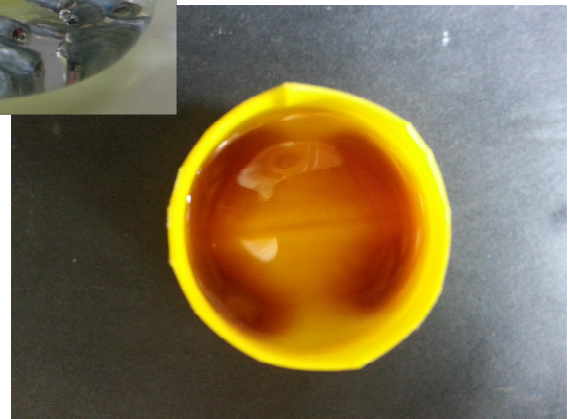


Schulversuchspraktikum

Rainer Mucha

Sommersemester 2013

Klassenstufen 11 & 12



Kunststoffe

Auf einen Blick:

Dieses Protokoll behandelt den alltäglich genutzten Kunststoff in verschiedenen Variationen. Aufgrund vieler Reaktionsmechanismen werden hier vermehrt Synthesen vorgestellt, die jedoch teilweise einen umweltorientierten Aspekt ansprechen. So soll bspw. eine Folie dargestellt werden, die biologisch abbaubar ist (V6). Außerdem wird ein Versuch zur Mülltrennung präsentiert (V4). Das Arbeitsblatt beschäftigt sich mit der Herstellung eines Polyesterharzes.

Inhaltsverzeichnis

Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele	3
Relevanz des Themas für SuS.....	4
Lehrerversuche	4
V 1 – Darstellung eines Polyesters	4
V 2 – Aminoplastschaum	6
V 3 – Flummi.....	8
Schülerversuche	10
V 4 – Trennen von PVC und PE.....	10
V 5 – Polylactid	12
V 6 – Kartoffelfolie	14
V 7 – Ein Polyesterharz.....	16
Reflexion des Arbeitsblattes	6
Erwartungshorizont (Kerncurriculum)	6
Erwartungshorizont (Inhaltlich)	6

1 Beschreibung des Themas und zugehörige Lernziele

Kunststoffe sind ein sehr alltagsnahes Thema. Sie werden hergestellt, indem zunächst aus Monomeren ($n=1$) zunächst Oligomere ($n=2-20$) und schließlich aus diesen Polymere ($n>20$) gebildet werden. Je nach Länge der Kette, der Höhe des Verzweigungsgrades und der Art der Polymerverknüpfung, besitzen Polymere unterschiedliche Eigenschaften, wie z.B. die Dichte oder die Flexibilität. Generell ist es wichtig zu betrachten, inwiefern sich Duroplaste, Thermoplaste und Elastomere unterscheiden. Je mehr Verzweigungen ein Makromolekül besitzt, umso wahrscheinlicher ist es, dass ein Duroplast vorliegt, der bei Hitze nicht weich wird. Die Herstellung des Kunststoffes kann auf mehrere Reaktionarten erfolgen, wobei die radikalische Polymerisation und die Polykondensation besonders in der Schulchemie behandelt werden.

Das Thema Kunststoffe wird lediglich in zwei Basiskonzepten angesprochen. Zum einen ist das Basiskonzept Stoff-Teilchen zu nennen. Hier wird von den SuS verlangt, dass sie Kunststoffe in Duroplasten, Thermoplasten und Elastomere einteilen (Fachwissen) und ihre Eigenschaften experimentell untersuchen (Erkenntnisgewinnung). Desweiteren sollen sie in der Lage sein, Anwendungsbereiche solcher Stoffe recherchieren und präsentieren zu können und den Einsatz ökologisch und ökonomisch bewerten können. Im Basiskonzept Struktur-Eigenschaft sollen hier die Reaktionstypen, also Polykondensation und Polymerisation, beschrieben werden (Fachwissen) und Experimente dazu durchgeführt werden (Erkenntnisgewinnung).

Gerade das letzte Basiskonzept wird durch Versuch 1 dargestellt. Hier soll den SuS gezeigt werden, dass eine Polykondensation und somit die Herstellung eines Polyesters sehr leicht sein kann. Die SuS sollen also hier erstmal generell die Reaktion kennenlernen, um sie dann weiter ausweiten zu können. Erst Versuch 8 lässt die SuS ihre eigenen Fähigkeiten nutzen und nun selbst mittels Polykondensation einen Polyester herstellen. Auch Versuch 2 behandelt den Mechanismus einer Polykondensation, jedoch wird hier ein Polyamid hergestellt. Hier sollen die SuS auch weitere Kunststoffe kennenlernen als nur Polyester oder „normale“ Kettenbildung. Somit soll eine gewisse Diversität gewahrt werden. Die Versuche 3, 5 und 6 sollen SuS eine andere Art der Kunststoffbildung nahebringen. Auch wenn es nicht explizit im Kerncurriculum gefordert wird, so sollen die SuS dennoch weitere Möglichkeiten erfahren, da diese Verfahren der Kettenbildung besonders auf der Molekülebene sehr interessant sind. Versuch 4 hingegen ist eine Möglichkeit, modellhaft darzustellen, wie Mülltrennung funktioniert, was SuS lernen sollten, um ihr Umweltbewusstsein zu schärfen.

2 Relevanz des Themas für SuS und didaktische Reduktion

Beinahe jeder Haushaltsgegenstand besteht aus irgendeinem Kunststoff, sodass SuS entweder darauf laufen (PVC-Böden), es tragen (Nylon) oder einfach nur benutzen (z.B. Plastiktüten oder PET-Flaschen). Somit ist es sehr leicht einen Alltagsbezug zu schaffen. Außerdem bietet es sich an, über die Entsorgung von Kunststoffen zu diskutieren. Gerade die Versuche 2 und 6 zielen darauf ab Kunststoffe biologisch abbaubar zu machen, was nicht nur spannend zu diskutieren ist, sondern auch teilweise umgesetzt ist in abbaubaren Müllbeuteln. Außerdem können SuS hier vermehrt Synthesemethoden durchführen, was ihnen auch die Möglichkeit gibt, Einblicke in die Arbeit von Polymerforschern zu erhalten. Das Thema wird insofern didaktisch reduziert, dass Herstellungsverfahren, im speziellen die Extrusion (Pressen von Kunststoffen in eine Form) und die Intrusion (einen Kunststoff einschmelzen und aushärten lassen), ausgelassen werden. Diese sind zwar interessant, da gerade die Extrusion an einigen Materialien erkennbar ist („Nähte“ an PET-Flaschen), ließe das Thema aber zu komplex werden. Generell werden großtechnische Verfahren außer Acht gelassen, da die chemischen Grundlagen zunächst wichtiger sind.

3 Lehrerversuche

Polyester besitzen vielfache Anwendungsmöglichkeiten. Sie sind Bestandteil von Kleidungsstücken oder von Kunstharzen. Ein spezielles Vorwissen ist für diesen Versuch nicht notwendig, da an ihm der Mechanismus erklärt werden kann. Jedoch sollten sie bereits über funktionelle Gruppen (im Speziellen die Carboxyl-Gruppen) Bescheid wissen. Außerdem sollte bekannt sein, dass die Wasserstoffatome durch Halogenide ersetzt werden können.

3.1 V 1 – Darstellung eines Polyesters

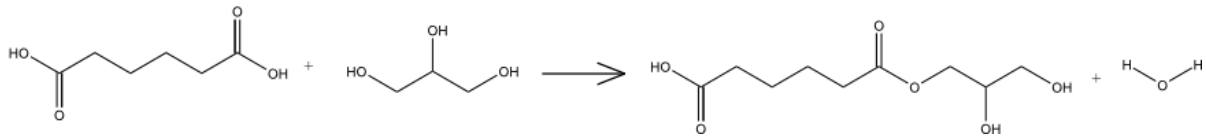
Gefahrenstoffe								
Glycerin			H: -			P: -		
Adipinsäuredichlorid			H: 314			P: 260-301+330+331-303+3631+353-305+351+338-405-501		

Materialien:	Reagenzglas (klein), Reagenzglashalter, Reagenzglasständer, Glasstab, Brenner
Chemikalien:	Glycerin, Adipinsäuredichlorid
Durchführung:	Adipinsäuredichlorid wird ca. 1 cm hoch in ein Reagenzglas gegeben und mit 40 Tropfen Glycerin vermischt. Diese Lösung wird vorsichtig für 3 bis 5 Minuten bis zum leichten Sieden erhitzt. Der Glasstab bleibt im Reagenzglas und es wird beobachtet.
Beobachtung:	Die Lösung bleibt bräunlich. Beim Abkühlen wird sie klebrig und dann fest.



Abb. 1 - der braune Polyester

Deutung:	Die Adipinsäure, die hier in Lösung geht, wird mit dem Glycerin verestert, was durch die Hitze initiiert wird. Somit liegt hier eine Veresterung vor. Sie erfolgt nach folgendem Mechanismus:
----------	---



Dabei ist nur die Reaktion zu einem Monomer gezeigt. Es kann noch weiter darüber diskutiert werden, dass an den restlichen OH-Gruppen die Kondensationsreaktion fortgeführt werden kann.

Entsorgung: Der Kunststoff wird im Werkstoffmüll entsorgen.

Literatur: H. Keune & R. Kuhnert, Chemische Schulversuche – Teil 4
Halbmikrotechnik, 1968, Volk und Wissen Verlag, S. 194.

Hier soll den SuS gezeigt werden, wie mit einfachen Mitteln ein guter Isolierschaum hergestellt werden kann. Als Vorwissen ist es von Vorteil, die Polykondensation zu kennen, jedoch kann der Begriff „Polyamid“ hierüber entwickelt werden.

3.2 V 2 – Aminoplastschaum

Gefahrenstoffe		
Harnstoff	H: -	P: -
Formaldehydlösung	H:301-311-331-314-335-351-370	P: 280-301+330+331-302+352-304+340-305+351+338
HCl	H: 314-335-290	P: 280-301+330+331-305+351+338

Materialien: Reagenzglas, Stopfen, Reagenzglasgestell, Reagenzglashalter, Spatel, Brenner, Glasstab, Tropfpipette

Chemikalien: Harnstoff, Formaldehydlösung (35-40%ig), Feinwaschmittel, konz. HCl

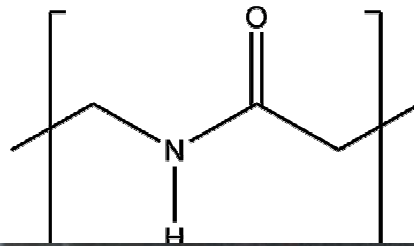
Durchführung: In ein Reagenzglas wird ca. 3 cm hoch Harnstoff und eine Spatelspitze Feinwaschmittel gegeben. Dazu wird eine Formaldehydlösung gegeben bis

der Feststoff bedeckt ist. Nun wird so lange erwärmt, bis sich der Feststoff löst. Daraufhin wird das Glas mit einem Stopfen verschlossen und in Längsrichtung geschüttelt, bis eine hohe Schaumschicht entsteht. Darauf kommen fünf Tropfen HCl und es wird kurz geschüttelt und das Reagenzglas abgestellt.

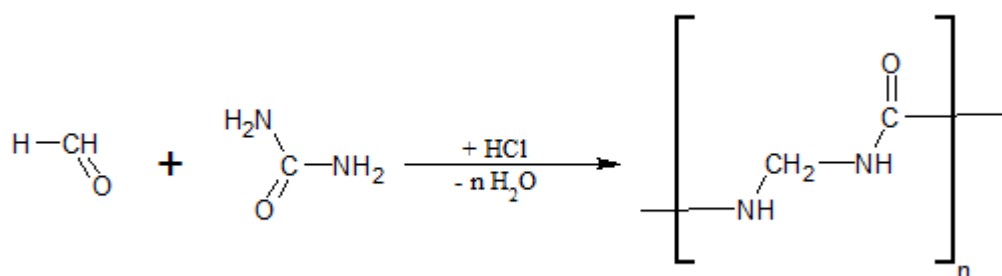
Beobachtung: Nach dem Lösen ist eine leichte Schaumbildung zu erkennen. Nach Hinzugabe von Salzsäure nimmt diese zu und der Schaum härtet aus.

Abb. 2 - der entstandene ausgehärtete Schaum

Deutung: Durch die Verbindung von Formaldehyd und Harnstoff werden Polyamide unter Kondensation gebildet.



Somit liegt hier eine Polykondensation vor. Die Zugabe des Waschmittels dient nur zum Aufschäumen der Lösung, damit die Bildung des Polymers deutlicher beobachtet werden kann. Erst nach Zugabe der Salzsäure findet die eigentliche Polykondensation statt und der Kunststoff härtet aus.



Entsorgung: Der Kunststoff wird im Werkstoffmüll entsorgt.

Literatur: H. Stapf, Chemische Schulversuche – Teil 3 Organische Chemie, 1971, Volk und Wissen Verlag S. 320.

Dieser Versuch ist eher als Ergänzung gedacht. SuS sollte bereits die Funktionsweise der Reaktionsmechanismen klar sein und auch über die Eigenschaften von Kunststoffen aufgrund ihrer Struktur kennen. Somit eignet es sich, diesen Versuch am Ende der Einheit zu präsentieren.

3.3 V 3 – Flummi

Gefahrenstoffe								
Boraxlösung			H: 226-360FD			P: 201-308+313		
								

Materialien: kleine (Kunststoff)Schüssel, Esslöffel, (Kuchen)Gabel, Alufolie, Einweghandschuhe

Chemikalien: Holzleim (hier Ponal), Boraxlösung (w=2%)

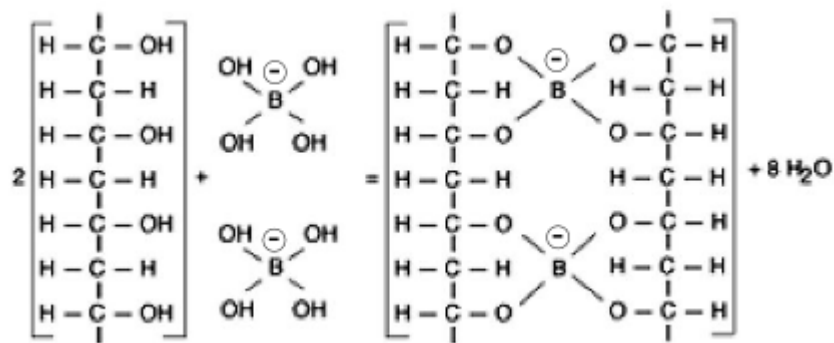
Durchführung: Ein Esslöffel der Boraxlösung und ein halber Esslöffel des Leims werden in der Schüssel vermischt und nachdem er anfängt auszuhärten in die Hände

genommen (Handschuhe vorher anziehen!) und zu einer Kugel gerollt, was mehrere Minuten dauern kann.

Beobachtung: Die gelartige Lösung ist zunächst sehr klebrig, verliert diese Eigenschaft jedoch beim Rollen in der Hand. Je länger der Flummi aushärtet, umso besser springt er.

Abb. 3 - Der fertige Flummi.

Deutung: Holzleim besteht aus Wasser und Polyvinylalkohol. Beim Lösen des Borax in Wasser liegt das Salz natürlich in seinen Ionen vor, somit auch das Borat-Anion. Beim Mischen polykondensiert das Anion den Polyvinylalkohol zu einem dreidimensionalen Gerüst, wodurch der Flummi seine elastischen



Eigenschaften bekommt.

Entsorgung: Die Reste können im Hausmüll entsorgt werden.

Literatur: http://bertlnetz.de/chemie/versuche/ueb_sli_flu.pdf (zuletzt zugegriffen am 07.08.2013 um 17:30 Uhr)

4 Schülerversuche

Hier können die SuS vor ein Problem gestellt werden, indem sie die Aufgabe kriegen, ein Gemisch Kunststoff zu trennen. Es ist kein Vorwissen nötig, da sie alle nötigen Informationen recherchieren können.

4.1 V 4 – Trennen von PVC und PE

Gefahrenstoffe								
PVC	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	-	-	-	-	-	-	-	-
								

Materialien: Kristallisierschale oder Becherglas

Chemikalien: PE, PVC

Durchführung: Zunächst werden 5 g PE mit 5 g PVC gemischt und in eine Kristallisierschale gegeben. Diese wird nun mit Wasser gefüllt. Wenn die Schnipsel voneinander getrennt sind, können die leichten Kunststoffe abgeschöpft werden.

Beobachtung: Die PE-Schnipsel schwimmen an der Oberfläche, während die PVC-Schnipsel weiterhin auf dem Boden liegen.

Abb. 4 – oben schwimmt der im Vergleich zu Wasser weniger dichte Kunststoff (PE) und unten liegt der im Vergleich zu Wasser dichtere Kunststoff (PVC)

Deutung: PE hat eine geringere Dichte als Wasser, weshalb es an der Oberfläche schwimmt. Somit kann es leicht abdekantiert werden und so vom PVC getrennt werden.

Entsorgung: Die Kunststoffe sind im Werkstoffmüll zu entsorgen.

Literatur: M. Just, Chemische Schulexperimente Band 2 – Organische Chemie, 2009, Cornelsen Verlag S. 297.



4.2 V 5 – Polylactid

Um eine andere Art der Polymerisation vorzustellen, soll hier eine Ringöffnung durchgeführt werden. Somit sollten die SuS sich generell mit organischen Verbindungen, insbesondere mit Naturstoffen, auskennen und die Polymerisationen bereits kennengelernt haben.

Gefahrenstoffe		
Zinn(II)-chlorid	H: 302-315-317-319-335	P: 280-302+352-305+351+338
Milchsäure	H: 318-315	P: 280-305+351+338-313
		

Materialien: Reagenzglas, Brenner, Siedesteinchen, Spatel, Reagenzglashalter, Acrylglasplatte oder PE-Schale

Chemikalien: Zinn(II)-chlorid, Milchsäure

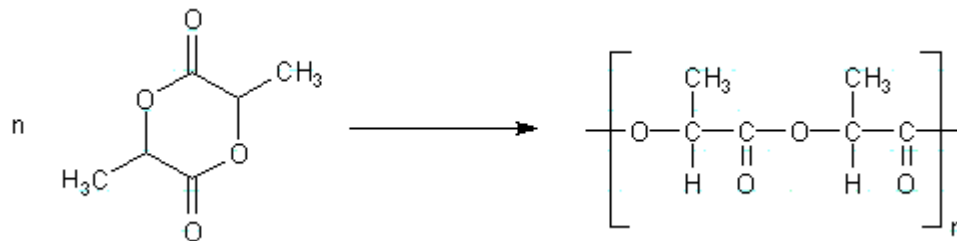
Durchführung: Zu Beginn werden 5 mL der Milchsäure und eine Spatelspitze Zinn(II)-chlorid in ein Reagenzglas gegeben. Dieses Gemisch wird nun erwärmt, bis es orange-braun ist. Daraufhin kann es z.B. auf eine Acrylglasplatte gegossen werden.

Beobachtung: Die klare Lösung wird während des Erhitzens bräunlich. Nachdem sie auf den PE-Boden ausgegossen wurde, ist sie zunächst zäh, aber sie verfestigt sich recht schnell.



Abb. 5 - der ausgegossene und ausgehärtete Kunststoff in einem Behälter

Deutung: In diesem Fall liegt eine Ringöffnungspolymerisation vor. Die Milchsäure öffnet mit Hilfe des Zinn(II)-chlorids ihren Ring und kann sich in Ketten anordnen. Das Salzes fungiert hier als Katalysator.



Entsorgung: Der Kunststoff kann im Hausmüll entsorgt werden.

Literatur: <http://www.chemieunterricht.de/dc2/plaste/poly-ms.htm> (zuletzt aufgerufen am 07.08.2013 um 19:00 Uhr)

Der hier entstandene Kunststoff lässt sich als biologisch abbaubares Produkt diskutieren und eine Einheit zu ähnlichen Kunststoffen kann initiiert werden.

Bei diesem Versuch ist ein Anschluss zu V 5 möglich. Beide thematisieren biologisch verträgliche Kunststoffe, sodass sie auch das selbe Vorwissen benötigen. Zusätzlich ist es günstig, bereits Nährstoffe behandelt zu haben. In diesem Fall sollten sie das Stärke-Molekül kennen.

4.3 V 6 – Kartoffelfolie

Gefahrenstoffe								
Glycerin			H: -			P: -		

Materialien: Becherglas, Uhrglas, Wasserbad, Objektträger (z.B. PE-Schüssel), Glasstab

Chemikalien: Maisstärke, Glycerinlösung (50 %ig), dest. Wasser

- Durchführung:** 2,5 g der Maisstärke werden in einem Becherglas mit 20 mL dest. Wasser und 2 mL der Glycerinlösung vermischt. Dieses Gemisch wird für 15 Minuten im Wasserbad gekocht. Dabei soll das Becherglas mit einem Uhrglas abgedeckt werden, um den auftretenden Dampf nicht entweichen zu lassen. Außerdem soll das Gemisch gelegentlich mit einem Glasstab umgerührt werden. Nach dem Kochen sollte das Gel noch so flüssig sein, dass es aus dem Glas fließen kann. Andernfalls wird wieder Wasser hinzugegeben und die Mischung erneut kurz aufgekocht. Wenn die gewünschte Zähigkeit erreicht ist, wird das Gel auf einen Objektträger verteilt und über Nacht stehen gelassen. Die Folie kann leicht abgezogen werden.
- Beobachtung:** Die milchige Flüssigkeit wird über die Folie gegossen und härtet dort sehr langsam aus. Die Folie ist in diesem Fall optisch trüb und leicht brüchig.



Abb. 6 – Kartoffelfolie auf PE-Becher

Deutung: Durch das Erhitzen löst sich die Stärke im Wasser und verknüpft sich zu einem größeren Makromolekül. Diese Umordnung würde für eine Stärkefolie reichen. Jedoch wäre sie in ihren Eigenschaften zu spröde, weshalb Glycerin hinzugegeben wird. Glycerin lagert sich zwischen der Stärke über Wasserstoffbrückenbindungen an. Dort kann es Wasser binden, was das Austrocknen verhindert.

Entsorgung: Die Reste können im Hausmüll entsorgt werden.

Literatur: http://www.conatex.cim/mediapool/versuchsanleitungen/VAD_Chemie_Kunststoffe.pdf (zuletzt abgerufen am 08.08.2013 um 18:00 Uhr)

4.4 V 7 – Ein Polyesterharz

Dieser Versuch soll SuS die Möglichkeit geben, nun selbst Polyester herzustellen. Insofern sollten die SuS Vorwissen über die Reaktionsmechanismen besitzen. Es eignet sich also, diesen Versuch aufbauend auf Versuch 1 durchzuführen.

Gefahrenstoffe								
Glycerin			H: -			P: -		
Citronensäure Monohydrat			H: 318			P: 305+351+338-311		

Materialien: Reagenzglas, Holzstab, Spatel, Messpipette, Reagenzglashalter, Brenner, Waage

Chemikalien: Glycerin (wasserfrei), Citronensäure-Monohydrat

Durchführung: In ein trockenes Reagenzglas werden 2,1 g der Citronensäure gegeben und 0,3 mL Glycerin mit der Messpipette hinzugefügt. Mit Hilfe des Holzstabs werden die Stoffe miteinander gemischt. Nun wird das Reagenzglas unter Schütteln über kleiner Flamme langsam erhitzt und 2 Minuten sieden gelassen. Dabei soll sich das Gemisch nicht verfärben. Schließlich wird das Produkt erkalten gelassen, bis es zäh geworden ist.

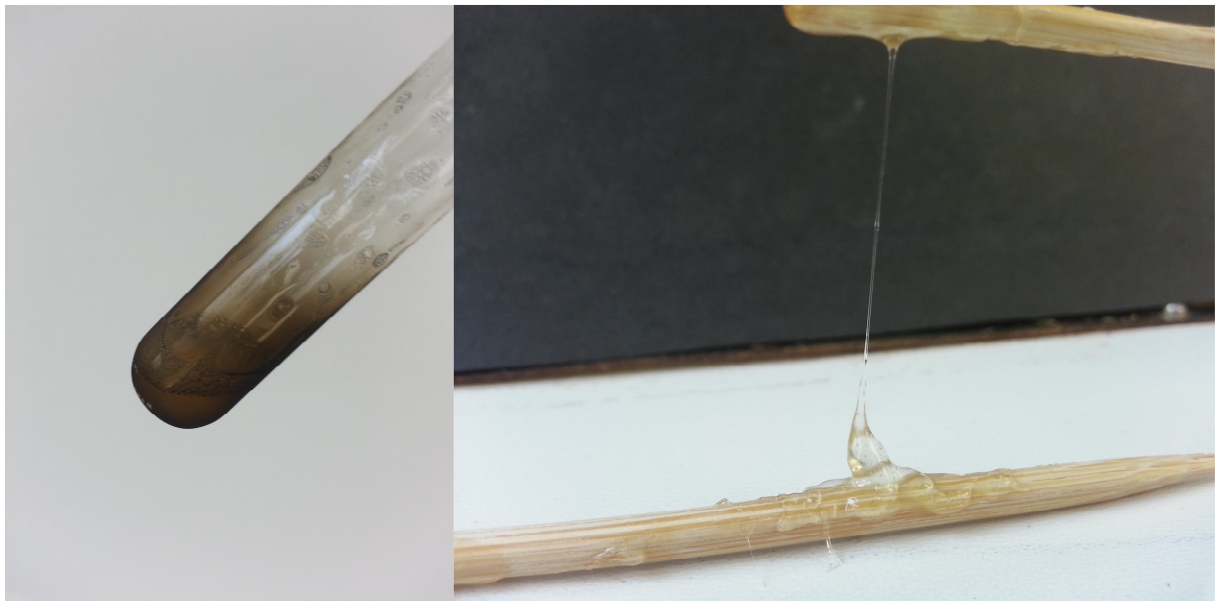
Beobachtung: Die Reagenzglaswand wird beim Sieden schwarz, während der Stoff an sich farblos bleibt. Nach dem Abkühlen hat eine Entfärbung stattgefunden und eine klare klebrige Masse bleibt übrig.

Abb. 7 – links: das Reagenzglas nach dem Erhitzen, rechts: der entstandene Kunststoff

Deutung: Beim Erhitzen bildet sich ein Polykondensat. Das Glycerin bindet die Citronensäure unter Abspaltung von Wasser. Dadurch dass Glycerin ein 3-fach Alkohol ist, können auch Vernetzungen entstehen. Beim Abkühlen harzt der Stoff weiter aus.

Entsorgung: Den Kunststoff im Hausmüll entsorgen.

Literatur: <http://fss.plone.unis-siegen.de/fss/fbz/fb08/Inst/Chemiedidaktik/mat/dat/makro.pdf/file/MakroSept06.pdf> (zuletzt aufgerufen am 08.08.2013 um 20:00 Uhr)



Arbeitsblatt – Ein Polyesterharz

Materialien: Reagenzglas, Holzstab, Spatel, Messpipette, Reagenzglashalter, Brenner, Waage

Chemikalien: Citronensäure-Monohydrat, Glycerin

Anleitung:

Wiege 2,1 g von der Citronensäure ab und fülle sie in ein Reagenzglas. Gebe hierzu 0,3 mL des Glycerins. Diese Mischung erhitzt du nun vorsichtig über kleiner Flamme, bis sie siedet.

Aufg. 1 Notiere deine Beobachtung. Beachte dabei die Reagenzglaswand und den Stoff.

Aufg. 2 Lass das entstandene Produkt nun für zwei Minuten stehen. Untersuche das Produkt mithilfe deines Holzstabes. Beschreibe die Eigenschaften.

Aufg. 3 Gib den Reaktionsmechanismus an.

Aufg. 4 Erläutere, wofür dieser Kunststoff aufgrund seiner Eigenschaften genutzt werden kann.

Reflexion des Arbeitsblattes

Die SuS sollen bei diesem Arbeitsblatt selbst eine Polykondensation durchführen. Dabei sollen also die vorher kennengelernten Konzepte vertieft werden. Weiterhin sollen die SuS dazu angeregt werden, sich kritisch mit dem Anwendungsgebiets dieser Kunststoffart auseinander zu setzen.

4.5 Erwartungshorizont (Kerncurriculum)

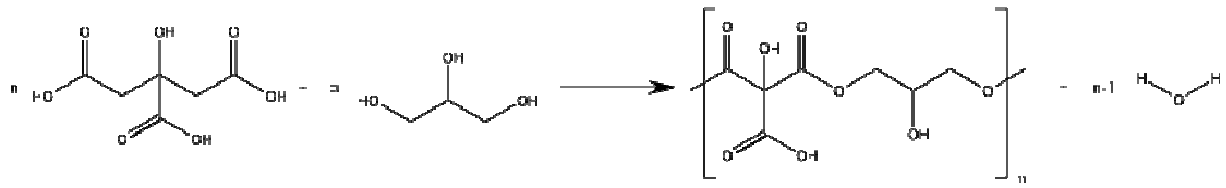
Fachwissen:	Die SuS beschreiben den Reaktionstypen Polykondensation (Aufg. 3, Anforderungsniveau III, die SuS erarbeiten einen Reaktionsmechanismus)
Erkenntnisgewinnung:	Die SuS führen Experimente zur Polykondensation durch (Aufg. 1 & 2, Anforderungsniveau I, die SuS nutzen bekannte Konzepte) Die SuS nutzen ihre Kenntnisse zur Struktur von Makromolekülen, um ihre Stoffeigenschaften zu erklären. (Aufg. 4, Anforderungsniveau II, die SuS nutzen ihr Vorwissen, um die Eigenschaften zu charakterisieren und einzuordnen)
Kommunikation:	Die SuS recherchieren Anwendungsbereiche von Kunststoffen. (Aufg. 4, Anforderungsniveau III, die SuS diskutieren Einsatzmöglichkeiten von Kunststoffen)
Bewerten:	Die SuS beurteilen und bewerten den Einsatz von Kunststoffen im Alltag (Aufg. 4, Anforderungsniveau III, die SuS beurteilen ihre Ergebnisse sinnvoll und fachgerecht)

4.6 Erwartungshorizont (Inhaltlich)

Aufg. 1: Die Glaswand wird schwarz, während sich die Lösung entfärbt.

Aufg. 2: Das Produkt wird immer zäher und besitzt klebende Eigenschaften.

Aufg. 3: Es wird eine Polykondensation durchgeführt.



Aufg. 4: Der Kunststoff kann als Kleber verwendet werden oder als Schutzschicht auf Laminat aufgetragen werden. Weitere Möglichkeiten finden sich in der Nutzung als Isolationsmaterial oder Reperationsspachtel.