

# Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts

WS 08/09

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent: Jan Schäfer

Name: Sarah Henkel

Datum: 15.01.2009

## Gruppe 13: Polymere

Versuch: Polymerisation von Styrol mit handelsüblicher Härterpaste als Starter  
(Assi)

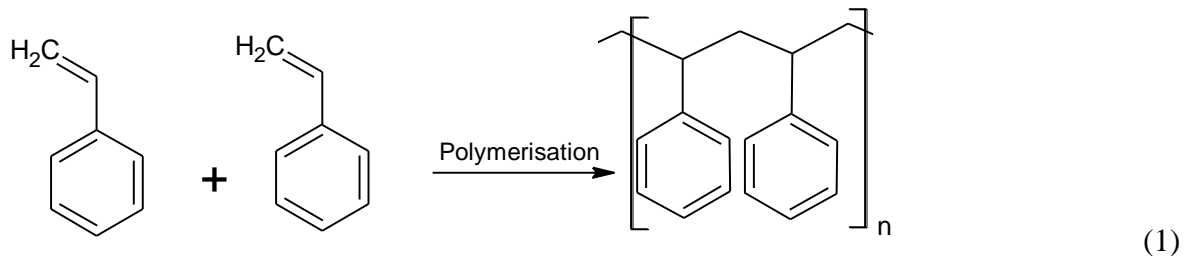
### Zeitbedarf

Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: 40 Minuten

Nachbereitung: 5 Minuten

### Reaktionsgleichung



### Chemikalien

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

| Eingesetzte Stoffe                     | Formel  | Menge  | R-Sätze     | S-Sätze          | Gefahrensymbole | Schuleinsatz                                   |
|--|---|--------|-------------|------------------|-----------------|--|
| Styrol (Vinylbenzol)                   | $\text{H}_5\text{C}_6\text{-CH=CH}_2$                 | 5 mL   | 10-20-36/38 | 2-23             | Xn              | S I  |
| Handelsübliche Härterpaste (Wirkstoff: | $\text{H}_5\text{C}_6\text{-CO-O-O-CO-C}_6\text{H}_5$ | 0,5 mL | 2-36-43     | 2-3/7-14-36/37/3 | Xi, E           | eigentlich LV, aber aufgrund der Verdünnung in |

|                   |                  |  |  |   |  |   |
|-------------------|------------------|--|--|---|--|---|
| Dibenzoylperoxid) |                  |  |  | 9 |  | der Härterpaste auch im Schülerversuch zulässig |
| Wasser            | H <sub>2</sub> O |  |  |   |  | S I   |

### Geräte

- Elektrische Heizplatte
- Becherglas (200 mL) für Wasserbad
- Reagenzglas
- Messpipette (5 mL)

### Aufbau

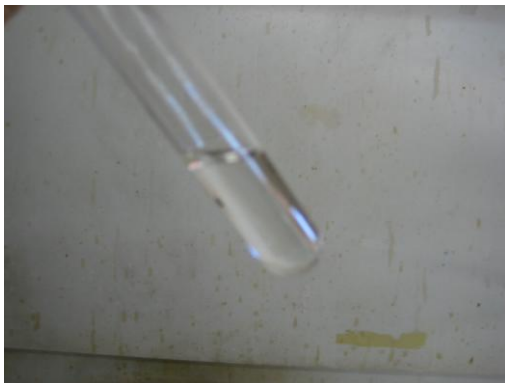


Abb. 1: Styrol.



Abb. 2: Härterpaste.



Abb. 3: Bildung einer homogenen Phasen zwischen Styrol und Härterpaste.



Abb. 4: Erhitzen im Wasserbad.



Abb. 5: fester roter Kunststoff.



Abb. 6: Analoges Produkt bei Einsatz von Dibenzoylperoxid.

## Durchführung

Alle Arbeiten müssen unter dem Abzug durchgeführt werden.

In ein trockenes Reagenzglas werden 5 mL Styrol gegeben. Die geschlossene Tube mit Härterpaste wird gründlich durchgeknetet, um eine Homogenisierung der Paste zu gewährleisten. Anschließend werden etwa 0,5 mL der Härterpaste auf die Spitze eines Holz- oder Glasstabes ausgedrückt und in das Styrol überführt und gut vermischt. Dann wird das Reagenzglas im siedenden Wasserbad erhitzt, bis der Inhalt viskos geworden ist (10 – 20 Minuten). Im Anschluss lässt man es abkühlen.

## Beobachtung

Das farblose Styrol nimmt beim Mischen mit der Härterpaste eine rötliche Färbung an, da die Härterpaste rot gefärbt ist. Es entsteht eine homogene Lösung der beiden Stoffe, die im Wasserbad nach langem Erhitzen (30 – 40 Minuten) viskos wird. Beim Abkühlen entsteht ein Feststoff, der beim Umdrehen des Reagenzglases nicht „herausfließt“. bei einem Vergleich mit reinem Dibenzoylperoxid war zu sehen, dass sich das gleiche Produkt bildet. Beides Mal ist ein Feststoff entstanden. Die rote Färbung kommt von der Härterpaste.

## Entsorgung

Das Polystyrol wird mit Reagenzglas in den Organischen Feststoffabfall entsorgt.

## Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Polymere sind Makromoleküle, die sich aus sich wiederholenden Bausteinen zusammensetzen. Ein einzelner Baustein ist ein Monomer. Die Monomere werden durch Polymerisation zu Polymeren verknüpft. Dies kann zum einen auf additive Art und Weise geschehen, zum anderen durch Kondensation. Erstere werden auch als Kettenwachstumspolymere oder Additions-polymere bezeichnet, die anderen als Stufenwachstumspolymere oder Kondensationspolymere. Eine grobe Unterteilung lässt ein Einteilen der Polymere in Biopolymere (natürliche Makromoleküle) und synthetische Polymere (Kunststoffe) zu. Aus den synthetischen Polymeren werden zum Beispiel fotografische Filme, Compactdiscs, Teppiche, Lebensmittelverpackungen, künstliche Gelenke, Klebstoffe, Spielzeuge, Plastikflaschen, Regenschutzkleidung, Teile von Automobilkarosserien, Schuhsohlen und Zahnbürsten hergestellt. Biopolymere sind zum Beispiel die DNA und RNA von Lebewesen, Proteine und Polysaccharide.

Kunststoffe, die unter bestimmten Bedingungen plastisch verformbar sind, werden auch als Plastik bezeichnet. Zelluloid war das erste kommerziell verwendete Plastikmaterial und wurde 1856 von Alexander Park (1813 – 1890) erfunden. Es besteht aus Nitrocellulose und Kampher und wurde zur Herstellung von Klaviertasten und Billardkugeln verwendet. Aus Nitrocellulose bestand auch die erste Synthefaser, das Rayon (Kunstseide). Sie wurde von Louis Char-donnet entdeckt, als er verschüttete Nitrocellulose versuchte aufzuwischen und bemerkte, dass sich seidenähnliche Fäden gebildet hatten. 1891 wurde diese Kunstseide in Paris auf der Weltausstellung vorgeführt. Der Nachteil dieser Kunstseide bestand jedoch in der leichten Entflammbarkeit, die dadurch behoben werden konnte, dass Chemiker die Nitrogruppen nach der Faserbildung entfernten.

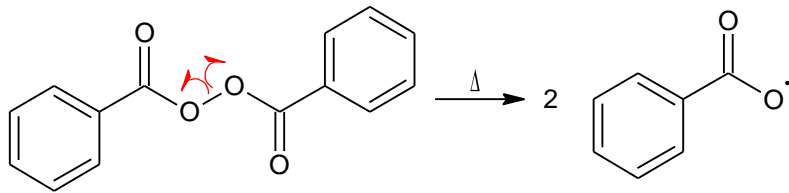
Für die Kettenwachstumspolymerisation gibt es drei mögliche Mechanismen.

- 1) Radikalische Polymerisation
- 2) Kationische Polymerisation
- 3) Anionische Polymerisation

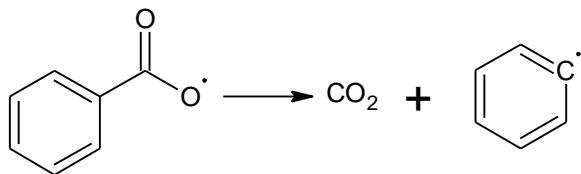
Die kationische und die anionische Polymerisation können auch gemeinsam als ionische Polymerisation Zusammengefasst werden. Alle drei Kettenwachstumsreaktionen setzen sich aus drei Schritten zusammen: Initiation, Kettenfortpflanzung (Propagation) und Kettenabbruch (Termination).

Der Mechanismus dieser Reaktion verläuft über eine radikalische Polymerisation. Eine solche Reaktion kann nur dann stattfinden, wenn es einen Radikalkettenstarter (Initiator) gibt. Als

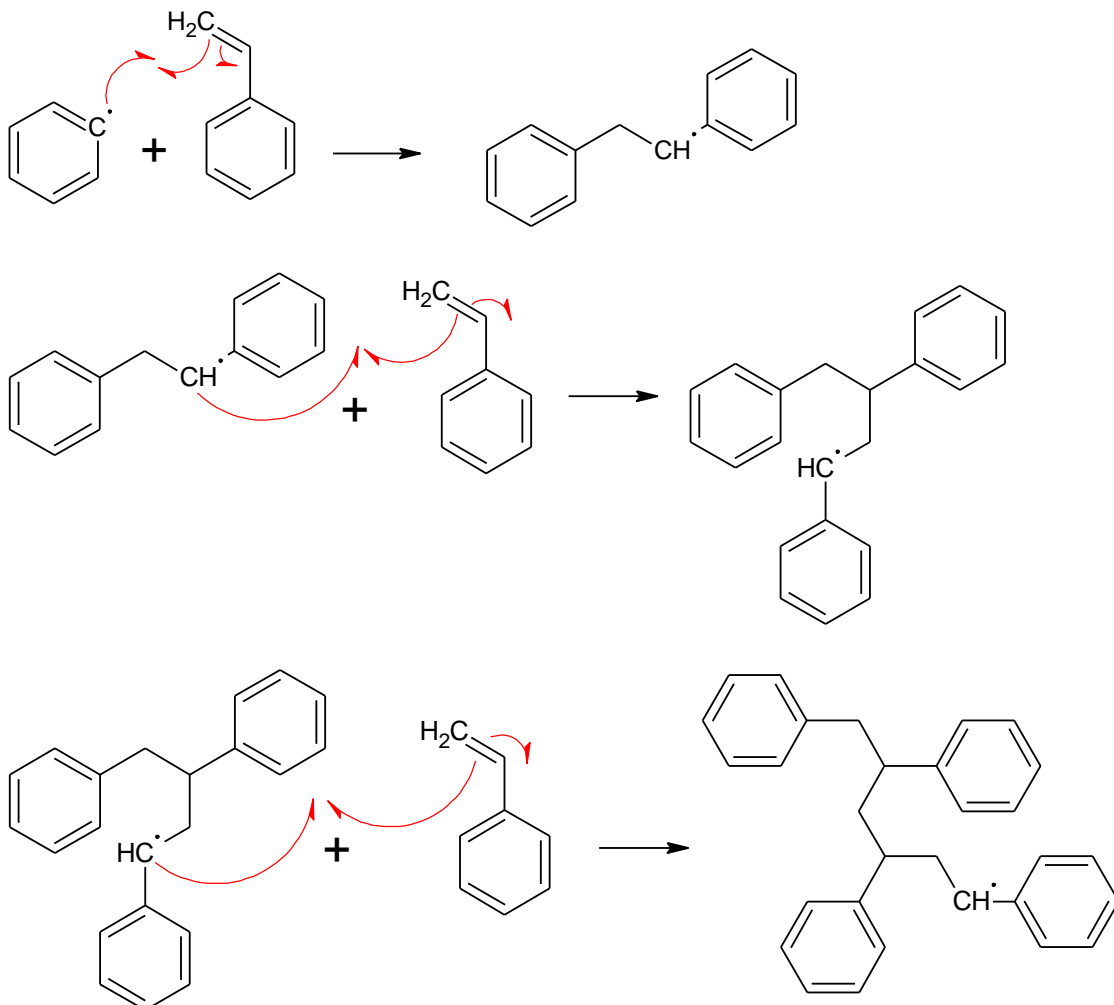
solcher wurde in diesem Versuch die Härterpaste verwendet, die Dibenzoylperoxid enthält. Solche Peroxide lassen sich leicht durch Wärmezufuhr (oder auch allgemein Energie) homolytisch in zwei Radikale spalten. Dieser Teil der Reaktion wird Initiation genannt.



Die daraus resultierenden Benzoylradikale zerfallen in Kohlenstoffdioxid und Phenylradikale.



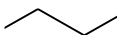
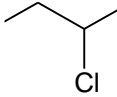
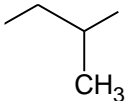
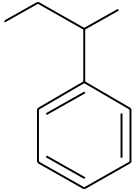
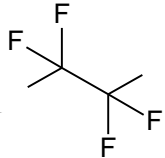
Die Phenylradikale reagieren dann in einem weiteren Schritt mit einem Styrol-Molekül unter Beibehaltung des radikalischen Charakters. Durch weitere Anlagerung von Styrol-Molekülen kommt es zur Kettenreaktion. Die Kette verlängert sich fortlaufend. Dieser Abschnitt besteht aus dem Kettenwachstum.



Diese Kettenreaktion kann jedoch auch beendet werden. Dies wird durch verschiedene Faktoren eingeleitet. Zum einen ist die Polymerisation beendet, wenn kein Styrol-Molekül mehr vorhanden ist, das mit dem Kettenradikal weiterreagieren kann. Zum anderen kann die Kettenreaktion aber auch durch die Reaktion zweier Radikale miteinander beendet werden. Diese Radikale können verschiedener Natur sein. Es können zwei Phenylradikale miteinander reagieren, es kann ein Phenylradikal mit einem Kettenradikal reagieren oder es reagieren zwei Kettenradikale miteinander (Kettentelekomination). Die Reaktionen, die dabei eingegangen werden können, sind willkürlich. Eine weitere Möglichkeit zum Kettenabbruch ist die Disproportionierung, bei der durch die Übertragung eines Wasserstoffatoms ein Molekül zum Alken oxidiert und ein anderes zum Alkan reduziert wird. Weiterhin können auch Reaktionen mit Verunreinigungen im Reaktionsansatz dazu führen, dass das Molekül seinen Radikalstatus verliert (Reaktion mit einer Kontamination).

Kettenwachstumspolymere finden in sehr vielen Bereichen Anwendung. In der folgenden Tabelle sind einige Monomere und die dazugehörigen Polymere mit Verwendung aufgelistet.

Tab. 2: Kettenwachstumspolymere und ihre Verwendung.

| Monomer   | Sich wiederholende Baueinheit   | Name des Polymers         | Verwendung  |
|---|---|---------------------------|---|
| $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$                    |  | Polyethylen (PE)          | Folien, Spielzeug, Flaschen, Plastiktragetaschen  |
| $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCl}$                    |  | Polyvinylchlorid (PVC)    | Seifenspender, Schläuche, Bodenbeläge, Hausverkleidungen  |
| $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}_3$                  |  | Polypropylen (PP)         | Verschlussdeckel, Margarinetöpfe, Joghurtbecher, Bodenbeläge für innen und außen, Polstermaterial |
| $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$ |  | Polystyrol (PS, Styropor) | Verpackungen, Spielzeug, Trinkgefäße, Eierkartons, Gefäße für heiße Getränke                      |
| $\text{F}_2\text{C}=\text{CF}_2$                    |  | Teflon                    | Antihaftoberflächen (z.B. in Bratpfannen), Auskleidungen, Kabelisolierungen                       |

Die physikalischen Eigenschaften von Polymeren resultieren aus deren Struktur. Die einzelnen Molekülketten der Kunststoffe werden durch van-der-Waals-Kräfte zusammen gehalten. Diese Kräfte wirken jedoch nur über kurze Abstände. Aus diesem Grund bilden sich teilweise dicht gepackte Bereiche und weniger dicht gepackte Bereiche innerhalb eines Kunststoffes. Die dicht gepackten werden Kristallite genannt. Die nicht kristallinen Bereiche sind dagegen unordentlich (amorphe Bereiche). Je höher der Anteil an Kristalliten in einem Polymer ist, desto härter ist es und desto größer sind auch seine Dichte und sein Erweichungspunkt.

Grundsätzlich lassen sich drei Arten von Kunststoffen unterscheiden: Thermoplastische Kunststoffe, duroplastische Kunststoffe und Elastomere. Die erste Gruppe (Thermoplasten) besitzt sowohl die zuvor genannten kristallinen als auch die amorphen Bereiche. Bei Raumtemperatur sind diese Kunststoffe hart. Sie lassen sich aber durch Erhitzen verformen. Aus Thermoplasten bestehen die meisten Gegenstände aus dem Alltag (Kämme, Zahnbürsten, Schalter, Telefongehäuse, Fernbedienungen,...). Duroplasten dagegen sind sehr starre Werkstoffe, die einen sehr hohen Vernetzungsgrad haben. Je höher dieser Vernetzungsgrad ist, desto starrer und spröder ist ein Kunststoff. Sind diese Kunststoffe einmal ausgehärtet, können sie kein weiteres Mal durch Erhitzen umgeformt werden. Sie behalten durchgängig ihre Form. Elastomere sind die Kunststoffe, die dauerhaft verformbar sind. Sie lassen sich dehnen und kehren anschließend wieder in ihren ursprünglichen Zustand zurück. Sie bestehen hauptsächlich aus amorphen Bereichen mit wenigen Quervernetzungen, die jedoch notwendig sind, damit die Molekülketten nicht aneinander vorbeigleiten. Gummi und Kautschuk zählen zu den Elastomeren. Um die Verformbarkeit eines Kunststoffes zu erhöhen, können ihm Weichmacher zugesetzt werden. Diese sind organische Verbindungen, die sich in der Polymerphase auflösen und die van-der-Waals-Kräfte zwischen den Molekülketten herabsetzen, sodass diese beweglicher sind. Dem Polyvinylchlorid (PVC) wird Di-2-ethylhexylphthalat als Weichmacher zugesetzt, damit dieses nicht so spröde und weniger zerbrechlich ist.

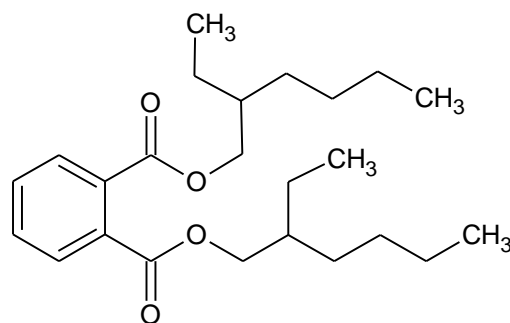


Abb. X: Di-2-ethylhexylphthalat.

## Methodisch-Didaktische Analyse

### **1 Einordnung**

Dieser Versuch wird zum Thema Kunststoffe im zweiten Halbjahr der Jahrgangsstufe 11 durchgeführt. Dieses gehört zum Themenbereich der synthetischen Makromoleküle. Dieser Themenbereich umfasst neben der Klassifizierung und dem Aufbau von Kunststoffen auch die verschiedenen Reaktionstypen, die durch die Verknüpfung von Monomeren zu Polymeren repräsentiert werden. Zu diesen Reaktionstypen können die jeweiligen Mechanismen im Leistungskurs angesprochen werden. Vor allem aber sollten die Schüler etwas über die unterschiedlichen Kunststoffe lernen und welche Eigenschaften durch welche Strukturen gegeben sind. In diesem Zusammenhang sollten Elastomere, Duroplaste und Thermoplaste behandelt werden. In der Jahrgangsstufe 12 kann das Thema Kunststoffe im Bereich der angewandten Chemie nochmal aufgegriffen werden. Dort ist es im Themenbereich Werkstoffe anzusiedeln.

### **2 Aufwand**

Der Versuch ist zwar mit sehr wenigen Chemikalien durchzuführen, die auch für den Schulgebrauch zu bekommen sind, indem man statt des reinen Dibenzoylperoxids auf die Härterpaste zurückgreift, die den selben Wirkstoff enthält. Der zeitliche Aufwand ist aber relativ groß. Es muss lange Zeit erhitzt werden, damit erst einmal die Radikale gebildet werden und die Polymerisation stattfinden kann. Bricht man das Erhitzen zu früh ab, entsteht kein Feststoff. Weiterhin reicht es nicht aus, dass eine minimal viskosere Lösung entstanden ist. Es muss wirklich gewartet werden, bis sich eine deutlich zu erkennende viskose Flüssigkeit gebildet hat, die Spuren am Reagenzglasrand hinterlässt. Der Vorgang des Abkühlens kann mit Eiswasser beschleunigt werden, indem das Reagenzglas in die kalte Lösung gestellt wird.

### **3 Durchführung**

Bei dem Einsatz von pulverförmigem, reinem Dibenzoylperoxid, könnte der Versuch lediglich als Lehrerversuch durchgeführt werden. Dadurch, dass auf handelsübliche Härterpaste zurückgegriffen wird, die z. B. bei ATU (Auto-Teile Unger) für 6,49 € erhalten werden kann, ist der Versuch jedoch auch als Schulversuch zulässig. Dies liegt daran, dass der Radikalstarter hier sehr stark verdünnt vorliegt und weniger schädlich ist. Da die Bildung der Radikale recht lange dauert ist der Versuch in einer Einzelstunde nicht zu bewältigen. In einer Doppelstunde sollte die Zeit, während die Reagenzgläser im siedenden Wasserbad stehen, dennoch

sinnvoll genutzt werden, indem in dieser Zeit auf die Theorie, die hinter dem Versuch steht, eingegangen werden kann.

### Literatur

- [1] PdN Chemie in der Schule 7/56 Jg. **2007**. Seite 24.
- [2] Soester Liste. Version 2.7.
- [3] Hessischer Lehrplan: Chemie. **2008**.
- [4] Bruice, Paula Y.: Organische Chemie. 5., aktualisierte Auflage. Pearson Studium. München **2007**.