

Organisch-chemisches Praktikum für Studierende des Lehramts

WS 08/09

Praktikumsleitung: Dr. Reiß

Assistent: Jan Schäfer

Name: Sarah Henkel

Datum: 19.12.2008

Gruppe 13: Polymere

Versuch: Nylon-Seil-Trick (Selbst)

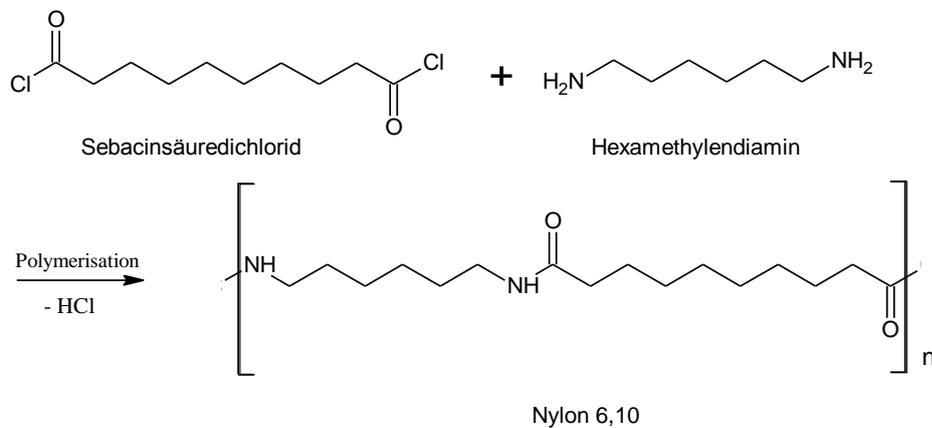
Zeitbedarf

Vorbereitung: 5 Minuten

Durchführung: eigentlich unbegrenzt, im Schülerversuch sollten aber 10-20 Minuten reichen

Nachbereitung: 5 Minuten

Reaktionsgleichung



(1)

Chemikalien

Tab. 1: Verwendete Chemikalien.

Eingesetzte Stoffe	Formel	Menge	R-Sätze	S-Sätze	Gefahrensymbole	Schul-einsatz
Sebacinsäure-dichlorid	Cl-OC-(CH ₂) ₄ -CO-Cl	2 g	34-37	1/2-26-36/37/39-45	C	S I
Petrolether		50 mL	11-52/53-65	9-16-23-24-33-62	F, Xn	S I
Hexamethylen-diamin (1,6-Diaminohexan)	H ₂ N-(CH ₂) ₆ -NH ₂	3 g	21/22-34-37	1/2-22-26-36/37/39-45	C	S I
Natriumcarbonat	Na ₂ CO ₃	0,5 g	36	2-22-26	Xi	S I
Wasser	H ₂ O	50 mL	-	-	-	S I

Geräte

- Becherglas (250 mL)
- Becherglas (100 mL)
- Glasstab
- Pinzette

Aufbau

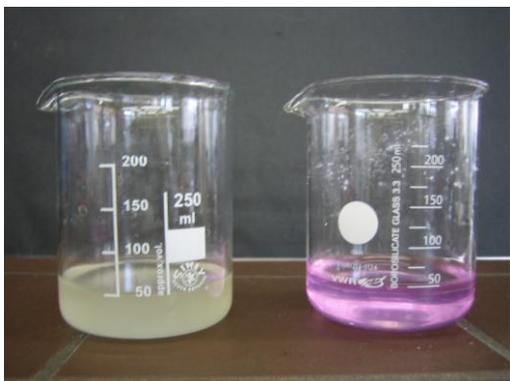


Abb. 1: links Petrolether mit Sebacinsäure, rechts Wasser mit Hexamethylen-diamin und Natriumcarbonat.



Abb. 2: übereinandergeschichtete Lösungen.

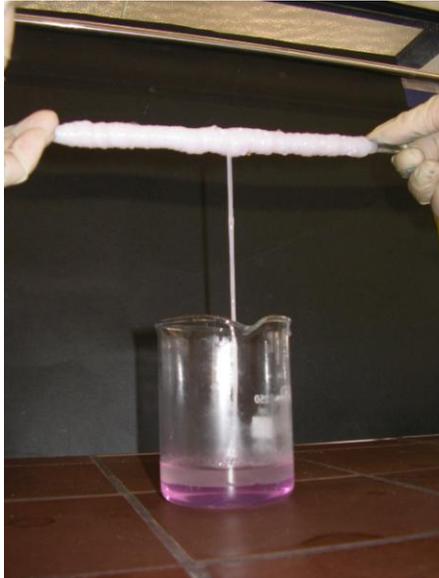


Abb. 3: Nylonfaden.

Durchführung

In einem Becherglas werden 2 g Sebacinsäuredichlorid in 50 mL Petrolether gelöst. In einem zweiten Becherglas werden 3 g Hexamethyldiamin und 0,5 g Natriumcarbonat in 50 mL Wasser gelöst. Der Petrolether wird vorsichtig über die wässrige Lösung gegeben, sodass zwei Phasen entstehen. Zur besseren Unterscheidung der beiden Phasen kann etwas Phenolphthalein in die wässrige Lösung gegeben werden. Mit einer Pinzette kann dann an der Grenze der beiden Phasen ein Faden herausgezogen werden, der mithilfe eines Glasstabes aufgewickelt wird.

Beobachtung

Beim Mischen der Komponenten entstanden zunächst zwei farblose Lösungen, von denen die Petrolether-Phase etwas milchiger ist. Zur besseren Unterscheidung wurde die wässrige Phase mit Phenolphthalein eingefärbt. Zwischen beiden Schichten war eine Haut zu erkennen, die die Phasengrenze bildete. Beim Herausziehen dieser Haut mit einer Pinzette, konnte ein Faden mit einem Glasstab aufgewickelt werden. Der Faden ließ sich erstaunlich gut aufwickeln und riss dabei nicht ein. Der Faden war jedoch insgesamt sehr dick und wässrig. Bei dem Versuch, ihn anschließend wieder vom Glasstab abzuwickeln riss er jedoch mehrfach ein.

Entsorgung

Das Nylon wird in die Feststofftonne entsorgt. Die Lösungsreste werden neutral in den Behälter für organische Lösungsmittel gegeben.

Fachliche Auswertung der Versuchsergebnisse

Polymere können unterschiedlich aufgebaut sein. Zum einen können sie aus nur einem einzigen Monomer bestehen, das sich immer wieder wiederholt. In diesem Fall spricht man von Homopolymeren. Oder sie bestehen aus zwei oder mehreren Monomeren und werden dann Copolymere genannt. Bei den Copolymeren existieren vier verschiedene Typen:

- 1) Alternierende Copolymere **ABABABABABABABABABA**
- 2) Block-Copolymere **AAAABBBBBAAAABBBBBAAA**
- 3) Zufalls-Copolymere **AABABABBABAABBABBAB**
- 4) Pfropf-Copolymere **AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA**
 B B B
 B B B
 B B B
 B B B

Die erste Gruppe beinhaltet die Copolymere, die aus Monomereinheiten, die sich in strenger Reihenfolge abwechseln. Bei den Block-Copolymeren sind die Polymere aus „Blöcken“ von homogenen Monomeren zusammengesetzt. Zufalls-Copolymere basieren auf der willkürlichen Zusammensetzung der Monomere zu einem Polymer und Pfropf-Copolymere besitzen verzweigte Stellen, bei denen die Seitenketten aus homogenen Monomerfolgen bestehen.

Copolymere können sich genauso wie Homopolymere entweder durch Kettenwachstumspolymerisation oder Stufenwachstumspolymerisation bilden. Bei der Stufenwachstumspolymerisation handelt es sich um eine Reaktion bei der entweder ein Molekül zwei verschiedene funktionelle Gruppen besitzen muss oder bei dem zwei Moleküle mit unterschiedlichen (jedoch innerhalb des Moleküls gleichen) funktionellen Gruppen miteinander in Reaktion treten. Bei diesen Reaktionen wird unter Zusammentritt dieser beiden Moleküle ein kleineres Molekül (z.B. Wasser) abgespalten. Die so gebildeten Polymere werden auch Kondensationspolymere genannt. Anders als bei Kettenwachstumsreaktion verläuft das Stufenwachstum der Polymere nicht in einer Kettenreaktion. In diesem Fall bilden sich zunächst Dimere und Trimere

und keine langen Ketten. Der Ablauf dieser Reaktion ist schematisch in Abbildung 3 wiedergegeben.

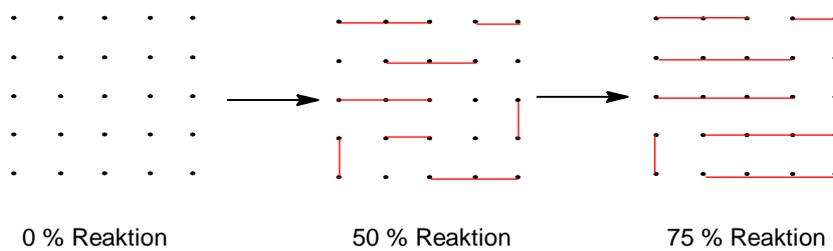


Abb. 4: Das Fortschreiten einer Stufenwachstumspolymerisation.

Über die Stufenwachstumspolymerisation werden zum Beispiel auch Polyamide gewonnen. Sie setzen sich aus Monomeren, die eine Carboxylfunktion und eine Aminofunktion haben zusammen. Dabei ist es egal, ob beide funktionellen Gruppen in einem Molekül vorhanden sind oder nicht. Wichtig ist nur, dass diese beiden funktionellen Gruppen miteinander reagieren, ob sie nun von einem oder von zwei Molekülen stammen. Zu den Polyamiden gehört auch das Nylon (Trivialname eines synthetischen Polyamids), das 1931 zum ersten Mal von Wallace Carothers (1896 – 1937) synthetisiert wurde. Er und sein Team entdeckten auch ein Jahr zuvor das Neopren. Der Öffentlichkeit wurde Nylon das ersten Mal 1939 vorgestellt, doch kam es erst nach dem zweiten Weltkrieg zur Vermarktung, da die Militärs die Erfindung für die Herstellung reißfester Fallschirme benutzten. Heutzutage wird es aufgrund der Reißfestigkeit für Bergsteigerseile, Abschleppseile, Angelschnüre, Fischernetze, Tennisschlägerbespannungen, Federbälle, Insektenschutznetze und in Lagern und Getrieben verwendet. Weiterhin dient es natürlich auch der Herstellung von Strumpfwaren. Nylon existiert in unterschiedlichen Typen, die sich in ihrer Verbindung unterscheiden. Das Nylon-6 (Handelsname Perlon) besteht aus nur einem Monomer, der 6-Aminohexansäure. Technisch wird es jedoch aus dem ϵ -Caprolactam gewonnen. Mit dem Nylon-6 verwandt ist das Nylon-66. Es besteht aus zwei unterschiedlichen Monomeren, der Adipinsäure (Hexandicarbonsäure) und dem 1,6-Hexandiamin. Die Zahlen im Namen von Nylon-66 ergeben sich aus der Anzahl der Kohlenstoffatome der beiden Monomere. Beides mal sind es Ketten von sechs Kohlenstoffatomen. Technisch wird Nylon aus Adipinsäure und 1,6-Hexandiamin durch Polykondensation gewonnen. Die Säure protoniert jedoch das Amin, sodass ein Doppelsalz entsteht. Die Polykondensation tritt dann erst bei 270 °C und 18 bar ein.

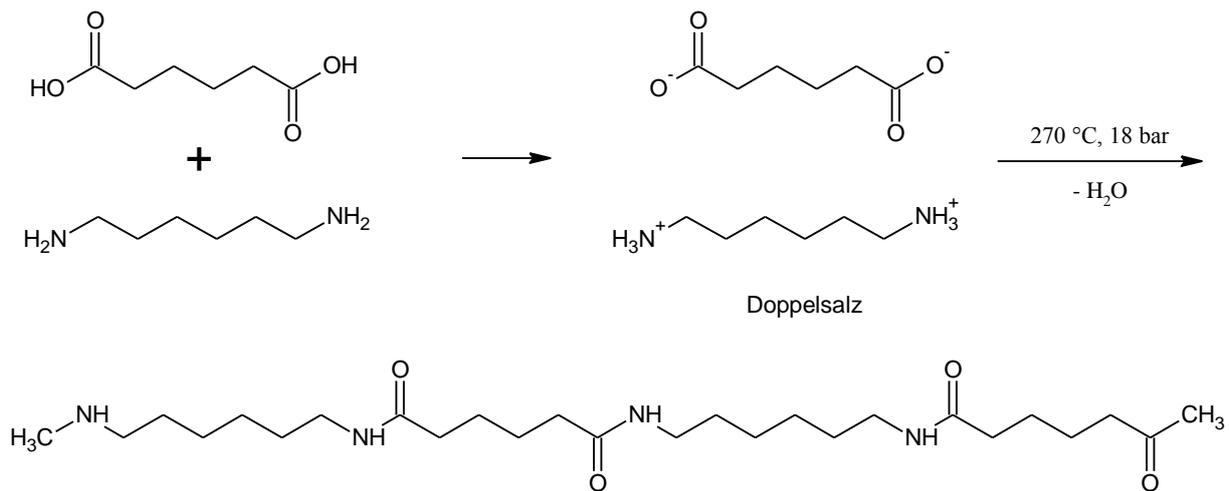


Abb. 5: Technische Gewinnung des Nylons.

Im Labor wird das reaktivere Säurechlorid der Adipinsäure verwendet, da unter diesen Umständen nicht die hohe Temperatur und der hohe Druck für eine Polymerisation benötigt werden. In dieser Kondensation wird anstelle des Wassers Chlorwasserstoff abgespalten.

In diesem Versuch wurde jedoch Sebacinsäuredichlorid verwendet, da kein Adipinsäuredichlorid vorhanden war. Der Versuch funktionierte damit aber sehr gut. Der Unterschied ist lediglich, dass statt des Nylon-66 das Nylon-610 entstanden ist.

Der Mechanismus besteht aus einer Amidbildung, bei der das freie Elektronenpaar vom Stickstoff am Kohlenstoffatom mit dem doppelt gebundenen Sauerstoffatom angreift. Dieser erste Schritt ist eine Addition, bei der sich kurzzeitig die Doppelbindung zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff zu einer Einfachbindung verändert. Das Halogenid (Chlorid) ist eine gute Abgangsgruppe, sodass dieses abgespalten wird und sich die Doppelbindung zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff neu ausbilden kann. Dieser Schritt besteht in einer Eliminierung. Die Reaktion ist folglich eine Additions-Eliminierungs-Reaktion.

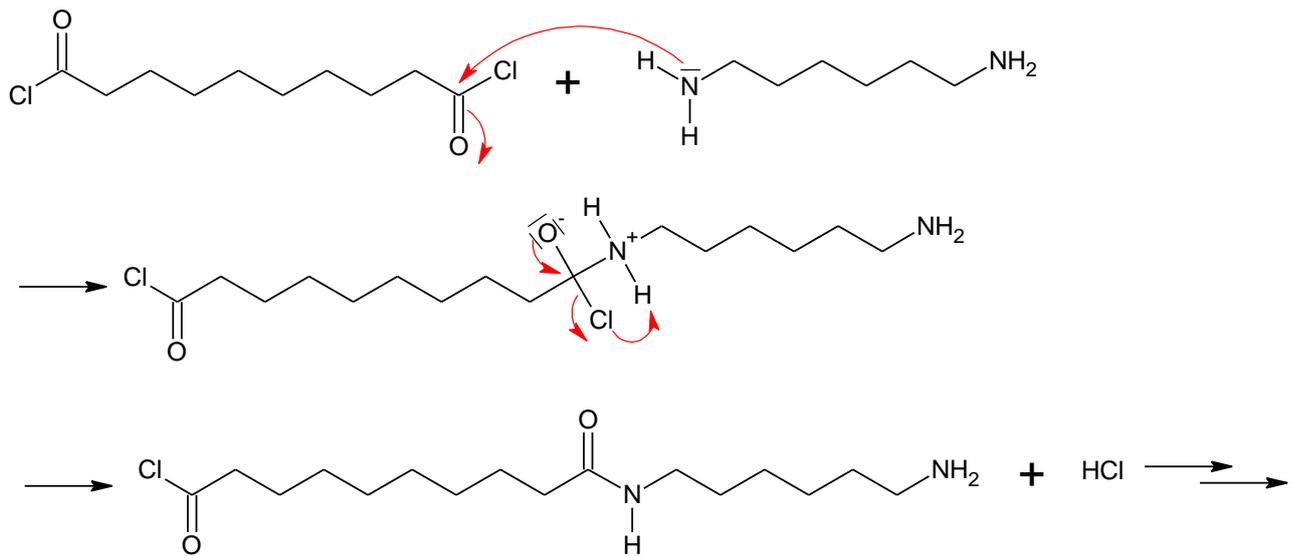


Abb. 6: Mechanismus der Amidbildung.

Methodisch-Didaktische Analyse

1 Einordnung

Die Herstellung von Nylon ist ein schöner Versuch, der sehr anschaulich ist und zum Thema Kunststoffe durchgeführt werden kann. Dieses Thema ist Teil der Jahrgangstufe 11 und wird dort im zweiten Halbjahr behandelt. Es ordnet sich dem Grundthema synthetische Makromoleküle unter und sollte neben deren Struktur und Funktion auch die Herstellung von Polymeren enthalten. Nylon ist ein gutes Beispiel für eine Synthese eines Kunststoffes, denn jeder hat in irgendeinem Bezug schon einmal etwas von Nylon gehört. Es ist somit für die Schüler nichts Neues. In der Jahrgangstufe 12 ist das Thema Kunststoffe noch einmal Teil der angewandten Chemie und kann in diesem Rahmen noch einmal behandelt werden.

2 Aufwand

Der Aufwand für diesen Versuch ist nicht sehr groß, da keine besonderen Materialien für den Aufbau benötigt werden und die Chemikalien auch nicht so außergewöhnlich sind, dass sie entweder nicht an der Schule vorhanden sind oder schwer zu bekommen sind. Ein weiterer Vorteil ist hier, dass man auf andere Chemikalien ausweichen kann. So können sowohl Adipinsäuredichlorid als auch Sebacinsäuredichlorid für die Reaktion eingesetzt werden. Der zeitliche Aufwand ist sehr stark davon abhängig, wie gut sich der Faden aufwickeln lässt und wie viel Faden aus dem Ansatz gewonnen werden soll. Die Vor- und Nachbereitung sind jeweils kurz vor und kurz nach der Stunde zu machen, da dies nicht viel Zeit beansprucht.

3 *Durchführung*

Da alle Chemikalien für die Benutzung in der Sekundarstufe I zugelassen sind, bietet es sich an, den Versuch als Schülerversuch durchführen zu lassen. Jedoch sollte man in diesem Fall eine zeitliche Begrenzung geben, da der Versuch auch keine Ende finden kann, wenn man versucht, solange einen Faden aus dem Reaktionsgefäß zu ziehen, bis keine Edukte mehr vorhanden sind. Dann sollte man unbedingt darauf achten, dass bei diesem Versuch der praktische Teil vom theoretischen getrennt wird und somit auch die Stunde in zwei Teile geteilt wird – eine Experimentierphase und eine Theoriephase. Es ist sonst möglich, dass manche Schüler während der Besprechung der Theorie weiter damit beschäftigt sind, einen Faden aufzuwickeln und folglich nicht am Unterrichtsgeschehen teilnehmen.

Literatur

- [1] Wiechoczek, Dagmar: Herstellung von Nylon. Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie. <http://www.chemieunterricht.de/dc2/auto/a-v-kst2.htm>. (12.01.2009).
- [2] Soester Liste. Version 2.7.
- [3] Hessischer Lehrplan: Chemie. 2008.
- [4] Bruice, Paula Y.: Organische Chemie. 5., aktualisierte Auflage. Pearson Studium. München 2007.
- [5] Vollhardt, K. P. C. und Neil E Schore: Organische Chemie. Übersetzungs-Hrsg: Holger Butenschön. Vierte Auflage. WILEY-VCH. Weinheim 2005.
- [6] Brückner, Reinhardt: Reaktionsmechanismen. Organische Reaktionen, Stereochemie, moderne Synthesemethoden. 3. Auflage. Spektrum Akademischer Verlag. Heidelberg, Berlin, Oxford 1996.
- [7] Robinson, J. A.: Organische Chemie für die Biologie. Carbonsäuren und ihre Derivate - Nucleophile Substitutionen. 11.3 Acidität von Carbonsäuren. http://www.oci.uzh.ch/edu/lectures/material/AC_BII/Kap11/kap11.html. (10.02.2009).