

## Vertiefungsangebot



Martin Vonlanthen

1. November 2007

# Versuche zum Thema Polymere (Kunststoffe)

## Demonstrationsversuch: Herstellen von Nitrocellulose

Kleiner Motivationsversuch mit grosser **Sprengkraft!** Vorsicht: dieser Versuch gehört nicht in Schülerhände!

## Versuch 1: Kunststoffe ordnen

Eignet sich als möglicher Einstieg in das Thema. Die Lernenden entdecken die grosse Vielfalt der Kunststoffe und lernen wichtige **Eigenschaften** kennen.

## Versuche 2, 3, 4 und 5: PU, PVA, Nylon, PS

Diese Versuche zeigen exemplarisch die drei Synthesarten von Kunststoffen: **Polyaddition** (Versuch 2: Herstellung von Polyurethanschaumstoff PU; Versuch 3: Slime Polyvinylalkohol PVA), **Polykondensation** (Versuch 4: Herstellung von Nylon 6,6) und **Polymerisation** (Versuch 5: Herstellung von Polystyrol).

## Versuche 6 und 7: Polystyrol

In den beiden Versuchen wird das Verhalten von Polystyrol untersucht. Polystyrol lässt sich **schäumen**, es entsteht ein wärmedämmendes und stofffestes Material: Styropor (Sagex) (Versuch 6: Herstellung von Styropor aus Polystyrol). Styropor lässt sich leicht in organischen Lösungsmitteln auflösen, es entsteht eine transparente klebrige Masse, die sich als **Lack** oder als **Leim** verwenden lässt (Versuch 7: Lack und Leim aus Polystyrol).

## Versuch 8: Funktionspolymere: Superabsorber

Die Kunststofftechnologie entwickelt immer wieder neue spannende Lösungen für alltägliche Probleme. So können z.B. gewisse Superabsorber sehr grosse Mengen Flüssigkeiten (Wasser) absorbieren. Dieser Versuch zeigt das **Quellverhalten** von Natriumpolyacrylat.

## Versuch 9: Unterscheidung von Stärke und Zellulose

Die Verpackungsindustrie verwendet immer häufiger **Naturstoffe**, die sich leicht entsorgen (z.B. kompostieren) lassen. Dieser Versuch zeigt, wie man solche Verpackungsmaterialien erkennen kann.

## Versuch 10: Folien aus Kartoffeln

Ein letzter Versuch zum Thema Naturstoffe als Ersatz für Kunststoffe: Aus Maisstärke lassen sich leicht selber Folien herstellen.

## Demonstrationsversuch: Herstellen von Nitrocellulose

Dieser Versuch hat nur indirekt mit Kunststoffchemie zu tun, gehört aber einfach trotzdem zum Repertoire!

Geeignet als Schülerversuch; **Brandgefahr!** Dauer total ca. 20 Minuten

### Geräte

Becherglas (5 l), Schale (Durchmesser etwa 20 cm), Thermometer, Glasstab, pH-Papier

### Chemikalien und Material

konzentrierte Schwefelsäure, rauchende Salpetersäure, Wattebausche (ca. 15 Stück), Eiswürfel

### Durchführung

#### 1. Herstellung von Nitrocellulose

**Im Abzug arbeiten! Handschuhe und Schutzbrille verwenden!**

Giesse in kleinen Portionen 140 ml konz. Schwefelsäure zu 70 ml rauchender Salpetersäure. Zur Kühlung steht das Becherglas in einer Schale mit eiskaltem Wasser.

Warte, bis das Gemisch auf Zimmertemperatur abgekühlt ist. Dann gibst du einige Wattebausche hinein und sorgst dafür, dass diese gut benetzt werden. Belasse die Watte 15 min. in der Säuremischung.

Danach nimmst du die Watte heraus und spülst sie solange mit Wasser, bis das Spülwasser neutral reagiert (Indikatorpapier).

Presse die nitrierte Wattestücke mit Filterpapier aus. Dann zupfst du es wieder auseinander und lässt es an der Luft trocknen **Auf keinen Fall im Trockenschrank trocknen!**

#### 2. Aufbewahren von Nitrocellulose

Trocken aufbewahren in verschlossenen Kunststoffgefässen. Nitrocellulose ist ein Gefahrstoff und muss entsprechend gekennzeichnet werden. Zu grosse Mengen dürfen nicht aufbewahrt werden, da es sonst Konflikte mit dem Sprengstoffgesetz gibt.

### Ergebnis

Das trockene Wattestück wird auf eine feuerfeste Unterlage gegeben und angezündet. Es verbrennt rasch mit leuchtender Flamme. Zum Vergleich versuchst du, unbehandelte Watte zu entzünden.

### Erklärung

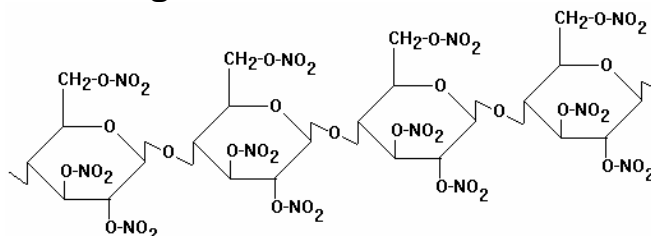


Abbildung: Cellulosetrinitrat (Nitrocellulose, Schiessbaumwolle)

Die Cellulose wird durch säurekatalysierte (Schwefelsäure) Reaktion mit Nitrogruppen  $\text{NO}_2^-$  (aus der Salpetersäure) zu *Cellulosetrinitrat* nitriert.

Diese Verbindung, die im Gegensatz zu reiner Cellulose leichtentzündlich ist, findet eine breite Anwendung, z. B. als Trägersubstanz in Dispersionsfarben, als Bestandteil von Sprengstoffen, usw.

## Versuch 1: Kunststoffe ordnen

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 15 Minuten

### Geräte

Becherglas, Schere, Trockenschrank (vorheizen auf 120°C)

### Chemikalien und Material

verschiedene Verpackungen und Materialien aus Kunststoff, Wasser

### Durchführung

1. Wähle aus den Kunststoffproben auf dem Tisch jeweils ein Gegenstand aus PE (HD oder LD), PP und PS aus. Dabei hilft die folgende Tabelle (offizielle Einteilung der Kunststoffe):

Nr.	Bezeichnung	Chemischer Name
01	PET	Polyethenterephthalat
02	PE-HD	Polyethen hoher Dichte
03	PVC	Polyvinylchlorid
04	PE-LD	Polyethen niedriger Dichte
05	PP	Polypropen
06	PS	Polystyrol
07	O	Sonstige (Others)
	SAN	Styrol-Acrylnitril
	PU	Polyurethan

2. Ergänze die untenstehende Tabelle:

- Prüfe die drei Kunststoffproben auf ihre Biogsamkeit.
- Schneide aus den Kunststoffproben mit einer Schere (oder einem Teppichmesser) kleine Stücke aus (diese sollten alle die gleichen Dimensionen haben) und prüfe in einem mit Wasser gefüllten Becherglas, ob die Probe auf dem Wasser schwimmt oder untergeht.
- Überprüfe nun noch das Verhalten beim Erhitzen: dazu stellst du jeweils einen intakten Gegenstand für einige Minuten in den vorgeheizten Trockenschrank und beobachtest was passiert.

Kunststoff	Biogsamkeit	Schwimmprobe	Verhalten beim Erhitzen
PS			
PP			
PE			

Wie lassen sich die beobachteten Eigenschaften für die Trennung von Kunststoffen einsetzen?

## Versuch 2: Herstellung von Polyurethanschaumstoff (PU)

---

Die Herstellung von Polyurethan ist eine typische **Polyaddition**

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 10 Minuten

### Geräte

PS Becher aus dem Getränkeautomaten, Waage, Rührstab, Spritzflasche mit Wasser, Zeitung

### Chemikalien und Material

**Komponente A** (Desmophen) = Polyalkohol (Diol), Treibmittel und Katalysator

**Komponente B** (Desmodur) = Diisocyanat

Die Komponenten sind im Kunststoff-Experimentierset des Verbandes der Chemielehrer Österreichs enthalten.

### Durchführung

Stelle den PE-Becher auf eine Zeitungsunterlage

Gib nacheinander je ca. 10 g Komponente A und Komponente B in den Kunststoffbecher und mische gut mit dem Glasstab.

Nach Zugabe von 1 bis 2 Tropfen Wasser wird die Mischung aufschäumen.

### Erklärung

Polyurethanschaumstoff kann aus einem Polyalkohol (Diol) und Diisocyanat durch eine Polyadditionsreaktion hergestellt werden.

Bei dieser Reaktion wird durch Zugabe von Wasser eine Nebenreaktion ausgelöst, wobei aus Diisocyanat Kohlendioxid und ein Amin entsteht. Das Kohlendioxid sorgt für das Aufschäumen.

### Zusatzinfo:

Durch die Reaktion von Diisocyanat und linearen **Diolen** entstehen **lineare, thermoplastische** Polyurethane, die leicht zu formen sind (z.B. Skischuhe).

Polyurethane, die durch Reaktion von Diisocyanat und **Triolen** (oder **Polyolen**) entstehen, sind **vernetzt** und **duroplastisch**.

## Versuch 3: Slime (Polyvinylalkohol PVA)

---

Eine weitere **Polyadditions**reaktion

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 10 Minuten

### Geräte

Messzylinder (25 ml und 10 ml), Glasstab, Kunststoffbecher, Spatel, Zeitung, Glasscheibe

### Chemikalien und Material

wässrige Polyvinylalkohollösung (PVA) 7.5%, Boraxlösung (Natriumtetraborat  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) 2%, Lebensmittelfarbe

PVA ist im Kunststoff-Experimentierset des Verbandes der Chemielehrer Österreichs enthalten.

### Durchführung

Giesse in einen Kunststoffbecher 20 ml der Polyvinylalkohollösung, gib auch einen kleinen Spatelspitz Lebensmittelfarbe dazu.

Gib nun 5 ml Boraxlösung dazu und mische mit dem Glasstab.

Nimm das Reaktionsprodukt aus dem Becher und knote es mit den Händen.

Beobachte das Verhalten von Slime auf einer Zeitung resp. auf einer Glasoberfläche.

### Erklärung

Es entsteht ein visköses, elastisches Produkt, das sich leicht dehnen lässt. Dieses lässt sich auch zu dünnen Folien weiterverarbeiten.

Polyvinylalkohol (PVA) haftet sehr gut auf saugenden Materialien wie z. B. Papier, Karton und Geweben. PVA wird daher für die Herstellung von Klebern und Leimen (z. B. Holzleim) verwendet. PVA Beschichtungen werden auch für Lebensmittelverpackungen verwendet, da sie transparent, lichtecht, fettdicht und lebensmittelecht sind.

PVA eignet sich auch für die Verpackung von Produkten, die in wässriger Umgebung verwendet werden wie z.B. Badesalze, Desinfektionsmittel, Farbstoffe, Insektizide u.ä. Da sich die Verpackung in Wasser auflöst, ist es nicht nötig, die Produkte auszupacken.

## Versuch 4: Herstellung von Nylon 6,6

---

Die Herstellung von Nylon ist eine typische **Polykondensation**

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 15 Minuten

### Geräte

2 Bechergläser (100 ml), Glas- oder Holzstab, Pinzette

### Chemikalien und Material

1,6-Diaminohexan (Hexamethyldiamin) in 2%iger Sodalösung = **Lösung A**

Adipinsäuredichlorid in Petroleum = **Lösung B**

### Durchführung

Herstellung der Lösungen A und B:

**Lösung A:** In einem 100 ml Becherglas werden 5 g 1,6-Diaminohexan in 25 ml einer 2%igen Sodalösung (Natriumcarbonat) gelöst. [Eine 2%ige Sodalösung stellt man zuvor folgendermassen her: 2 g Natriumcarbonat werden in 100 ml entmineralisiertem Wasser gelöst]

**Lösung B:** In einem 100 ml Becherglas werden 3 ml Adipinsäurechlorid in 25 ml Petroleum gelöst.

Überschichte die Lösung A mit der Lösung B:

Giesse dazu vorsichtig - die beiden Lösungen dürfen sich nicht mischen – die Lösung B in das Becherglas der Lösung A (am besten lässt du die Lösung B langsam an der Wand des Becherglases der Lösung A hineinlaufen).

### Ergebnis

An der Phasengrenze der beiden Lösungen entsteht eine dünne Haut, die du mit einer Pinzette langsam aus der Mitte aufnehmen und zu einem Faden ausziehen kannst. Der Faden lässt sich z. B. über einen Glas- oder Holzstab kontinuierlich aufspulen.

## Versuch 5: Herstellung von Polystyrol

---

Die Herstellung von Polystyrol ist eine typische **Polymerisation**

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 5 Minuten

### Geräte

Reagenzglas, 2 ml Pipette, Pipetierhilfe, Bunsenbrenner, Siedesteinchen, Glaswolle

### Chemikalien und Material

Styrol, Eisen(III)-chlorid Hexahydrat ( $\text{Fe}_2\text{Cl}_3 \times 6 \text{H}_2\text{O}$ )

### Durchführung

Gib in ein Reagenzglas eine Spatelspitze Eisenchlorid, 2 ml Styrol und ein Siedesteinchen. Verschliesse es oben locker mit einem Glaswollebausch. Erhitze das Reagenzglas vorsichtig bei kleiner Flamme bis zum Sieden. Das Styrol bekommt dabei eine grünliche Färbung. Wenn die Mischung anfängt zu sieden, nimm das Reagenzglas aus der Flamme und überprüfe, ob das Styrol von alleine weiter siedet. Sollte dies der Fall sein, brauchst du das Reagenzglas nicht mehr in die Flamme zu halten, denn das Styrol reagiert von alleine unter Aufschäumen weiter. Ansonsten halte es kurz wieder in die Flamme und überprüfe, ob es von alleine weitersiedet. Am Ende der Reaktion wird das Reaktionsgemisch zunehmend zäher. Wenn es abgekühlt ist, erstarrt es zu einem teilweise durchsichtigen, grünlich-schwarzem Harz.

### Bedeutung

Die Polymerisation des Styrols geschieht durch die Verknüpfung der ungesättigten C=C-Doppelbindungen. Die Reaktion wird durch Initiatoren, die Radikale bilden, ausgelöst. In unserem Fall ist der Initiator das Eisenchlorid, resp. die geladenen Eisenkationen ( $\text{Fe}^{3+}$ )

## Versuch 6: Herstellung von Styropor (Sagex) aus Polystyrol

---

Demonstration des Schäumvorgangs von treibmittelhaltigen Polystyrolteilchen

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 10 Minuten

### Geräte

Becherglas 2 l, Teeei (vorzugsweise aus zwei verschraubbaren Hälften bestehend), Heizplatte

### Chemikalien und Material

Expandierfähiges Polystyrol (Treibmittel = Pentan)

Expandierfähiges Polystyrol ist im Kunststoff-Experimentierset des Verbandes der Chemielehrer Österreichs enthalten.

### Durchführung

Gib vorsichtig die Hälfte eines Kaffeelöffels expandierfähiges Polystyrol in die eine Hälfte des Teeeis. Verschraube nun die beiden Hälften vorsichtig. Die gefüllte Form wird nun in das Becherglas mit kochendem Wasser gegeben und etwa 10 Minuten erhitzt.

Nach dem Ausschäumen wird die Form in kaltem Wasser abgekühlt und anschliessend geöffnet. Durch vorsichtiges Ziehen wird die Kugel (oder Teile davon) aus dem Teeei genommen.

### Ergebnis

Styropor® ist thermoplastisch d.h. es erweicht beim Erhitzen. Das Treibmittel produziert Gasblasen wodurch sich die einzelnen Styropor-Perlen in der Wärme zu geschlossenzelligen Teilchen aufblähen. Dabei findet eine Volumenvergrößerung statt. Sie kann mehr als das Fünffache des ursprünglichen Volumens betragen. Die Perlen werden miteinander verschweisst.

## Versuch 7: Lack und Leim aus Polystyrol

---

Dieser einfache Versuch zeigt auf eindruckliche Weise die vielfältigen Eigenschaften der Kunststoffe.

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 10 Minuten

### Geräte

Joghurtgläser, Glasstab, Pasteurpipette, Glasplatte, zwei Glasobjektträger, Papier, Holzstücke

### Chemikalien und Material

Verpackung aus Polystyrol oder Styropor, Essigsäureethylester (Ethylacetat) oder ein anderer Ester der Essigsäure

### Durchführung

Eine Verpackung aus Polystyrol oder Styropor wird in kleine Stücke zerlegt.

Einige Stücke werden in einem Joghurtglas mit wenig Essigsäureethylester übergossen und mit einem Glasstab verrührt. Nach kurzer Zeit löst sich der Kunststoff im Lösemittel. Es entsteht eine zähe, klebrige Masse. Damit kannst du Klebeversuche machen: versuche Glas (Objektträger), Papier und Holz zu kleben.

Verdünne die restliche Lösung mit einigen Tropfen Essigsäureethylester. Mit dieser Lösung wird vorsichtig eine Glasplatte überschichtet. Warte, bis das Lösungsmittel verdampft ist (im Abzug), man erhält einen festen Lackfilm auf dem Glas.

Vergleiche die hydrophobe (wasserabweisende) Wirkung der lackbeschichteten mit der unbeschichteten Seite der Platte.

### Bedeutung

Auch andere Kunststoffe (aber nicht alle!) lösen sich in organischen Lösungsmitteln und werden so zu Lacken verarbeitet.

Kunststoffe sind auch wichtige Bestandteile von Klebstoffen. Die Molekülgrösse ermöglicht eine hohe Festigkeit (Kohäsion).

## Versuch 8: Funktionspolymere: Superabsorber

---

Dieser Versuch zeigt, wieso Kinderpopos immer trocken bleiben.

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 10 Minuten

### Geräte

2 Bechergläser 50 ml, Kaffeelöffel, Spritzflasche mit dest. Wasser, Schere

### Chemikalien und Material

Hochabsorbierendes Polymer z. B. Natriumpolyacrylat (FAVOR®), Kochsalz, Babywindel  
Superabsorber gibt es ebenfalls im Kunststoff-Experimentierset des Verbands der Chemielehrer Österreichs.

### Durchführung

Gib je eine Kaffeelöffelspitze hochabsorbierendes Polymer in beide Bechergläser. In eines der Bechergläser gibst du einen halben Teelöffel Kochsalz.

Fülle nun in einem hohen Strahl, die beiden Bechergläser mit der Spritzflasche.

Was beobachtest du?

Schneide eine Babywindel vorsichtig mit einer Schere auf und entnimm etwas watteartigen Füllstoff, wiederhole den obigen Versuch.

### Bedeutung

Superabsorber sind Natriumsalze einer Polysäure (in unserem Fall ist es Natriumpolyacrylat). Gibt man nun den Superabsorber ins Wasser, so lösen sich die  $\text{Na}^+$  Kationen von der Säuregruppe. An die negativ geladenen Säuregruppen ( $\text{COO}^-$ ) werden nun Wassermoleküle gebunden. Hat es bereits einen Überschuss an gelösten  $\text{Na}^+$  Kationen im Wasser (aus dem Kochsalz), so bleiben die Säuregruppen mit  $\text{Na}^+$  besetzt, es kann kein Wasser binden.

### Entsorgung

Superabsorber nicht im Abfluss entsorgen (Verstopfungsgefahr!), einfach in den normalen Kehricht geben.

## Versuch 9: Unterscheidung von Stärke - Cellulose

---

Das Bestreben nach umweltgerechten Verpackungsmaterialien nimmt zu. Dieser Versuch zeigt eine Methode, um zellulosehaltige Verpackungsflips zu erkennen.

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 10 Minuten

### Geräte

Urgläser, Pasteurpipette

### Chemikalien und Material

Lugolsche Lösung (Herstellung siehe unten), verschiedene stärke- resp. zellulosehaltige Quellen (z.B. halbierte Kartoffel, Watte, Cellophan, Maizena, Verpackungsflips, Verbandsmaterial, usw.)

### Durchführung

Herstellung der Lugolschen Lösung:

1 g Iod und 2 g Kaliumiodid werden in etwa 5 ml destilliertem Wasser gelöst. Danach mit Wasser auf 300 ml auffüllen.

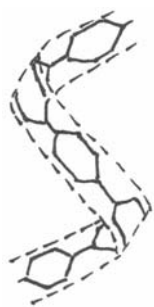
Mit der Pasteurpipette einige Tropfen auf die zu untersuchenden Quellen tropfen.

### Ergebnis

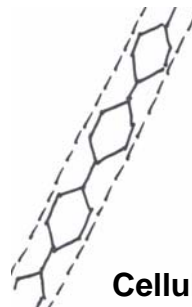
Die stärkehaltigen Proben verfärben sich dunkelblau – violett, nicht so die zellulosehaltigen.

### Erklärung

Jodatome lagern sich in die Holräume der spiralförmig gedrehten Stärkeketten. Dies funktioniert bei der Cellulose nicht, da diese aus langen geraden Ketten besteht (ohne Holräume).



Stärke



Cellulose

## Versuch 10: Folien aus Kartoffeln

---

Geeignet als Schülerversuch; Dauer 30 Minuten (plus Wartezeit)

### Geräte

Becherglas 100 ml, Uhrglas, Wasserbad, Objektträger, Glasstab

### Chemikalien und Material

Maisstärke, Glycerinlösung 50%ig, destilliertes Wasser

### Durchführung

2.5 g Maisstärke werden in einem Becherglas mit 20 ml destilliertem Wasser und 2 ml Glycerinlösung (50%ig) vermischt. Dieses Gemisch wird 15 Minuten im Wasserbad gekocht. Dabei wird das Becherglas mit einem Uhrglas abgedeckt, damit eine Verdampfung des Wassers vermieden wird. Ab und zu muss das Gemisch mit einem Glasstab gerührt werden.

Danach sollte das heiße Gel noch so flüssig sein, dass es aus dem Becherglas fließt. Ansonsten könnt ihr etwas Wasser zugeben. Dann müsst ihr die Mischung aber noch einmal aufkochen.

Anschließend wird das heiße Gel auf dem Boden einer umgedrehten PE-Schüssel verteilt. Zum Trocknen wird die Schüssel etwa zwei Stunden bei 100 - 105 °C im Trockenschrank oder über Nacht bei Raumtemperatur gelagert. Die Folie kann dann von der Platte abgezogen werden.

### Ergebnis



Die getrocknete Folie lässt sich vorsichtig abziehen. Der Rand der abgezogenen Folie sollte mit einer Schere beschnitten werden, um zu dünne oder eingerissene Stellen zu entfernen und um dadurch weiteres Einreißen zu vermeiden.