

Experimentieranleitung für die Oberstufe



Kunststoffe



Juniorlabor
Merck // TU Darmstadt

Name:

Datum:

Willkommen im Merck-TU Darmstadt-Juniorlabor

Das Thema, mit dem wir uns heute beschäftigen heißt:

Kunststoffe

Inhaltsübersicht

<u>Allgemeine Laborregeln</u> : Sicheres Arbeiten im Labor	3
<u>Einleitung</u>	4
<u>Versuch 1</u> : Synthese von Polydimethylsiloxan	8
<u>Versuch 2</u> : Wirkung von Lefax	11
<u>Versuch 3</u> : „Nylon-Seil-Trick“	14
<u>Versuch 4</u> : Auflösen von Styropor	18
<u>Versuch 5</u> : Superabsorber	19
<u>Versuch 6</u> : Herstellung von „New Slime“ ¹	20

¹ A. Brink, S. Hubricht, *CHEMKON* **2014**, 21, 23–27

Allgemeine Laborregeln

Sicheres Arbeiten im Labor

1. Im Labor müssen Schutzbrille und Kittel getragen werden!
2. Im Labor darf weder gegessen noch getrunken werden!
3. Jeder Hautkontakt mit Chemikalien ist zu vermeiden!
4. Das Labor darf nur mit festem Schuhwerk und langer Beinkleidung betreten werden.
5. Lange Haare sollten zusammengebunden werden.
6. Jacken und Taschen dürfen nicht ins Labor mitgenommen werden!
7. Im Labor müssen alle Gefäße in denen Chemikalien sind beschriftet werden.
8. Lesen Sie vor jedem Experiment genau die Versuchsanleitung.
9. Fragen Sie bei Problemen die Betreuer*innen.
10. Lassen Sie den Versuchsaufbau stets von einem/r Betreuerin kontrollieren!
11. Lesen Sie die Beschriftung von Chemikalien genau, bevor Sie sie verwenden.
12. Gehen Sie sorgfältig und sachgerecht mit allen Laborgeräten um!
13. Abfälle dürfen nicht ohne Erlaubnis in den Ausguss entsorgt werden. In der Regel stehen Kanister zur Entsorgung bereit. Achten Sie auf die Anweisungen zur Entsorgung von Chemikalienabfällen. Fragen Sie auch hier im Zweifel immer einen Betreuer.
14. Halten Sie die Laborräume sauber!
15. Wenn Sie beim Experimentieren mit Chemikalien in Kontakt gekommen sind, waschen Sie die Hautstelle sofort ab!
16. Chemikalien darf man nicht probieren.
17. Prüfen Sie den Geruch einer Chemikalie stets durch Zufächeln!
18. Waschen Sie sich beim Verlassen des Labors unbedingt die Hände!

Einleitung:

Silikone²

Silicium ist nach Sauerstoff das zweithäufigste Element in der Erdkruste. Im Periodensystem steht es in der 4. Hauptgruppe direkt unter Kohlenstoff. Das Element ist Bestandteil vieler Mineralien, der sogenannten Silikate.

Obwohl Kohlenstoff und Silicium im Periodensystem so dicht beieinanderstehen, gibt es doch erhebliche Unterschiede. Vergleicht man die Oxide CO_2 und SiO_2 , wird dies besonders deutlich. Kohlenstoff bildet zwei Doppelbindungen zu den Sauerstoffatomen aus. CO_2 ist ein diskretes Molekül. Als Element der dritten Periode bildet Silicium bevorzugt Einfachbindungen zum Sauerstoff aus („Doppelbindungsregel“). SiO_2 ist die (empirische) Formel von Quarzsand. In einem Quarzkristall sind die Siliciumatome über Sauerstoffatome verbrückt, wobei ein Siliciumatom jeweils von vier Sauerstoffatomen umgeben ist. Auf diese Weise entsteht ein ausgedehntes diamantartiges Kristallgitter.

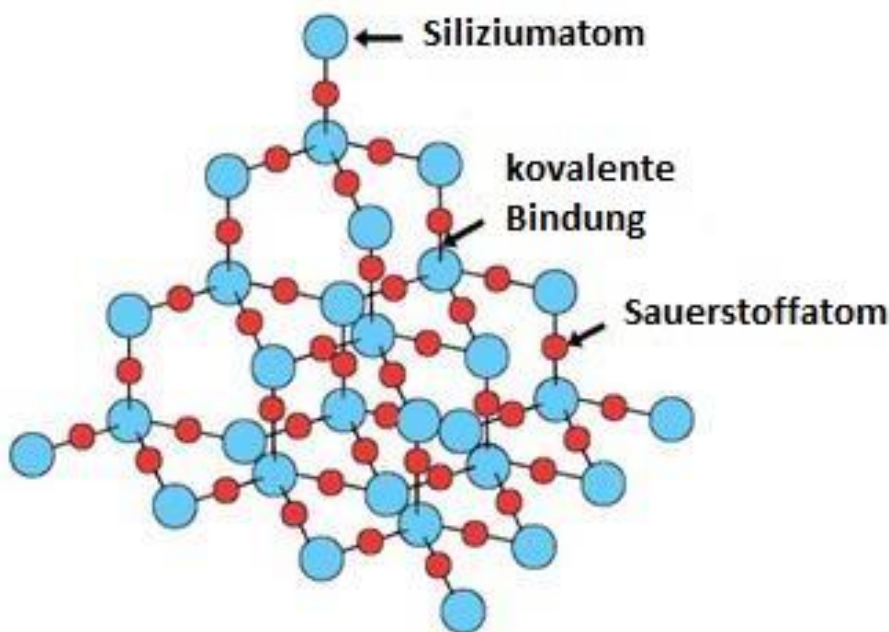


Abbildung 1: SiO_2 -Kristallgitter

² Prof. Dr. Oskar Nuyken, Dr.-Ing. Heidi Samarian, Dr. Ilse Wurdack,
<http://www.chemgapedia.de/vsengine/vlu/vsc/de/ch/9/mac/stufen/polykondensation/silicone/silicon.vlu.html>

Silikone sind synthetische Polymere, bei denen Siliciumatome über Sauerstoffatome verknüpft sind. Die Siliciumatome tragen außerdem organische Reste (meist Methylgruppen, gelegentlich auch andere Alkylreste) und sind daher den siliciumorganischen Verbindungen zuzurechnen. Die Bezeichnung „Silikone“ wurde Anfang des 20. Jahrhunderts von dem englischen Chemiker Frederic Stanley Kipping (1863–1949) eingeführt.

Silikone bestehen aus Molekülketten und/oder -netzen auftreten. Aufgrund ihres typisch anorganischen Gerüsts einerseits und der organischen Reste andererseits nehmen Silikone eine Zwischenstellung zwischen anorganischen und organischen Verbindungen ein, insbesondere zwischen Silikaten und organischen Polymeren. Sie sind in gewisser Weise Hybride und weisen ein einzigartiges Eigenschaftsspektrum auf, das von keinem anderen Kunststoff erreicht wird.

Herstellung von Methylchlorsilanen

Die **Müller-Rochow-Synthese** ist ein Verfahren für die großtechnische Herstellung von Methylchlorsilanen. Methylchlorsilane sind Zwischenprodukte bei der Herstellung von Silikonen. In einem Reaktor wird bei 350 °C Siliciumpulver mit Chlormethan durchströmt. Als Katalysator dient Kupfer, welches elementar oder z. B. in Form von Kupferoxid eingesetzt wird.

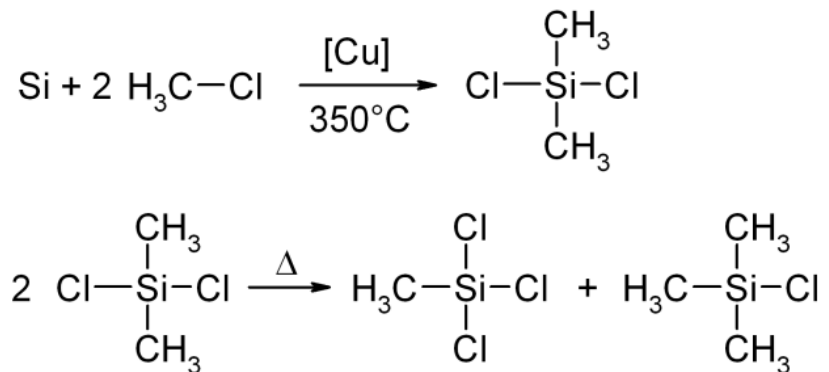


Abbildung 2: Müller-Rochow-Synthese

Die dabei entstehende Silanmischung enthält das Hauptprodukt Dichlordimethylsilan (in Konzentrationen von 70–90%) aber auch Methyltrichlorsilan, Trimethylchlorsilan, Dimethyltetrachlordisilan und andere Silane. Diese müssen durch fraktionierte Destillation voneinander getrennt werden, was schwierig ist, da die Siedepunkte der Produkte sehr dicht beieinanderliegen.

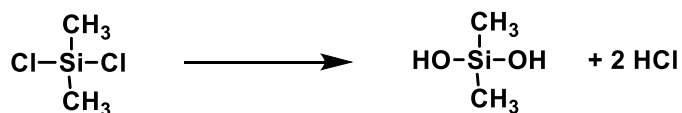
Tabelle 1: Verschiedene Silane und ihre Siedepunkte.

Name	Formel	Siedepunkt
Chlordimethylsilan	$(\text{CH}_3)_2\text{HSiCl}$	35 °C
Dichlormethylsilan	$(\text{CH}_3)\text{HSiCl}_2$	41 °C
Chlortrimethylsilan	$(\text{CH}_3)_3\text{SiCl}$	57 °C
Trichlormethylsilan	$(\text{CH}_3)\text{SiCl}_3$	66 °C
Dichlordimethylsilan	$(\text{CH}_3)_2\text{SiCl}_2$	70 °C
Trichlortrimethylidisilan	$(\text{CH}_3)_3\text{Si}_2\text{Cl}_3$	152 - 156 °C
Tetrachlordimethylidisilan	$(\text{CH}_3)_2\text{Si}_2\text{Cl}_4$	152 - 156 °C
Höhere Silane		> 156 °C

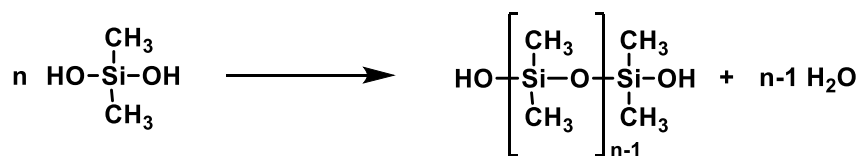
Hydrolyse von Methylchlorsilanen

Bei der Hydrolyse der Methylchlorsilane werden die Chloratome durch Hydroxy-Gruppen ersetzt. Dabei entsteht Chlorwasserstoff. Die aus Dimethyldichlorsilan entstehenden Silanole kondensieren sofort zu einer Mischung aus oligomeren hydroxyterminierten Ketten und Cyclosiloxanen.

Hydrolyse von Dichlordimethylsilan

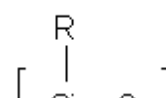


Polykondensation von Dimethylsilandiol



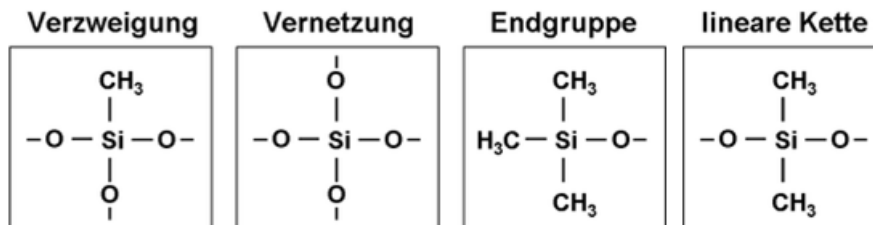
Nomenklatur und Bau

Die Silicone werden systematisch als Polyorganosiloxane bezeichnet. Siloxane sind Organo-Siliciumverbindungen, in denen die Siliciumatome über Sauerstoffatome miteinander verbunden sind. Sie nehmen eine Zwischenstellung zwischen den anorganischen Silikaten und den organischen Polymeren ein. Den Namen "Silicone" erhielten sie bei ihrer Entdeckung: Der britische Chemiker Frederick Stanley Kipping hatte die Absicht, Silicium-basierte Ketone der Summenformel R_2SiO zu synthetisieren. Im Gegensatz zur C-O-Doppelbindung ist eine Si-O-Doppelbindung



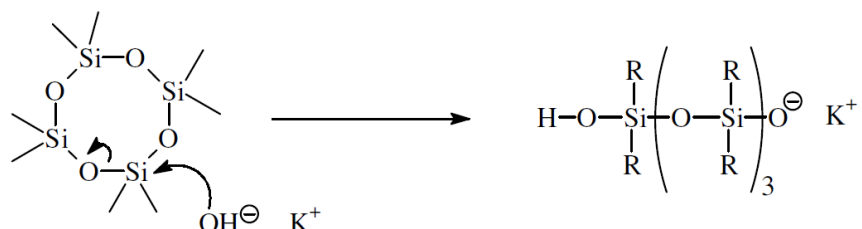
jedoch nicht stabil. Kipping erhielt zähflüssige Öle, deren Dimethylsilyl-Einheiten über Si-O-Si-Bindungen (Siloxanbindungen) verknüpft waren.

Diese Struktur entspricht einem linearen kettenförmigen Molekülaufbau. Ist ein Siliciumatom an drei oder vier Sauerstoffatome gebunden, so tritt dort eine Verzweigung auf. Die Siloxaneinheiten werden dementsprechend als mono-, di-, tri- oder tetrafunktionell bezeichnet. Dafür haben sich Kurznotationen eingebürgert:



Möglichkeiten des Molekülaufbaus:	
Lineare Polysiloxane	<ul style="list-style-type: none"> Bautyp [MD_nM] fallen als Öle an
Cyclische Polysiloxane	<ul style="list-style-type: none"> Bautyp [D_n] Bedeutsame Cyclosiloxane [D₃] (Hexamethylcyclotrisiloxan) [D₄] (Octamethylcyclotetrasiloxan) [D₅] (Decamethylcyclopentasiloxan) dienen z.B. als Ausgangsstoffe für die basisch oder sauer katalysierte Ringöffnungspolymerisation
Verzweigte Polysiloxane	<ul style="list-style-type: none"> Bautyp [M_nD_mT_oQ_p]. tri- oder tetrafunktionelle Siloxaneinheiten als Verzweigungsstellen
Vernetzte Polysiloxane	<ul style="list-style-type: none"> Ketten- oder ringförmige Moleküle über eine erhebliche Anzahl T- und Q-Einheiten zu zwei- oder dreidimensionalen Netzwerken verknüpft







Abbildung: Ringöffnungspolymerisation von cyclischen Polysiloxanen



Versuch 1:

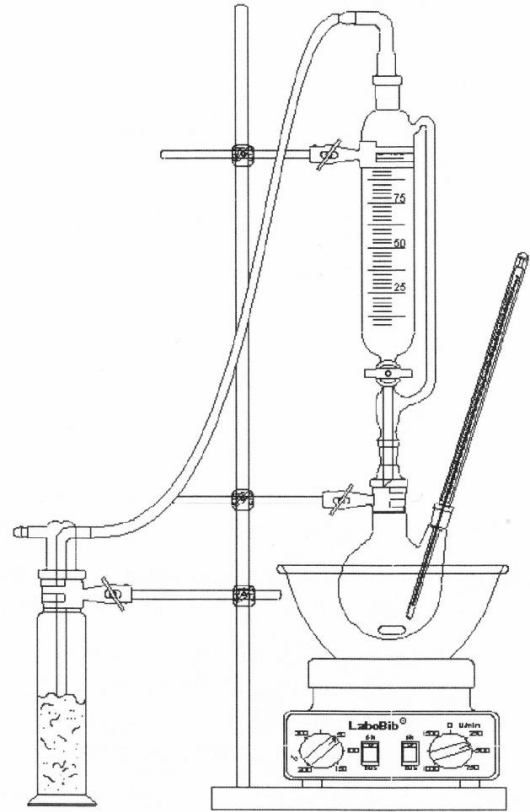
Synthese von Polydimethylsiloxan

Chemikalien:

Stoff	Gefahrstoffe H- und P-Sätze	GHS-Symbol (Signalwort)		
Dichlordimethylsilan	<p>H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H331: Giftig bei Einatmen. H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. EUH014: Reagiert heftig mit Wasser. EUH071: Wirkt ätzend auf die Atemwege. P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen. P261: Einatmen von Dampf vermeiden. P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen. P305+P351+P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.</p>	 (Gefahr)		
Kaliumhydroxid	<p>H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutztragen. P301+P330+P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen. P305+P351+P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P308+P310: BEI Exposition oder falls betroffen: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.</p>	 (Gefahr)		
<i>tert</i> -Butylmethylether	<p>H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. H315: Verursacht Hautreizungen. P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen. P233: Behälter dicht verschlossen halten. P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden. P302+P352: BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen. P403+P235: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren. Kühl halten.</p>	 (Gefahr)		
gesättigte Natriumhydrogencarbonat Lösung		-		
Maßnahmen/Gebote				
 Schutzbrille tragen!	 Kein offenes Feuer/keine Zündquellen!	 Auf gute Belüftung achten!	 Abzug benutzen!	 Schutzhandschuhe tragen!

Aufbau:

- Bauen Sie ein Stativ auf und stellen einen Heizrührer auf die Bodenplatte.
- Darauf kommt eine Schüssel als Eisbad.
- Befestigen Sie einen 250 ml-Zweihalskolben mit Klammer und Muffe am Stativ.
- Befüllen Sie den Kolben mit 125 ml Wasser.
- Geben Sie durch die große Öffnung einen elliptischen Magnetrührkern zu.
- Stecken Sie ein Thermometer auf.
- Der Kolben wird in dem Eisbad gekühlt.
- Setzen Sie über ein Reduzierstück (NS29 / NS14) einen Tropftrichter mit Druckausgleich auf und befestigen ihn.
- Stellen Sie mithilfe einer Schliffolive die Verbindung über den oberen Schliff des Tropftrichters zu einem Schlauch her.
- Verbinden Sie den Schlauch mit einer Waschflasche (zu dem Rohr, das fast bis auf den Boden der Waschflasche reicht).
- Befüllen Sie die Waschflasche mit etwa 40 g Kaliumhydroxid-Plätzchen (man gibt die KOH-Plätzchen in die Waschflasche, hält sie waagrecht und steckt in waagerechter Lage den Aufsatz hinein). Das Kaliumhydroxid soll das entstehende HCl-Gas absorbieren.
- Wenn Sie alles vorbereitet haben, füllen Sie mit Hilfe eines Trichters 50 ml Dichlordimethylsilan in den Tropftrichter (Achtung! Hahn muss zu sein!) und setzen Sie sofort den Schlauch zur Waschflasche auf.
- **Vorsicht:**
 - Bei Kontakt des Dichlordimethylsilans mit Wasser bzw. Luftfeuchtigkeit bildet sich HCl-Gas.
 - Trockene Messzylinder verwenden, Abfüllen im Abzug und sofortiges Schließen der Apparatur nach Befüllung!



Anleitung:

- Lassen Sie nun unter Rühren und Eiskühlung langsam (etwa zwei Tropfen pro Sekunde) das Dichlordimethylsilan zutropfen, (**Vorsicht: Wärmeentwicklung!**). Die Innentemperatur sollte 40 °C nicht übersteigen!
- **Ziehen Sie Handschuhe an.** Überführen Sie nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur die Reaktionsmischung aus dem Zweihalskolben in einen 500 ml-Scheidetrichter, geben Sie danach etwa 75 ml *tert*-Butylmethylether (MTBE) zu. Die ätherische Phase befindet sich über der wässrigen Phase.
- Überführen Sie das Silikon durch kräftiges Schütteln in die *tert*-Butylmethylether-Phase. Belüften Sie nach jedem Schütteln den Scheidetrichter.
- Lassen Sie die untere wässrige Phase in ein Becherglas ablaufen.
- Waschen Sie dann die Etherphase, die jetzt das Silikon enthält, nacheinander einmal mit etwa 75 ml gesättigter Natriumhydrogencarbonat-Lösung und anschließend einmal mit etwa 75 ml Wasser.
- Entsorgen Sie alle wässrigen Phasen in dem Lösungsmittelabfallkanister.
- Überführen Sie nun die Etherphase in ein Becherglas und versetzen Sie mit etwa zwei Spatellöffeln Natriumsulfat und rühren So lange bis die Trübung der Lösung, die durch feine Wassertröpfchen hervorgerufen wird, verschwindet.
- Filtrieren Sie das Gemisch über einen Faltenfilter in einen 250 ml-Rundkolben.
- Das Team hilft beim nächsten Arbeitsschritt, bei dem der Rundkolben an einen Rotationsverdampfer angeschlossen und der Ether ab destilliert wird
- Beginnen Sie mit der Einstellung „Automatik“. Wenn der Druck auf 100 mbar abgesunken ist, schalten Sie mit der Taste „mode“ auf den Vakuumcontroller um ($p > 100$ mbar). Wenn nichts mehr übergeht, brechen Sie das Abrotieren ab (Taste: „Start/Stop“; Taste „vent“). Wenn Normaldruck erreicht ist, können Sie den Kolben abhängen. Es bleibt das Oligosiloxangemisch als Rückstand im Kolben.



Entsorgung:

**Entsorgen Sie alle Flüssigkeiten in dem Lösungsmittelabfallkanister.
„Kontaminierter Feststoffabfall“ entsorgen Sie in der blauen Tonne.**

Versuch 2:

Wirkung von Lefax

Bei der Verdauung von manchen Nahrungsmitteln bildet sich durch die Verdauungsenzyme und die Darmbewegungen Schaum. Dieser Schaum kann ein Völlegefühl, Bauchschmerzen und Blähungen verursachen. Dieser Versuch zeigt modellhaft, wie das Arzneimittel Lefax® diese Beschwerden beseitigen kann.

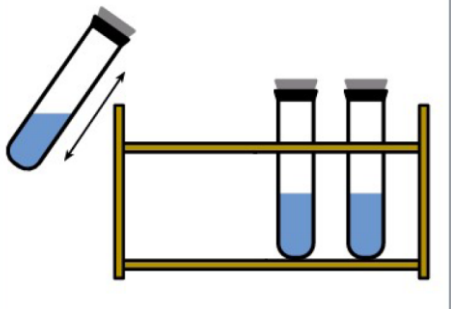
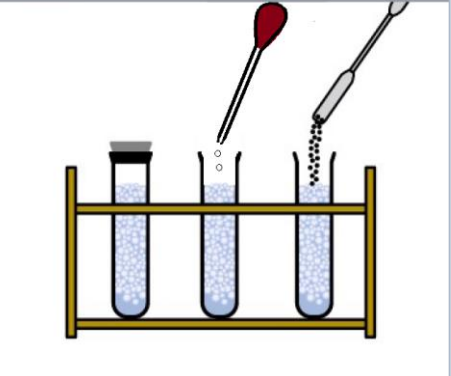
Geräte:

Mörser mit Pistill, Messzylinder, 3 Reagenzgläser mit Stopfen (oder Schnappdeckelgläser), Reagenzglasständer, Spatel.

Chemikalien:

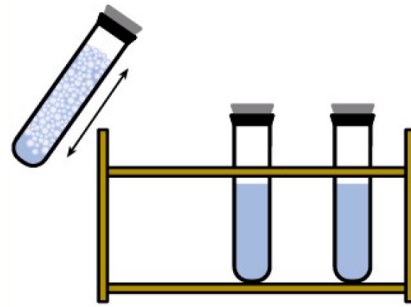
Wasser, Spülmittel, eine Lefaxtablette®, Silikonöl aus Versuch 1

Anleitung:

<p>Bereiten Sie drei Reagenzgläser vor: Füllen Sie in jedes Reagenzglas mit dem Messzylinder 10 ml Wasser und geben Sie je einen Tropfen Spülmittel hinzu. Verschließen Sie die Reagenzgläser mit einem Stopfen und schütteln Sie den Inhalt kräftig.</p>	<p>1. Schritt</p> 
<p>Reagenzglas 1 dient als Vergleichslösung. Tropfen Sie in das zweite Reagenzglas mit einer Pipette 2-3 Tropfen des zuvor hergestellten Silikonöls. Zerstoßen Sie eine Lefaxtablette® im Mörser zu einem feinen Pulver. und streuen Sie ein wenig Pulver in das dritte Reagenzglas.</p>	<p>2. Schritt</p> 

Verschließen Sie dann die Reagenzgläser mit einem Stopfen und schütteln den Inhalt nochmals kräftig durch.

3. Schritt



Aufgabe:

Beobachten und vergleichen Sie die Schaumbildung in allen Reagenzgläsern.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....











Entsorgung:

**Die Lösungen können in den Ausguss gegeben werden.
Feststoffe dieses Versuchs können im Restmüll entsorgt werden.**

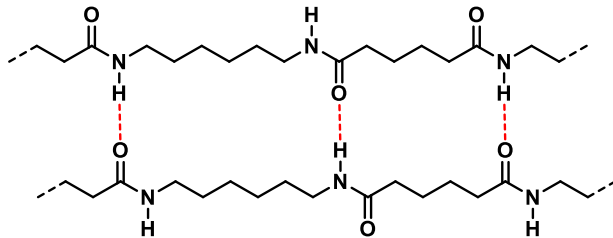
Versuch 3:

„Nylon-Seil-Trick“

Stoff	Gefahrstoffe H- und P-Sätze	GHS- Symbol (Signalwort)		
Hexamethylendiamin	<p>H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken. H312: Gesundheitsschädlich bei Hautkontakt. H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. H335: Kann die Atemwege reizen. P261: Einatmen von Staub/Rauch/Gas/Nebel/ Dampf/Aerosol vermeiden. P280: Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/ Augenschutz/Gesichtsschutz tragen. P305+P351+P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P310: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.</p>	 (Gefahr)		
Natriumhydroxid	<p>H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein. H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden. P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/Gesichtsschutztragen. P301+P330+P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen. P305+P351+P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P308+P310: BEI Exposition oder falls betroffen: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.</p>	 (Gefahr)		
n-Heptan	<p>H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. H304: Kann bei Verschlucken und Eindringen in die Atemwege tödlich sein. H315: Verursacht Hautreizungen. H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen. H410: Sehr giftig für Wasserorganismen mit langfristiger Wirkung. P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen. P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden. P273: Freisetzung in die Umwelt vermeiden. P301+P330+P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen. P302+P352: BEI BERÜHRUNG MIT DER HAUT: Mit viel Wasser und Seife waschen. P403+P233: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren. Behälter dicht verschlossen halten.</p>	 (Gefahr)		
Sebacinsäuredichlorid	-	-		
Maßnahmen/Gebote				
 Schutzbrille tragen!	 Schutzhandschuhe tragen!	 Auf gute Belüftung achten!	 Abzug benutzen!	 Kein offenes Feuer/keine Zündquellen!

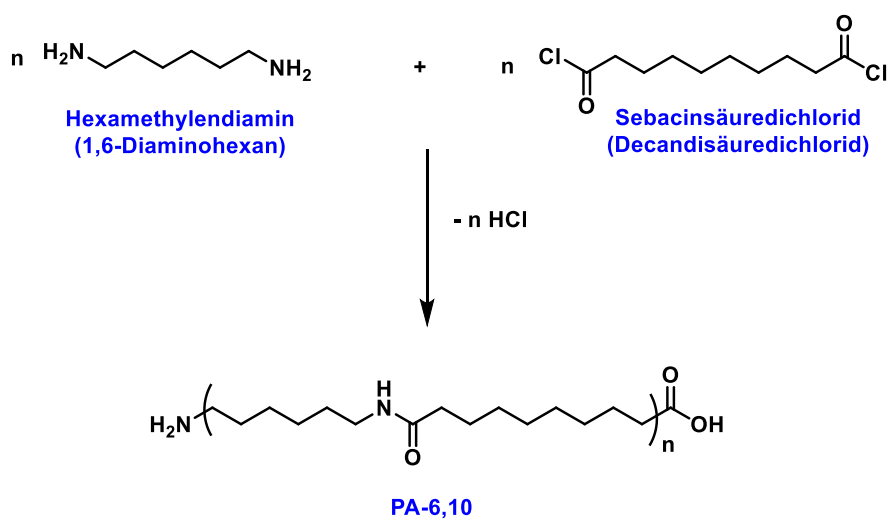
Polyamide (Kurzzeichen PA) sind lineare Polymer mit sich regelmäßig wiederholenden Amidbindungen entlang der Kette. Die Amidgruppe entsteht durch die Kondensation einer Carbonsäure mit einem Amin. Die dabei entstehende Amidbindung kann durch Hydrolyse wieder gespalten werden.

Aufgrund ihrer Festigkeit und Zähigkeit sind Polyamide eine sehr wichtige Klasse von Kunststoffen, die insbesondere als Konstruktionswerkstoffe eingesetzt werden.



Eines der bekanntesten Polyamide ist Nylon, welches aus den Monomeren Adipinsäure (1,6-Hexandiäure) und Hexamethyldiamin (HMD, 1,6-Diaminohexan) durch Polykondensation hergestellt wird. Da es aus zwei unterschiedlichen C-6-Monomeren besteht, nennt man es auch Nylon-6,6 (PA-6,6). Eine Variante davon ist Nylon 6 (PA-6), welches ausgehend von ϵ -Caprolactam in einer sogenannten Ringöffnungspolymerisation erhalten werden kann. ϵ -Caprolactam ist ein siebengliedriges cyclisches Amid, welches durch intramolekulare Kondensation der entständigen Amino- und Carbonsäuregruppen von 6-Aminohexancarbonsäure entsteht. Nylon-6 und Nylon-6,6 sind chemisch sehr ähnlich und unterscheiden sich nur durch die spiegelverkehrte Anordnung jeder zweiten Amidgruppe.

Im Versuch geht es um die Variante Polyamid 6,10 bei der das HMD mit dem Dichlorid der Sebacinsäure $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$ umgesetzt wird.



Anleitung:

- Lösen Sie in einem 100 mL Becherglas 0.55 g (4.7 mmol) Hexamethyldiamin (1,6-Diaminohexan, Abwiegen auf einem Papierwägeschiff) in 45 mL Wasser.
- Nun geben Sie 2 Plätzchen festes Natriumhydroxid (0.4 g, 10 mmol NaOH) hinzu und rühren die Lösung auf einem kleinen Magnetrührer,
- Ist alles gelöst, können Sie optional noch ein paar Tropfen Phenolphthalein hinzugeben. Dieser Indikator zeigt, dass die Lösung am Anfang alkalisch reagiert.
- Lösen Sie in einem zweiten kleinen Becherglas 1 mL (4.7 mmol, Sebacinsäuredichlorid [Decandisäuredichlorid]) in 20 mL Heptan. Arbeiten Sie hierbei mit der Eppendorfpipette.
- Überschichten Sie anschließend die wässrige Lösung mit der Heptanlösung.
- An der Grenzfläche der beiden Lösungen entsteht sofort eine dünne Haut, die Sie z. B. mit einer Pinzette vorsichtig abheben und zu einem Faden ausziehen können. Mithilfe eines Reagenz- oder eines Becherglases (siehe Abbildung) können Sie den Faden nun kontinuierlich aufspulen.



Weitere Anmerkungen:

- Während der Reaktion entsteht Salzsäure (HCl), die durch die Natronlauge neutralisiert wird. Nach etwa einer halben Stunde ist die Natronlauge verbraucht. Sie erkennen das daran, dass sich der Indikator vollkommen entfärbt, was das Ende der Reaktion anzeigt. Das Diamin ist praktisch vollständig in das Polyamid umgewandelt worden.
- Vermischen Sie die beiden Phasen mit einem Glas- oder Holzstab durch intensives Rühren, so vergrößert sich die Grenzfläche derart, dass die Reaktion deutlich schneller vor sich geht. Man erhält ein quallenartiges Gebilde – eine stark lösungsmittelhaltige Polymerstruktur.



Entsorgung:

Alle Flüssigkeiten werden in den Lösungsmittelabfallkanister entsorgt.

Feststoffe und Filterpapier werden in der Tonne mit der Aufschrift „Kontaminierter Feststoffabfall“ entsorgt.

Versuch 4:

Auflösen von Styropor

Styropor besteht aus aufgeschäumtem Polystyrol. Es löst sich in verschiedenen organischen Lösungsmitteln.

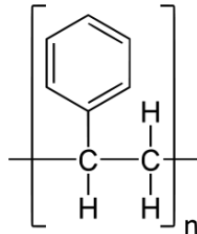






Abbildung 3: Polystyrol

Anleitung:

Befüllen Sie ein 400 mL-Becherglas mit ca. 50 mL Aceton. Geben Sie mehrere Styroporstücke zu und lösen diese darin auf, indem Sie mit einem Glasstab umrühren.

	<p><u>Entsorgung:</u></p> <p>Alle Flüssigkeiten werden in den organischen Lösungsmittelabfallkanister entsorgt.</p>
---	---

Chemikalien:

Gefahrstoffe		
Stoff	H- und P-Sätze	GHS-Symbol (Signalwort)
Aceton	<p>H225: Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar. H319: Verursacht schwere Augenreizung. H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen. EUH066: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen. P210: Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen sowie anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen. P240: Behälter und zu befüllende Anlage erden. P305+P351+P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen. P403+P233: An einem gut belüfteten Ort aufbewahren. Behälter dicht verschlossen halten.</p>	 (Gefahr)
Maßnahmen/Gebote		
 Schutzbrille tragen!	 Schutzhandschuhe tragen!	 Kein offenes Feuer/keine Zündquellen!

Versuch 5:

Superabsorber

Superabsorber sind extrem quellfähige Polymere, die z. B. als Bestandteil von Hygieneprodukten wie Babywindeln etc. zum Einsatz kommen. Sie können ein Vielfaches ihres Gewichts an Wasser aufnehmen. Chemisch handelt es sich bei dem Superabsorber um ein Copolymer aus Acrylsäure (Propensäure, $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{COOH}$) und Natriumacrylat (Natriumsalz der Acrylsäure, $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{COONa}$), wobei das Verhältnis der beiden Monomere zueinander variieren kann. Zusätzlich wird ein so genannter Kernvernetzer (Core-Cross-Linker, CXL) der Monomerlösung zugesetzt, der die gebildeten langkettigen Polymermoleküle stellenweise untereinander durch chemische Brücken verbindet (sie „vernetzt“). Durch diese Brücken wird das Polymer wasserunlöslich.

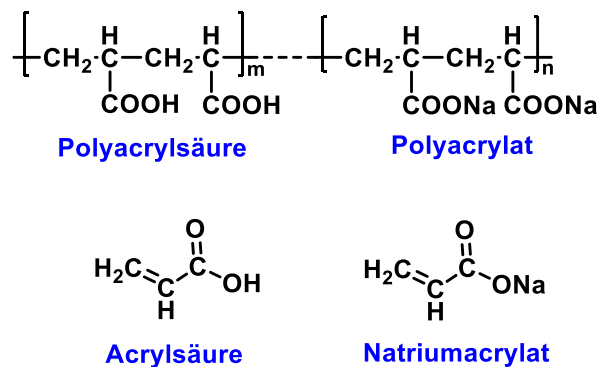


Abbildung 4: Superabsorber

Anleitung:

Geben Sie ein Löffel Superabsorber-Pulver in ein 1000 mL-Becherglas. Nun geben Sie portionsweise destilliertes Wasser hinzu und rühren mit einem Glasstab um.

Beobachtung:

.....

.....

.....

.....




	<p><u>Entsorgung:</u></p> <p>Reste in eine Plastiktüte füllen und zum Restmüll geben.</p> <p>Superabsorber sind keine Gefahrstoffe.</p>
---	--

Versuch 6:

Herstellung von „New Slime“³

Geräte: 250-mL-Becherglas, Glasstab, Universalindikator-pH-Papier, Messzylinder, Waage, Wasser,

Chemikalien: Kaliumaluminiumsulfat-Lösung, $c(\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}) = 0,21 \text{ mol/L}$, Guarkernmehl, Natriumhydroxid-Lösung, $c(\text{NaOH}) = 2 \text{ mol/L}$

Gefahrstoffe		
Stoff	H- und P-Sätze	GHS-Symbol (Signalwort)
Natriumhydroxid Lösung (Natronlauge)	<p>H290: Kann gegenüber Metallen korrosiv sein.</p> <p>H314: Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.</p> <p>P280: Schutzhandschuhe/ Schutzkleidung/ Augenschutz/Gesichtsschutztragen.</p> <p>P301+P330+P331: BEI VERSCHLUCKEN: Mund ausspülen. KEIN Erbrechen herbeiführen.</p> <p>P305+P351+P338: BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.</p> <p>P308+P310: BEI Exposition oder falls betroffen: Sofort GIFTINFORMATIONSZENTRUM oder Arzt anrufen.</p>	 (Gefahr)
Maßnahmen/Gebote		
 Schutzbrille tragen!	 Schutzhandschuhe tragen!	

Herstellung der Kaliumaluminiumsulfat-Lösung:

- Lösen Sie 1 g $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ in 10 mL dest. Wasser.

Anleitung und Beobachtung:

- Legen Sie in einem 250 mL Becherglas 150 mL Wasser vor.
- Anschließend geben Sie zügig 3 g Guarkernmehl in kleinen Portionen hinzu. Damit Sie dabei keine Klumpen bilden, rühren Sie ständig mit einem Glasstab.
- Rühren Sie das trübe, weiße Guarkernmehl-Wassergemisch für ca. 3 Minuten und lassen es dann kurz stehen, wobei Sie einen Anstieg der Viskosität beobachten können.

³ A. Brink, S. Hubricht, *CHEMKON* 2014, 21, 23–27

- Wenn Sie nicht lange genug abwarten, besitzt der „New Slime“ am Ende schlechtere gummielastische Eigenschaften.
- Nach der Wartezeit geben Sie 10 mL der Kaliumaluminiumsulfat-Lösung hinzu und verrühren wieder gründlich mit dem Glasstab. Es tritt eine schwache gelbliche Verfärbung ein. Der pH-Wert liegt im neutralen Bereich.
- Abschließend geben Sie noch 5 mL der Natriumhydroxid-Lösung hinzu und verrühren auch diesmal zügig. Die Ausbildung der Gummielastizität und eine deutliche Gelbfärbung sind zu beobachten.
- Rühren Sie weiter gründlich durch, dadurch tritt allmählich die Bildung eines homogenen Schleims ein. Der pH-Wert liegt im Bereich von 8–9.

Erklärung: Die Schleimbildung kann auf die Komplexbildung von Polysaccharid-Metallkomplexen zurückgeführt werden. Der Hauptbestandteil von Guarkernmehl ist Guar. Guar besteht aus D-Mannopyranoseeinheiten, die über β -1,4-glycosidische Bindungen kettenartig miteinander verknüpft sind. Außerdem trägt jede zweite Mannopyranoseeinheit über eine 1,6-Bindung α -D-Galactopyranosylreste.

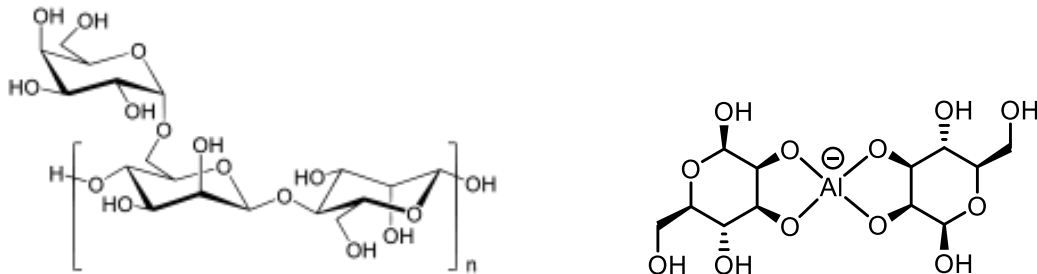


Abbildung 5: Guar, mögliche Bindungen zwischen zwei Mannosemolekülen

Zunächst komplexieren die geeigneten Hydroxylgruppen die Aluminium-Ionen nur schwach, weshalb nach Zugabe der Kaliumaluminiumsulfat-Lösung nur eine schwache Gelbfärbung, aber keine deutlich spürbare Veränderung der Konsistenz des Gemisches zu beobachten ist. Durch die Zugabe der Natriumhydroxid-Lösung wird der geeignete pH-Wert eingestellt, der zur stärkeren Komplexbildung der Aluminium-Ionen führt. Dabei tritt eine Farbvertiefung auf, ebenso wie eine deutlich spürbare Veränderung der Konsistenz, von viskos hin zu gummielastisch.



Entsorgung:

Reste in eine Plastiktüte füllen und zum Restmüll geben.