilweise) erklären können			

Untersuchen und Bearbeiten	Vorgänge in Natur und Umwelt mit fachspezifischen Methoden untersuchen und überprüfen	U1	Untersuchungen gemäß Anleitung durchführen und auf Zusammenhänge achten			
	Untersuchungsfragen formulieren	U2				
	fachliche Informationen beschaffen und auswerten	U3	für etwaige unerwartete Abweichungen (z.B. im thermischen Verhalten) Erklärungen finden			
	Modelle und Hypothesen bilden und formulieren	U4				
	Bearbeitungs-/Untersuchungsmethoden auswählen	U5				
Bewerten und Anwenden	Daten, Fakten und Ergebnisse dokumentieren und bewerten, präsentieren und anwenden	A1	Laborjournal und Protokoll führen, Ergebnisse einordnen und vergleichen sowie übersichtlich darstellen, Ergebnisse (insbesondere bei Widersprüchen) begründet bewerten/ausschließen			
	Bewertungskriterien auswählen (Grenzen erkennen und festlegen)	A2				
	Anwendungsbereiche und ihre Grenzen erkennen und festlegen	A3	Methoden in ihrer Aussagekraft bewerten (z.B. Unterscheidung verschiedener Polyolefine nicht/nur sehr eingeschränkt möglich)			
	motiviert und handlungsbereit sein	A4	eigene Proben mit jenen von Kolleg_innen vergleichen; andere Untersuchungsmethoden (außerhalb des Laborunterrichts) heranziehen, z.B. IR			



## Übung: Herstellen von Kunststoffen

### Aufgabenstellung

In einfachen Handexperimenten werden Versuche zur Herstellung von Polymeren durchgeführt. Es sind drei Durchführungsvorschriften für drei unterschiedliche Kunststoffe beschrieben.

Für alle Versuchsvorschriften ist eine Reaktionsgleichung zu formulieren und der Reaktionstyp anzugeben. Versuchen Sie etwaige Nebenprodukte (Wasserdampf ...) qualitativ nachzuweisen.

Der entstandene Kunststoff (das Produkt) ist hinsichtlich Aussehen und sonstiger Eigenschaften zu charakterisieren sowie einer der großen Gruppen (Thermoplaste – Elastomere – Duromere) zuzuordnen. Die entstandenen Kunststoffe sind im Hinblick auf ihre Eigenschaften miteinander zu vergleichen und die Ausbeute ist abzuschätzen.

### Ausführung

a) In einem großen Reagenzglas (Eprovette) werden 1,5 g Ethandiol mit 3 g Citronensäure gemischt und vorsichtig mit fächernder Flamme soweit im Abzug erwärmt, dass das Gemisch gerade am Sieden gehalten wird. Nach einigen Minuten lässt man das Reaktionsgemisch unter fließendem Wasser abkühlen.

b) In einem großen Reagenzglas werden 3 g Harnstoff in 3 ml wässriger Methanal-Lösung gelöst. Zum besseren Auflösen kann eventuell leicht unter dem Abzug erwärmt werden. Es werden 2-3 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure hinzugegeben. Vergleichen Sie den Ansatz mit 2-3 Tropfen konzentrierter Natronlauge oder 2-3 Tropfen Salzsäure oder ohne jeglichen Zusatz anstelle der Zugabe von Schwefelsäure. Wie erklären Sie das unterschiedliche Verhalten?

c) In einem großen Reagenzglas werden 1,8 g Resorcin unter schwachem Erwärmen in ca. 2 ml Wasser gelöst. Dann werden 3 ml Methanal-Lösung hinzugegeben und zehn Tropfen konzentrierte Natronlauge. Nach Zugabe eines Siedesteinchens wird die Mischung zuerst vorsichtig erwärmt und dann stark erhitzt.

### ACHTUNG:

Bei allen angeführten Versuchen kann es zu unerwartet heftigen Reaktionen kommen. Daher sind alle Experimente unbedingt mit Schutzbrille und unter dem Abzug durchzuführen. Beachten Sie die Hinweise auf den Chemikalien.



Herstellung eines Resorcinharzes mit verdoppelten Materialmengen und in veränderter Geometrie. Schwindung und Rissbildung sind gut erkennbar.

Schülerbeobachtungsbogen

Name:

	Kompetenzen	Bez.	Kunststoffherstellung 1	Erfüllungsgrad		
				++	+	-
Beobachten und Erfassen	Experimente oder Vorgänge in der Natur oder im Alltag beobachten	E1	Beobachtungen über den Reaktionsverlauf anstellen			
	Vorgänge mittels chemischer Formeln beschreiben	E2	Reaktionsverlauf fachlich korrekt beschreiben			
	Vorgänge unter Anwendung chemischer Fachsprache (verbal) beschreiben	E3	Reaktionsverlauf fachlich korrekt beschreiben			
	Vorgänge und/oder Phänomene mit Hilfe chemischer Basiskonzepte und unter Rückführung auf (heute anerkannte) Prinzipien erklären	E4	Reaktionstyp und Kunststoffgruppe feststellen			
Untersuchen und Bearbeiten	Vorgänge in Natur und Umwelt mit fachspezifischen Methoden untersuchen und überprüfen	U1	Nebenprodukte mit bekannten Methoden bestimmen			
	Untersuchungsfragen formulieren	U2	z.B. Welchen Einfluss haben geänderte Mengenverhältnisse der Reaktanden?			
	fachliche Informationen beschaffen und auswerten	U3	Fachliteratur lesen, Internetrecherche			
	Modelle und Hypothesen bilden und formulieren	U4				
	Bearbeitungs-/Untersuchungsmethoden auswählen	U5	Methoden für den Nachweis von Nebenprodukten auswählen (Wasser, Ammoniak)			
Bewerten und Anwenden	Daten, Fakten und Ergebnisse dokumentieren und bewerten, präsentieren und anwenden	A1	Dokumentationsmethode und Beobachtungszeitraum (Schwindung!) festlegen, Protokoll erstellen			
	Bewertungskriterien auswählen (Grenzen erkennen und festlegen)	A2				
	Anwendungsbereiche und ihre Grenzen erkennen und festlegen	A3	Einfluss von veränderten Ausgangsmengenverhältnissen auf die Materialeigenschaften abschätzen			
	motiviert und handlungsbereit sein	A4	Eigene Versuchsansätze ausprobieren (Menge, Form...)			

## Übung Material „Intelligente Knete“®

### Aufgabenstellung

Nehmen Sie die Intelligente Knete zur Hand. Welche Eigenschaften können Sie beobachten? Welche Anwendungsmöglichkeiten können Sie sich für einen derartigen Stoff vorstellen? Vergleichen Sie die unterschiedlichen Ausführungen der Knete! Fassen Sie Ihre Beobachtungen in einem Protokoll zusammen.

Bereiten Sie für die „Lange Nacht der Technik“ eine Präsentation des Materials für die Besucher\_innen vor!



Präsentation bei der „Langen Nacht der Technik“!

Schülerbeobachtungsbogen

Name:

	Kompetenzen	Bez.	Intelligente Knete	Erfüllungsgrad		
				++	+	-
Beobachten und Erfassen	Experimente oder Vorgänge in der Natur oder im Alltag beobachten	E1	Material und seine Eigenschaften unter veränderlichen, äußeren Einflüssen beschreiben			
	Vorgänge mittels chemischer Formeln beschreiben	E2	Aufbau des Materials gemäß Literatur formelmäßig beschreiben			
	Vorgänge unter Anwendung chemischer Fachsprache (verbal) beschreiben	E3	im Protokoll und in der live-Präsentation			
	Vorgänge und/oder Phänomene mit Hilfe chemischer Basiskonzepte und unter Rückführung auf (heute anerkannte) Prinzipien erklären	E4	Struktur/Eigenschaftsbeziehung unter Zuhilfenahme externer Quellen beschreiben			
Untersuchen und Bearbeiten	Vorgänge in Natur und Umwelt mit fachspezifischen Methoden untersuchen und überprüfen	U1				
	Untersuchungsfragen formulieren	U2	Ideen zur Verwendung dieses Materials und zur Eignungsuntersuchung			
	fachliche Informationen beschaffen und auswerten	U3	Fachliteratur lesen, Internetrecherche, Lehrpersonen fragen			
	Modelle und Hypothesen bilden und formulieren	U4	z.B. Untersuchungen zur Eigenschaftsänderung bei niedrigerer/höherer Temperatur als bei Raumtemperatur?			
	Bearbeitungs-/Untersuchungsmethoden auswählen	U5	z.B. Versuch zur Demonstration der Sprödigkeit entwerfen			
Bewerten und Anwenden	Daten, Fakten und Ergebnisse dokumentieren und bewerten, präsentieren und anwenden	A1				
	Bewertungskriterien auswählen (Grenzen erkennen und festlegen)	A2				
	Anwendungsbereiche und ihre Grenzen erkennen und festlegen	A3				
	motiviert und handlungsbereit sein	A4	Teilnahme an nicht an den Unterricht gebundene Veranstaltungen			