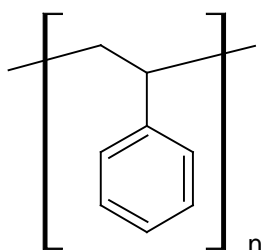


Gruppe 13 – eigener Versuch

Recycling von Polystyrol

Strukturformel:



Zeitbedarf:

Vorbereitung: 15 min
 Versuchsdurchführung: 10 min
 Nachbereitung 10 min

Chemikalien:

| Chemikalien | Summenformel | Menge | R-Sätze | S-Sätze | Gefahrensymbole | Schuleinsatz (HessGiss) |
|-----------------------|-----------------|--------|----------------------------|------------------------|-----------------|-------------------------|
| Styropor (Polystyrol) | $(C_8H_8)_n$ | 1 g | - | - | - | S 1 |
| Essigsäureethylester | $CH_3COOC_2H_5$ | 10 mL | 11-36-66-67 | 16-26-33 | F, Xi | S 1 |
| n-Hexan | C_6H_{14} | 100 mL | 11-38-48/20-51/53-62-65-67 | 9-16-29-33-36/37-61-62 | F, Xn, N | S 1 möglich (*) |

(*) Ersatzstoffprüfung besonders wichtig

Geräte und Materialien:

- 2 x 250 mL Becherglas
- 250 mL Erlenmeyerkolben
- Magnetrührer mit Rührfisch
- Petrischale
- Pinzette
- Waage
- Hebebühne

Versuchsaufbau:



Abb. 1: verwendete Chemikalien



Abb. 2: Wasserbad

Versuchsdurchführung:

In einem 250 mL Becherglas werden 200 mL Wasser bis zum Sieden erhitzt. Währenddessen werden in einem 250 mL Erlenmeyerkolben 1 g Styropor® (Polystyrol) eingewogen und mit 10 mL Essigsäureethylester versetzt. In ein zweites Becherglas werden 100 mL n-Hexan vorgelegt und die Essigsäureethylester-Lösung hinzu gegeben. Das Becherglas wird etwa 3 – 5 min lang umgeschwenkt, bis sich ein Zwischenprodukt am Gefäßboden gebildet hat. Dieses wird mit Hilfe einer Pinzette entnommen und zum Abdampfen des anhaftenden n-Hexans auf eine Petrischale gelegt und unter einen Abzug gestellt. Anschließend wird das Zwischenprodukt in das siedende Wasser überführt. Zum Schluss wird das Produkt gewogen und mit der eingesetzten Masse an Styropor verglichen.

Beobachtungen:

Es wurde eine Masse von $m(\text{Styropor}) = 1 \text{ g}$ eingesetzt. Das Polystyrol löste sich vollständig im klaren Essigsäureethylester, sobald es mit diesem in Kontakt kam. Es bildete sich eine trübe Lösung. Wurde diese Essigsäureethylester-Lösung in das n-Hexan gegeben, so bildete sich rasch ein trüber Festkörper, der sich am Gefäßboden absetzte. Der Gefäßboden war mit einer trüben, zähflüssigen Masse bedeckt, die sich mit einer Pinzette zu einem Klumpen formen und vom Gefäßboden abkratzen ließ. Das n-Hexan, das an dem Produkt anhaftete dampfte rasch ab. Sobald der Klumpen in Kontakt mit dem kochenden Wasser kam, schäumte er auf

und schwamm an der Wasseroberfläche. Das aufgeschäumte Produkt wies eine feste Konsistenz auf und ähnelte dem eingesetzten Produkt. Die Massenbestimmung des Produktes ergab $m(\text{Produkt}) = 1,18 \text{ g}$.



Abb. 3: Gelöstes Polystyrol

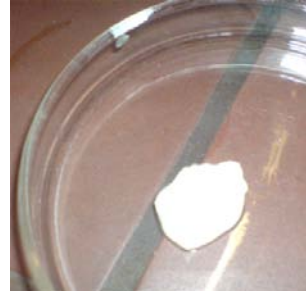


Abb. 4: Agglomeriertes Polystyrol



Abb. 5: Aufgeschäumtes Polystyrol

Entsorgung:

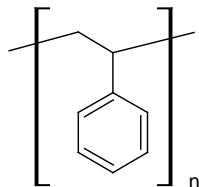
Das aufgeschäumte Produkt wurde getrocknet und in die Feststofftonne gegeben. Das Wasser des Wasserbads konnte in den Ausguss gegeben werden, da die n-Hexanspuren bei Kontakt mit dem kochenden Wasser vollständig in die Gasphase übergegangen sind. Das n-Hexan-Essigsäureethylester-Gemisch wurde neutral in den Sammelbehälter für organische Lösungsmittel gegeben.

Fachliche Analyse:

Eine Welt ohne Kunststoffe ist heutzutage kaum noch vorstellbar. Eine der gewünschten Eigenschaften von Kunststoffen ist deren Langlebigkeit und Beständigkeit gegenüber einer Vielzahl von Chemikalien. Werden die produzierten Gegenstände aber nicht mehr benötigt, so wird gerade diese Eigenschaft zum Problem. Gewöhnliche Kunststoffe können aufgrund ihrer chemischen Stabilität nicht kompostiert werden. Auch ist das Fassungsvermögen bestehender Mülldeponien begrenzt. Um dieses Problem zu bewältigen wurde nach Möglichkeiten gesucht, um die anfallenden Kunststoffe wieder zu verwerten, also zu recyceln. Einer dieser Stoffe, welche recycelt werden können ist Styropor®. Styropor® ist die aufgeschäumte Variante des Polystyrols. Es wird häufig als Stoßfänger in der Verpackungsindustrie oder als

Wärmeisolierender Baustoff eingesetzt. Seine Wärmeisolierende Eigenschaft erhält es durch zahlreiche Lufteinschlüsse zwischen den Polymerketten. Gase sind generell schlechte Wärmeleiter und eignen sich damit besonders gut als Bestandteil Wärmedämmender Materialien. Durch die Einbindung großer Gasbläschen im Polymernetz, erhält das Styropor® ein großes Volumen bei geringer Masse.

Bei Betrachtung des strukturellen Aufbaus eines Styrolpolymers, fällt auf, dass das Molekül keine polaren funktionellen Gruppen aufweist, also gänzlich unpolar ist.



Wird Polystyrol in ein unpolares Lösungsmittel gegeben, so löst es sich vollständig darin gemäß dem Grundsatz „Gleiches löst sich in Gleichem“. Besonders gut lässt es sich in dem ebenfalls unpolaren Lösungsmittel Essigsäureethylester lösen. Das Lösen der Polymere ist ein rein physikalischer Vorgang, bei dem keine chemische Veränderung eintritt. Die Moleküle des Lösungsmittels schieben sich dabei zwischen die Polymerketten und heben damit die teilkristalline Struktur des Styropors® auf. Dadurch können die eingeschlossenen Gase entweichen. Es bildet sich ein Agglomerat aus kompaktem Polystyrol, das sich am Gefäßboden absetzt. Dieses Agglomerat ist zähflüssig und leicht verformbar. Da das Lösungsmittel zwischen die einzelnen Polymerketten eindringt und intermolekulare Wechselwirkungen zwischen den Polymeren aufhebt, kann es als Weichmacher betrachtet werden. Es liegt nun in einer Form vor, in der es leicht zu neuen Artikeln verarbeitet werden kann. Um es erneut aufzuschäumen und damit zu Styropor® zu verarbeiten, wird ein unpolares, leicht flüchtiges Lösungsmittel zugegeben. In diesem Versuch wurde dazu n-Hexan verwendet, das einen Siedepunkt von 69 °C aufweist. Das ebenfalls unpolare n-Hexan dringt in sämtliche Zwischenräume der Polymere ein und umgibt die Moleküle vollständig. Wird nun das Polystyrol-Agglomerat in siedendes Wasser gegeben, so geht das n-Hexan sofort in die Gasphase über. Das gasförmige n-Hexan im Innern des Agglomerats versucht zu entweichen und nach außen zu dringen. Es fungiert dabei als Treibgas und „bläst“ das Polymer von innen her auf. Das Polystyrol erhält dabei eine luftige, leichte und großräumige Struktur. Die Styroporstruktur® ist wieder hergestellt.

Zum Aufschäumen des Polymers können sämtliche unpolaren, leichtflüchtigen Lösungsmittel verwendet werden. Besser als n-Hexan eignet sich dazu n-Pentan, da der Siedepunkt von n-Pentan bei 36 °C liegt. Damit geht das n-Pentan beim Kontakt mit dem 100 °C warmen Wasser noch schneller in die Gasphase über und ist damit ein noch besseres Treibmittel.

Methodisch-didaktische Analyse:

1. Einordnung

Der Versuch kann wie folgt in die Themengebiete des hessischen Lehrplans (G8) eingebettet werden.

| Jahrgangsstufe u. Unterrichtseinheit | Themengebiet |
|---|--|
| 11G.2 | <u>Synthetische Makromoleküle</u> : Klassifizierung von Kunststoffen; Aufbau von Makromolekülen; Reaktionstypen zur Verknüpfung von Monomeren zu Makromolekülen (Polymerisation, Polykondensation, Polyaddition); Zusammenhänge zwischen Struktur und Eigenschaften; Vor- und Nachteile bei der Verarbeitung und Verwendung; Umweltprobleme bei der Herstellung, Verarbeitung, Wiederverwertung und Beseitigung. |
| 12G.2 | <u>Natürliche und synthetische Makromoleküle und Feststoffgitter</u> : Kunststoffe (vgl. 11G.2): Klassifizierung (Duroplaste, Thermoplaste, Elastomere); Zusammenhang Struktur-Eigenschaften; Reaktionstypen zur Verknüpfung von Monomeren; Großtechnische Herstellung eines Kunststoffes; Polymere mit besonderen Eigenschaften. |

2. Aufwand

Alle verwendeten Geräte zählen zur Standardausrüstung einer Chemiesammlung. Der Versuchsaufbau ist schlicht und kann schnell realisiert werden. Das Temperieren des Wasserbades sollte gleich zu Beginn des Aufbaus gestartet werden, um zeitökonomisch zu arbeiten. Die verhältnismäßig große Menge an n-Hexan stellt den größten Kostenpunkt da. Hier kann allerdings auch auf kostengünstigere, unpolare Lösungsmittel wie z. B. Aceton zurückgegriffen werden um die Kosten zu senken. Der Versuch ist innerhalb einer Schulstunde durchführbar. Insgesamt ist das Experiment gut für den Schuleinsatz geeignet.

3. Durchführung

Das Lösen des Styropors in Essigsäureethylester ist auch aus größerer Entfernung gut zu erkennen. Das Agglomerieren des Styrols nach Zugabe des n-Hexans kann nur aus nächster Nähe beobachtet werden. Wird als unpolares Lösungsmittel Aceton eingesetzt, so kann das Zwischenprodukt bedenkenlos durch den Klassenraum gereicht werden. Auch das Aufschäumen des Zwischenprodukts zum Endprodukt kann nur in unmittelbarer Nähe zum Geschehen beobachtet werden. Die Verwendung von Polystyrol, Styrol und Essigsäureethylester im Schülerexperiment ist nach HessGiss ab der Sekundarstufe I möglich. Generell darf auch n-Hexan ab der Sekundarstufe I im Schülerexperiment verwendet werden. Allerdings ist bei

dieser Substanz eine Ersatzstoffprüfung vorgeschrieben. Als Ersatzstoffe eignen sich alle unpolaren Lösungsmittel mit einem Siedepunkt unterhalb von 100°C. Plant man den Versuch als Schülerversuch, so sollte auf den Einsatz von n-Hexan verzichtet werden.

Literatur:

- Versuchsvorschrift aus: <http://www.chemieunterricht.de/dc2/auto/a-v-ku03.htm>; Zugriff: 08.06.09.
- K. P. C. Vollhardt, N. E. Schore, **Organische Chemie, Dritte Auflage**, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, 2000.
- Reinhard Brückner, **Reaktionsmechanismen, 3. Auflage**, Elsevier GmbH, München, 2004.
- **HessGiss**, V 11.0 – 2006/2007.
- www.dguv.de, **GESTIS-Stoffdatenbank**, 2009, Zugriff: 09.06.09
- **Lehrplan Chemie, Gymnasialer Bildungsgang, Jahrgangsstufen 7G bis 12G**, Hessisches Kultusministerium 2008.