

Kunststoffe

1. Zur Einführung

Die Produktion der Kunststoffe ist ein rechter junger Zweig der Chemie. Vulkanisierter Kautschuk war einer der ersten „Kunststoffe“ (neben dem Celluloid, siehe 1.1), allerdings noch auf der Basis eines Naturstoffs (Latex, der Milchsafte des Gummibaumes). Kautschuk war schon den Maya bekannt- sie benutzen ihn zur Herstellung von Bällen für rituelle Spiele.

Dieses natürliche Polymer wurde zwar ab 1860 untersucht, doch die Methoden reichten nicht aus, um die Struktur aufzuklären. Erst durch die Arbeiten von H. Staudinger (Freiburg, Nobelpreis 1953) wurde klar, dass der Kautschuk ein Makromolekül (=Riesenmolekül) aus lauter gleichen linear angeordneten Bausteinen ist (in diesem Fall ist die Grundeinheit das 2-Methylbutadien=Isopren).

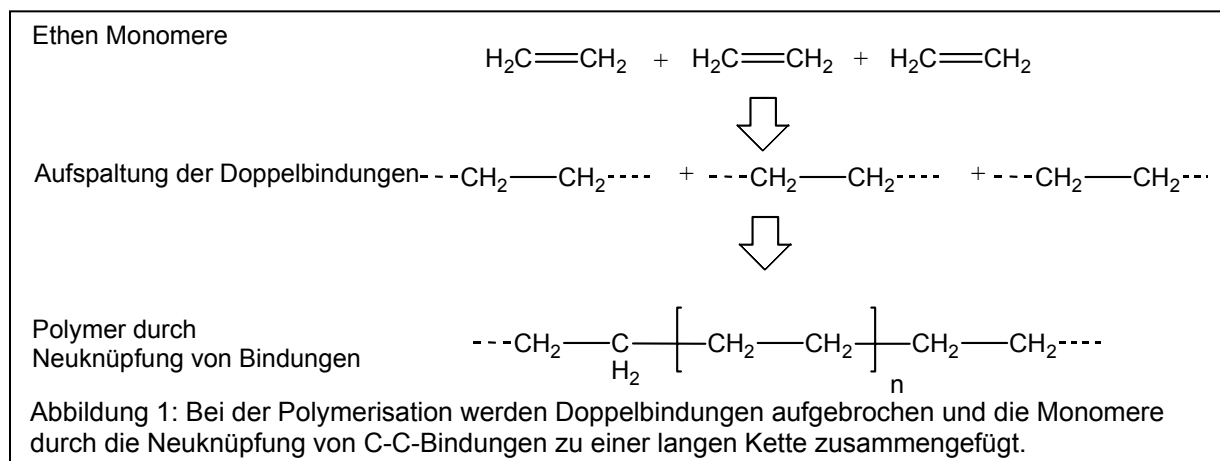
Kunststoffe gehören zu den Makromolekülen mit Molekülmassen, die leicht 100000 g/mol betragen können; die Bezeichnung Polymere deutet den Aufbau aus vielen (poly = viele) gleichen Einheiten an.

Obwohl ihre genaue Struktur noch unbekannt war, fand man in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts Synthesen für einige Kunststoffe. Unter diesen waren ein durch eine Polykondensation von Phenol und Formaldehyd entstandener Phenoplast, das Bakelit, und eine Art künstlicher Kautschuk (BUNA). In **Versuch 2.2** wird ein Phenoplast hergestellt.

Eine Möglichkeit zur Klassifizierung der Kunststoffe sind die chemischen Reaktionen, die zur Verknüpfung der Monomere führen:

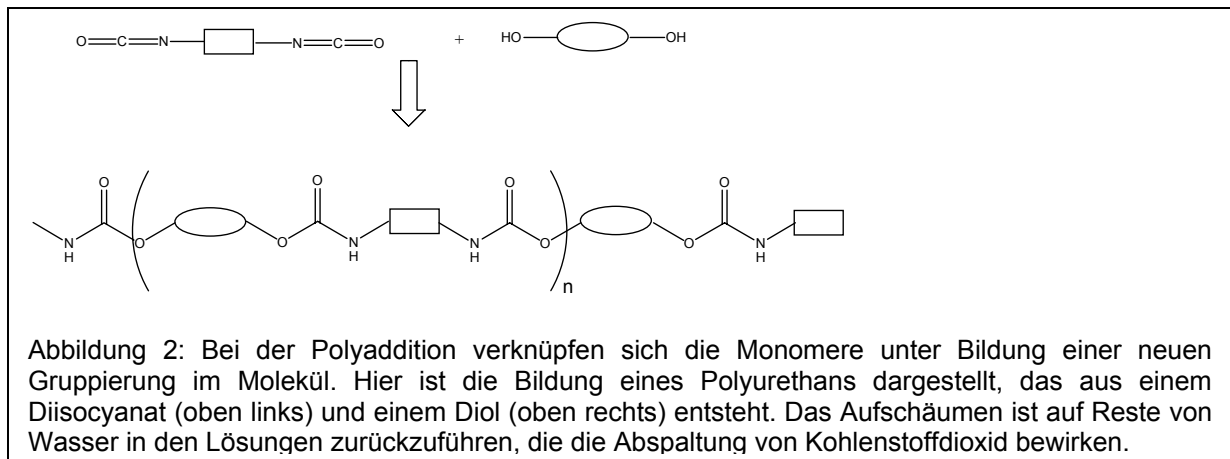
Polymerisation

Bei diesem Reaktionstyp verknüpfen sich Monomere, die mindestens eine Doppelbindungen haben zu einem Polymer (Abbildung 1).



Polyaddition

Bei der Polyaddition setzen sich die unterschiedlichen Monomere additiv zusammen, ohne dass ein kleineres Molekül abgespalten wird, d.h. ohne dass ein Nebenprodukt entsteht. Ein Beispiel für eine Polyaddition ist die Synthese der Polyurethane (**Abbildung 2, Versuch 2.4**).



Polykondensation

Hier verbinden sich zwei Moleküle unter Abspaltung eines kleineren Moleküls miteinander. Solche Polykondensationsreaktionen können nur dann ablaufen, wenn im Molekül der einzelnen Monomere mindestens zwei reaktive (funktionelle) Gruppen vorhanden sind, die mit den einzelnen reaktiven Gruppen der anderen Monomere reagieren und sich so zu Polymeren verknüpfen können. In **Versuch 2.1** wird ein Polyester aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt (**Abbildung 3**), in **Versuch 2.3** das Polyamid Nylon (**Abbildung 4**).

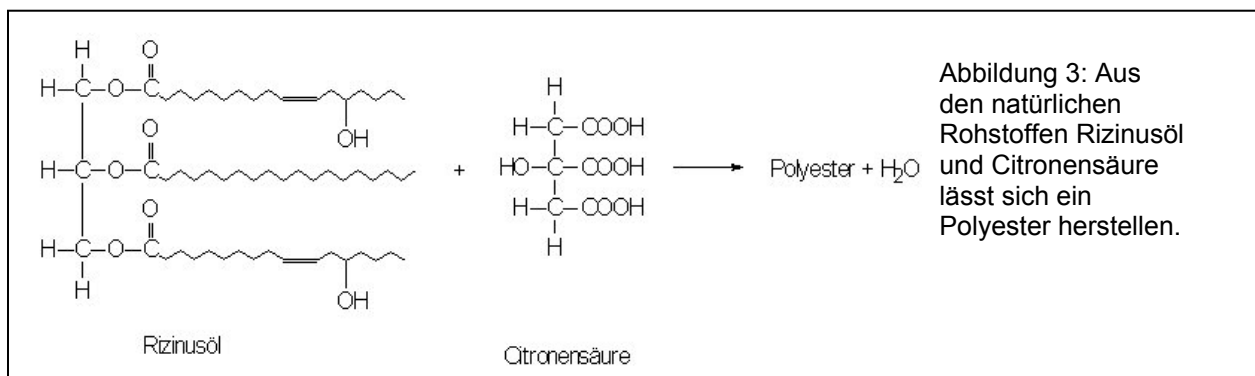


Abbildung 4: Nassspinnen von Nylon 6,10. Nylon ist ein Polykondensat (Polyamid) aus einer Disäure und einem Diamin.

Das Verständnis der Kunststoffstrukturen ermöglichte eine stürmische Entwicklung diesem Gebiet in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Plexiglas und Teflon (Beschichtung von Pfannen und Töpfen) sind zwei prominente Beispiele dafür.

Die Materialeigenschaften der Kunststoffe geben eine weitere Möglichkeit zu ihrer Klassifizierung:

Ein Plastikbecher oder eine Plastiktüte schmilzt, wenn man sie stark erhitzt, während ein Plastikkochlöffel höhere Temperaturen ohne weiteres überlebt. Ein anderes Beispiel sind Gummis, die sich elastisch dehnen oder verformen lassen,

jedoch später (nach Abklingen der Kraftzufuhr) wieder in ihren Ausgangszustand zurückkehren.

Lassen sich Kunststoffe bei Hitzezufuhr verformen, so bezeichnet man sie als **Thermoplaste**, sind sie hingegen hitzebeständig, so sind es **Duroplaste**. Elastische Kunststoffe nennt man **Elastomere**. Die unterschiedlichen Eigenschaften dieser Kunststoffe sind auf die Anordnung der Molekülketten zurückzuführen (**Abbildung 5**).

Thermoplast:

Hier liegen die Makromoleküle hauptsächlich linear, also wenig verzweigt vor. Führt man einem Thermoplast Hitze zu, so können die Moleküle sich gegeneinander verschieben (aneinander vorbeigleiten).

Duroplast:

Die Makromoleküle dieser Kunststoffart sind miteinander eng vernetzt. Es liegen zwischen den Molekülen feste Bindungen vor. Bei zu hoher Temperatur zerreißt das Netz, so dass hier keine Verformbarkeit vorliegt.

Elastomere:

Die Makromoleküle dieser Stoffgruppe bildet ähnlich wie bei den Duroplasten eine Netzstruktur aus, jedoch ist hier das Netz weitmaschiger. Bei mechanischer Belastung wie z.B. Dehnen wird das Netz auseinander gezogen, es kehrt jedoch danach wieder in seinen ursprünglichen Zustand zurück.

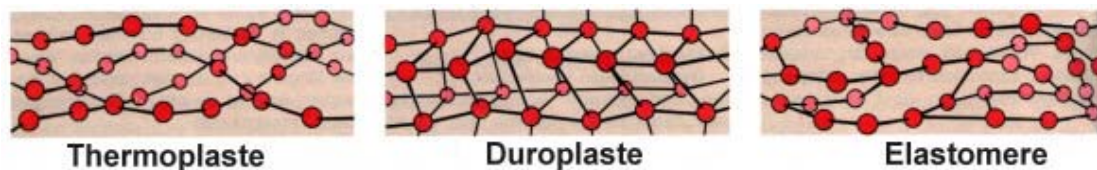
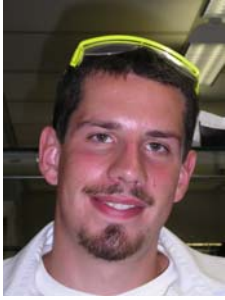


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Struktur von Kunststoffen. Je nach Anordnung der Moleküle ergeben sich verschiedene Eigenschaften des Materials.

	Kunststoff – Bsp.	Verwendung
Thermoplaste	PE Polyethen	Plastikbeutel, Eimer, Frischhalte-Folie, Bierkästen, Schläuche, Flaschen von Reinigungsmitteln
Duroplaste	PUR Polyurethan	Matratzen, Fugendichtung, Wärmedämmung, Schaumstoffe
Elastomere	Vulkanisierter Kautschuk (Gummi)	Gummistiefel, Autoreifen, Latexhandschuhe, Gummibänder, Schnuller

Die großzügige Verwendung von Kunststoffen insbesondere für Verpackungen hat vor allem durch die damit verbundenen Umweltprobleme (manche Kunststoffe sind kaum oder gar nicht biologisch abbaubar) zu der Einsicht geführt, dass eine Rückführung der gebrauchten Materialien in den Produktionsprozess eine sinnvolle Möglichkeit zur Ressourcen- und Umweltschonung ist. Das „Recycling“ kann auf verschiedenen Wegen erfolgen; ein Weg ist die Zerlegung des Materials in seine Monomere, wie sich am Beispiel des Polystyrols zeigen lässt (**Versuch 2.5**).

2. Die Experimente – von Volker Friebolin und Frederick Rindle



2.1 Ein Polyester aus Citronensäure und Rizinusöl

Geräte:

100 mL Becherglas, Glasstab, Dreifuß, Bunsenbrenner

Chemikalien:

4,5 g Citronensäure

10 g Rizinusöl

Durchführung:

Man erhitzt 4,5 g Citronensäure und 10 g Rizinusöl in einem Becherglas so lange über der Bunsenbrennerflamme, bis sich ein zäher Schaum bildet. Dabei rührt man gelegentlich mit einem Glasstab um. Man lässt abkühlen und erhält ein bernsteinfarbenes, etwas klebriges, weiches Harz, das wasserunlöslich ist.

Citronensäure und Rizinusöl reagieren unter *Polykondensation* miteinander. Dabei verbinden sich die Citronensäure mit dem Rizinusöls zu einem Ester, weshalb man das Produkt auch einen Polyester nennt. Dabei wird Wasser abgespalten.

Anwendung findet dieser Polyester in verschiedenen Lacken.

2.2 Herstellen eines Phenoplasten

Geräte:

100 mL Becherglas, Glasstab, Pasteurpipette, Bunsenbrenner, Dreifuß mit Drahtnetz

Chemikalien:

4 g Resorcin (reizend und giftig!)

10 mL 30 % -iger Formaldehydlösung (giftig, Hautkontakt vermeiden!)

20 Tropfen Natronlauge (NaOH; w = 30%) ätzend!

Sicherheitsvorschrift:

Bei diesem Versuch ist unbedingt darauf zu achten, dass unter dem Abzug gearbeitet wird! Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen! Vorsicht, die Reaktion kann heftig verlaufen!

Durchführung:

4 g Resorcin (Feststoff) werden in 10 mL Formaldehydlösung gegeben. Das Gemisch wird vorsichtig erwärmt, bis sich der Feststoff aufgelöst hat. Danach wird das Gemisch vom Dreifuß genommen und mit etwa 20 Tropfen Natronlauge aus der Pipette versetzt. Eine Reaktion erfolgt sofort nach Zugabe der Natronlauge.

Das entstandene Produkt ist durch eine Polykondensation des Resorcinmoleküls mit Methanal (Formaldehyd) entstanden. Die gebildeten Makromolekülnetze bestehen aus Ringsystemen, die über CH₂-Gruppen miteinander verknüpft sind.

2.3 Synthese von Nylon

Geräte:

100 mL Becherglas (schmal), 50 mL Becherglas
Glasstab, Holzstab, Messzylinder, Pinzette

Chemikalien:

0,55 g (4,7 mmol) Hexamethylendiamin (reizend!)
45 mL Wasser
0,4 g (10 mmol, 2 Plätzchen) festes NaOH (reizend!)
Phenolphthalein
1 mL (4,7 mmol) Sebacinsäuredichlorid (reizend!)
20 mL Heptan (leichtentzündlich!), Ethanol (entzündlich!)

Durchführung:

In 0,55 g Hexamethylendiamin und 45 mL Wasser werden 2 Plätzchen festes NaOH in einem schmalen 100 mL Becherglas gelöst. Die Lösung wird mit wenig Phenolphthalein angefärbt. Anschließend überschichtet man mit einer Lösung von 1 mL Sebacinsäuredichlorid in 20 mL Heptan. An der Trennfläche der beiden Lösungen entsteht eine dünne Haut, die man mit einer Pinzette langsam abheben und zu einem Faden ausziehen kann. Der Faden lässt sich über einen Holzstab kontinuierlich aufspulen. Anschließend wird das Polymer einige Male mit einem Wasser/Ethanol (50:50) – Gemisch gewaschen und bei 60 °C im Vakuumtrockenschrank getrocknet.

Nylon stellt ein typisches Polyamid dar, das durch eine Polykondensation entstanden ist. Die Polyamide sind Stoffe mit eiweißartigem Charakter, die in der Schmelze dazu neigen, Fäden zu ziehen.

2.4 Polyaddition: Herstellung von Polyurethanschaum

Geräte:

Großes Becherglas oder Polyethylenbecher, Polyethylenbeutel, Glasstab, Messzylinder

Chemikalien:

16,5 g Desmophen [Alkoholkomponente (Diol) mit Aktivator] (entzündlich!)
25 g Desmodur [Diisocyanatkomponente] (giftig!)

Durchführung:

In einem Becherglas stellt man einen der Glaswand angepassten Polyethylenbeutel oder man benutzt einen Polyethylenbecher. In diesen Beutel/Becher gibt man zuerst 16,5 g Desmophen und dann 25 g Desmodur. Diese Mischung wird mit einem Glasstab so lange gerührt, bis die eintretende Gasentwicklung den Beginn der Reaktion anzeigt. Dann überlässt man die Schaumbildung sich selbst.

2.5 Recycling von Kunststoffen am Beispiel von Polystyrol

Geräte:

2 Rundkolben (150 mL), Liebigkühler, Dreifuß mit Drahtnetz, Bunsenbrenner,
2 Gummischläuche

Chemikalien:

Polystyrol, Bromwasser (reizend und giftig!)

Sicherheitsvorschrift:

Dieser Versuch muss unbedingt unter dem Abzug durchgeführt werden. Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen!

Durchführung:

Einige Polystyrolstücke werden in einem Rundkolben erhitzt. Dabei kondensiert eine zähe Flüssigkeit im Glasrohr, die sich später im 2. Rundkolben sammeln. Versetzt man einige Tropfen des Destillats mit violetterem Bromwasser, so entfärbt sich dieses.

Das aufgefangene Destillat enthält C=C–Doppelbindungen. Diese entfärben Bromwasser. Doppelbindungen kommen nicht im Polystyrol vor, aber im Ausgangsprodukt der Polystyrol – Synthese, dem Styrol.
--