

## Inhaltsverzeichnis – Lösungen

Experiment	Thema	Niveau	Kapitel
<b>Experimente Holz</b>			
1	Gewinnung von Zellstoff durch Aufschluss mit Wasserstoffperoxid und Ameisensäure	SEK II	4.1
2	Gewinnung von Zellstoff nach dem Acetosolv-Verfahren	SEK II	4.1
3	Darstellung von Vanillin aus Ligninsulfonsäure	SEK II	4.1
4	Vergasung von Holz	SEK I/II	4.1
<b>Experimente Kohlenhydrate</b>			
5	Polyester auf Basis von Sorbit	SEK I/II	5.6
6	Darstellung eines Polyurethan-Schaums auf der Basis von Glucose, Saccharose oder Sorbit	SEK II	5.6
7	Darstellung eines Biokunststoffes	SEK I/II	4.3
8	Herstellen eines Kunststoffes aus Milchsäure	SEK I/II	5.3
9	Herstellen einer Folie aus Chitosan	SEK I/II	4.5
10	Untersuchung der Komplexbildungseigenschaften von Chitosan	SEK I/II	4.5
11a	Darstellung von Ethen aus Ethanol (Schülerexperiment)	SEK II	5.2
11b	Darstellung von Ethen aus Ethanol (Demonstrationsexperiment)	SEK II	5.2
<b>Experimente Oleochemie</b>			
12	Gewinnung von Sojaöl aus Sojaschrot	SEK I/II	4.4
13	Epoxidation von Sojaöl	SEK II	4.4
14	Darstellung eines Polyesters auf Basis von Sojaölepoxyd	SEK I/II	4.4
15	Darstellung eines Polyurethan-Schaums auf der Basis von Ricinusöl	SEK II	4.4
16a	Dünnschichtchromatographie von Fetten	SEK I/II	4.4
16b	Die Umesterung von Fetten	SEK I/II	4.4
16c	Dünnschichtchromatographie von Fettsäuremethylestern	SEK I/II	4.4

## 🔗 LÖSUNGEN – EXPERIMENTE HOLZ – 1

### Gewinnung von Zellstoff durch Aufschluss von Holz mit Wasserstoffperoxid und Ameisensäure

Für den Chemieunterricht existieren zwei stark vereinfachte Aufschlussverfahren, die hier näher vorgestellt werden (Experimente 1 und 2).

#### Geeignet für Sekundarstufe II

#### Dauer

90 Minuten

#### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

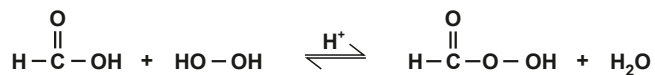
#### Beobachtung

Die Aufschlusslösung färbt sich zunächst gelb, dann orange, bis schließlich eine braune Färbung vorliegt. Der gewonnene Zellstoff ist weiß. Eventuell noch vorhandene kleine Holzstückchen sind die Ausnahme (es handelt sich meist um Holzspäne, die sich oberhalb der Aufschlusslösung an der Wand des Kolbens festgesetzt hatten).

#### Auswertung

Das Pflanzenmaterial wird in der Lösung aus Ameisensäure und Wasserstoffperoxid chemisch aufgeschlossen. Lignin geht dabei in Lösung, die Cellulose bleibt zurück.

Bei der Reaktion von Ameisensäure und Wasserstoffperoxid bildet sich in situ Peroxoameisensäure. Der Mechanismus ist der einer Veresterung analog.



Für die Aufschlussreaktion sind sowohl Ameisensäure als auch Peroxoameisensäure verantwortlich. Ameisensäure ist ein gutes Lösemittel für Lignin. Gleichzeitig spaltet es die Etherbrücken innerhalb des Lignins. Es kommt ferner zu Hydrolysereaktionen sowie zu intra- und intermolekularen Kondensationsreaktionen, wobei die Ameisensäure mit freien aliphatischen und phenolischen Hydroxidgruppen des Lignins zu den entsprechenden Estern reagiert. Die neben dem Lignin vorhandenen Polysaccharide werden hauptsächlich sauer hydrolysiert. Peroxoameisensäure oxidiert als starkes Oxidationsmittel das gelöste Lignin, welches dann in einer hydrophilen und somit wasserlöslichen Form vorliegt. Peroxoameisensäure ist hochselektiv und reagiert nicht mit der Cellulose oder den Polysacchariden des Holzes. Schwefelsäure dient als Katalysator und sorgt für eine raschere Darstellung der Peroxoameisensäure.

## Gewinnung von Zellstoff durch Aufschluss von Holz mit Wasserstoffperoxid und Ameisensäure

---

### Entsorgung

Der Zellstoff kann als Anschauungsmaterial aufbewahrt werden. Das ligninhaltige Filtrat wird nach Neutralisation in den Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgt.

### Hinweis

Der Einsatz von Kleintier-Streu zum Holzaufschluss hat sich nach unserer Erfahrung bewährt und ist daher zu empfehlen. Kleintier-Streu ist kostengünstig und abgepackt im Tierfachmarkt erhältlich und besteht überwiegend aus Fichten- und Kiefernholzresten. Eventuell noch vorhandene größere Stücke werden aussortiert oder auch mit der Schere zerkleinert.

Neben der Kleintier-Streu können auch Holzbretter (Kiefer, Fichte, Buche), Spanplatten-Reste, Stroh oder Miscanthus eingesetzt werden. Mit einem Hobel trennt man einzelne Späne vom lufttrockenen Brett ab. Sie werden im Becherglas mit dem Stabmixer zerkleinert (oder mit einer stabilen Haushaltsschere zerschnitten).

### Literatur

Horn, Stefan; Gerlach, Simone; Melle, Insa; Bader, Hans Joachim (2003). Ein neues Experiment zur Zellstoffgewinnung im Chemieunterricht – Säurekatalysierter Aufschluss mit Wasserstoffperoxid und Ameisensäure. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 56/ 8, S. 473–479.

## Gewinnung von Zellstoff nach dem Acetosolv-Verfahren

---

### Geeignet für S II

#### Dauer

Aufschluss: 90 Minuten, Trocknen über Nacht

Bleiche: 30 Minuten, Trocknen über Nacht

#### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

Der durch den Aufschluss gewonnene Rohzellstoff zeigt eine bräunliche bis rötliche Farbe (abhängig vom Pflanzenmaterial). Erst durch die Bleiche erhält man ein weißes Produkt.

#### Auswertung

Bei diesem Verfahren des Holzaufschlusses werden die kovalenten Bindungen zwischen Cellulose und Lignin gespalten. Freies Lignin und die Hemicellulosen sowie die in Holz enthaltenen Lipide, Harze und Terpene sind in Essigsäure löslich, sodass die Cellulose leicht abgetrennt werden kann.

#### Entsorgung

Die Aufschlusslösung wird nach Neutralisation in den Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgt.

#### Hinweis

Außer Kleintier-Streu können auch andere Pflanzenmaterialien eingesetzt werden (siehe Versuch 1).

#### Literatur

Sommerfeld, Herbert (1995). Das Acetosolv-Verfahren zur schadstoffarmen Herstellung von gebleichtem Zellstoff. *Naturwissenschaften im Unterricht Chemie*, 43/6, S. 23–25.

## Darstellung von Vanillin aus Ligninsulfonsäure

### Geeignet für S II

#### Dauer

90 Minuten

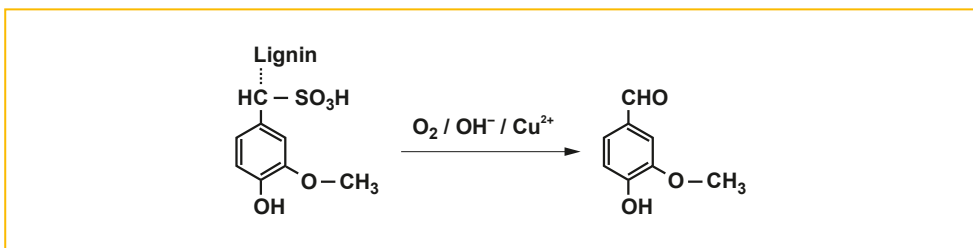
### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

Bereits nach der Neutralisation riecht die Lösung nach Vanille. Der Geruch des Extraktes ist etwas intensiver.

#### Auswertung

Ligninsulfonsäure wird unter den gegebenen Bedingungen oxidativ gespalten. Es entsteht Vanillin mit dem deutlichen Geruch der Vanille. Kupfer(II)-sulfat wirkt als Katalysator.



Im alkalischen Milieu liegt Vanillin aufgrund der Hydroxylgruppe (OH-) als Phenolat-Anion vor. Durch Ansäuern sich das Gleichgewicht auf der Seite des Vanillins.

#### Entsorgung

Die Lösemittelreste werden nach Neutralisation in den Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgt.

#### Hinweis

Die Ausbeute wird durch längeres Erwärmen unter Rückfluss erhöht.

#### Literatur

Prof. Blumes Bildungsserver für Chemie: Vanillin aus Ligninsulfonsäure.

<http://www.chemieunterricht.de/dc2/> (Zugriff Januar 2020)

## Vergasung von Holz

---

### Geeignet für S I/II

#### Dauer

30 Minuten

#### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

Das Holz verfärbt sich schwarz und es bildet sich ein Gas. In der Kühlfalle sammelt sich ein gelblich-bräunliches Kondensat. Die austretenden Gase können entzündet werden.

#### Auswertung

Bei der trockenen Destillation von Holz entstehen Holzkohle, Holzessig und Holzgas. Bei Holzkohle (Rückstand) handelt es sich um ein komplexes Gemisch organischer Verbindungen mit einem Kohlenstoffanteil von bis zu 90 %. Holzessig (Kondensat) besteht vor allem aus Wasser (ca. 75 %), daneben auch Essigsäure (ca. 12 %) sowie in geringen Mengen Methanol und Aceton (durch Abtrennen der Essigsäure würde aus dem Holzessig der Holzgeist entstehen). Holzgas enthält vor allem Kohlenstoffdioxid (ca. 49 %), Kohlenstoffmonoxid (ca. 34 %) und Methan (ca. 13 %); in kleineren Anteilen auch Ethen und Wasserstoff. Kohlenstoffmonoxid ist brennbar, Methan ist hochentzündlich.

#### Entsorgung

Das verschmutzte Reagenzglas wird zum Hausmüll gegeben, das Kondensat wird in den Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgt.

## LÖSUNGEN – EXPERIMENTE KOHLENHYDRATE – 5

## Polyester auf Basis von Sorbit

Geeignet für S I/II

Dauer

30 Minuten

Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

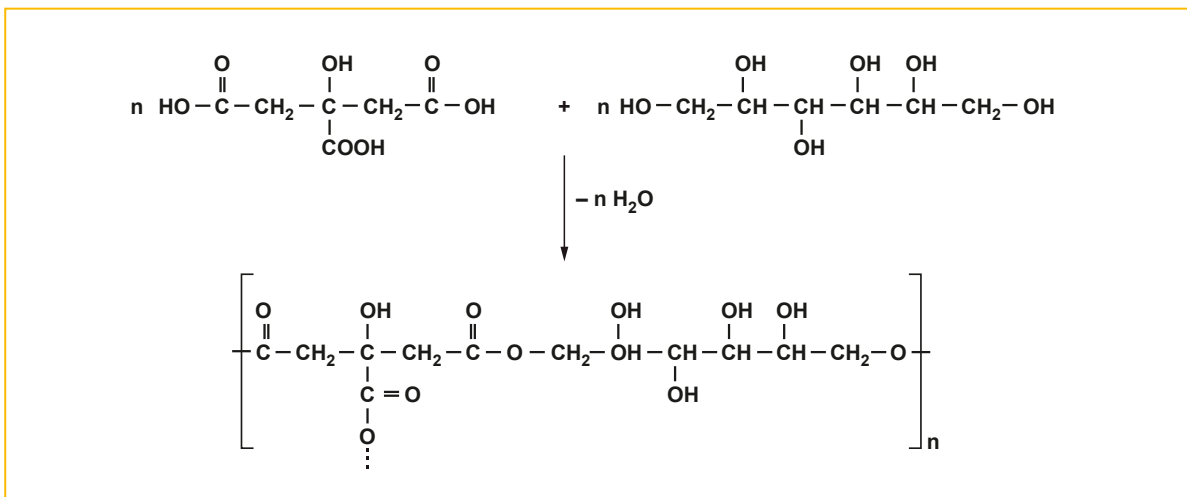
## Beobachtung

Beim ersten Ansatz bildet sich eine feste, orangefarbene Masse ohne Blasen. Beim zweiten Ansatz entsteht ein gelbliches, blasiges Produkt.

## Auswertung

Bei der Reaktion einer mehrwertigen Carbonsäure (z. B. Citronensäure) bzw. des Carbonsäureanhydrids (z. B. Phthalsäureanhydrid) mit einem mehrwertigen Alkohol (z. B. Sorbit) entsteht ein Polyester. Das bei der mehrfachen Polyester-Reaktion freiwerdende Reaktionswasser wird vom Filterpapier aufgesaugt. Die Eigenschaften des synthetisierten Polyesters hängen vom Mengenverhältnis der eingesetzten Reaktionspartner ab. Das Sorbitmolekül reagiert bevorzugt mit den endständigen, primären Hydroxygruppen. Die übrigen Hydroxygruppen sind deutlich weniger reaktiv. Exemplarisch soll die Polyester-Bildung anhand der Reaktion von Citronensäure mit Sorbit gezeigt werden (s. Abb.).

## Schematische Darstellung der Bildung eines Polyesters aus Citronensäure und Sorbit



## Entsorgung

Das Reagenzglas mit dem ausreagierten und abgekühlten Kunststoff wird in den Behälter für „mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel“ gegeben.

## Literatur

Blume, Rüdiger; Sommerfeld, Herbert (1989): Experimente zum Thema Kohlenhydrate als nachwachsende Rohstoffe. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 37/7 (1989), S. 38–42.

🟡 LÖSUNGEN – EXPERIMENTE KOHLENHYDRATE – 6

Darstellung eines Polyurethan-Schaums auf der Basis von Glucose, Saccharose oder Sorbit

Geeignet für S II

Dauer

15 Minuten, Filmbildung über Nacht

Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

Beobachtung

Auf der Glasplatte bildet sich nach einer Stunde ein lackartiger, leicht blasiger Polyurethanfilm, der über Nacht völlig aushärtet. Bei dem Versuch im Reagenzglas entsteht ein Polyurethan-Schaum.

Auswertung

Das in Dimethylformamid gelöste Kohlenhydrat (Glucose, Saccharose oder Sorbit) reagiert mit einem bifunktionellen Isocyanat zu einem Polyurethan.

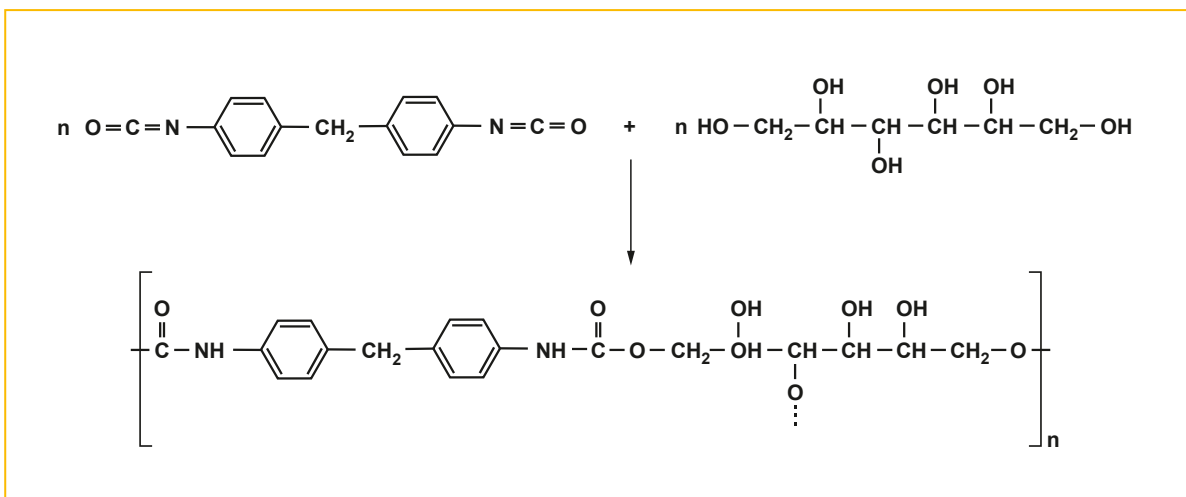
Entsorgung

Das Reagenzglas mit dem ausreagierten und abgekühlten Kunststoff wird in den Behälter für „mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel“ gegeben.

Hinweis

Wenn der Versuch als Demonstrationsexperiment vorgeführt wird, werden 6 g des jeweiligen Kohlenhydrats, 18 ml Dimethylformamid und 10 g Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat eingesetzt.

Schematische Darstellung der Bildung eines Polyurethans aus Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat und Sorbit



Literatur

Blume, Rüdiger; Sommerfeld, Herbert (1989. Experimente zum Thema Kohlenhydrate als Nachwachsende Rohstoffe. Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie, 37/7, S. 38 – 42.



## Darstellung eines Biokunststoffs

---

Geeignet für S I/II

Dauer

15 Minuten

Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

**Beobachtung**

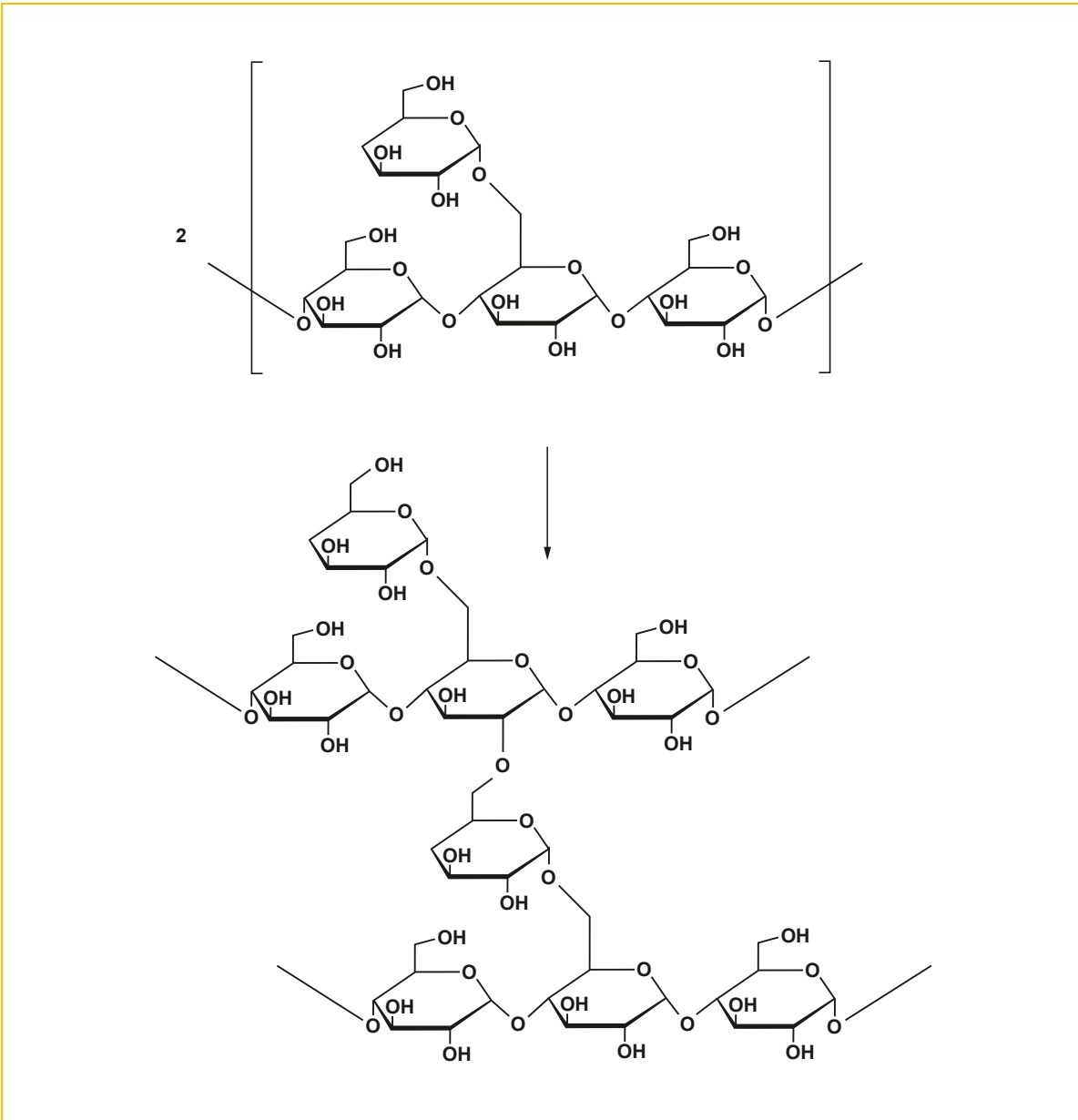
Es entsteht ein flexibler weißer Kunststoff, der im warmen Zustand formbar ist. Ausgekühlt wird das Material hart.

**Auswertung**

Durch das Erhitzen gelingt eine Polymerisation der Stärke zur sogenannten Polystärke. Dieser Polymerisation liegen im Wesentlichen zwei Reaktionen zugrunde. Zum einen können Stärke-Moleküle über ihre Hydroxy-Gruppen miteinander reagieren und zu Polystärke-Ethern reagieren, zum anderen dient das Natriumalginat als Quervernetzer zwischen verschiedenen Stärkemolekülen. Die Carboxylat-Gruppen des Natriumalginats ermöglichen die Veresterung der Hydroxy-Gruppen der Stärke-Moleküle zu zwei Seiten, sodass zwei Stärke-Moleküle verbunden werden.

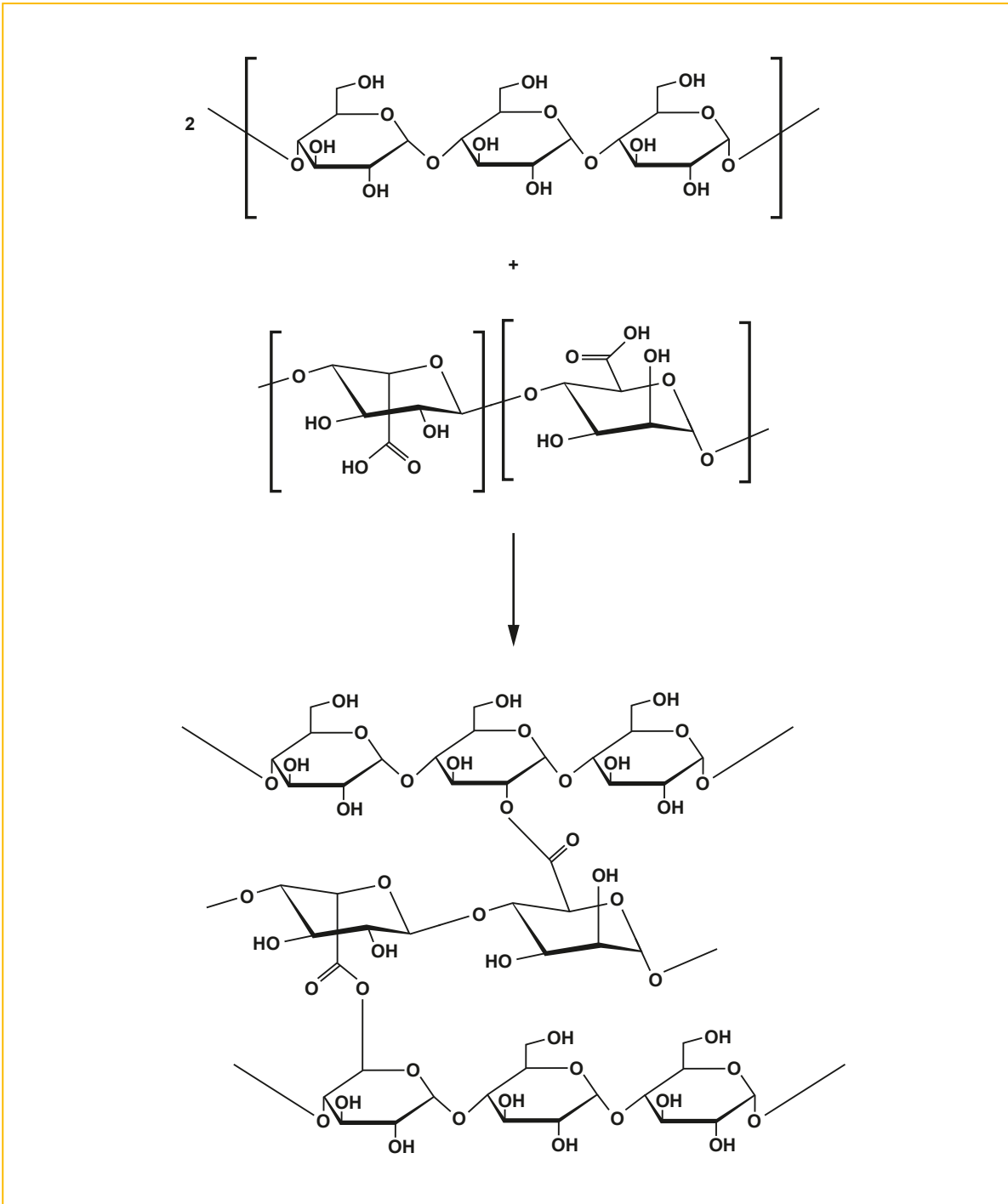
Darstellung eines Biokunststoffs

Polymerisierung von Stärke



Darstellung eines Biokunststoffs

Quervernetzung der Stärkemoleküle durch die Alginsäure



Entsorgung

Der ausgekühlte Biokunststoff kann im Restmüll entsorgt werden.

## 🟡 LÖSUNGEN – EXPERIMENTE KOHLENHYDRATE – 8

### Herstellen eines Kunststoffs aus Milchsäure

Geeignet für S I/II

Dauer

20 Minuten

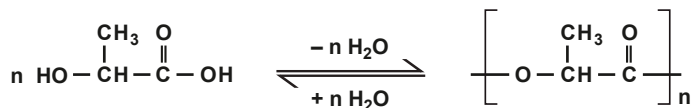
Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

Die Lösung färbt sich mit zunehmendem Erhitzen orangebraun und bleibt dünnflüssig. Mit Abkühlen wird sie zähflüssiger und erstarrt schließlich, wobei sich eine gelblichbraune, leicht klebrige Masse ausbildet. Das Kupfersulfatpapier verändert seine Farbe von Weiß nach Blau.

#### Auswertung

Bei der Reaktion handelt es sich um eine Veresterung, bei der Milchsäure unter Wasserabspaltung zu Oligomeren umgesetzt wird. Milchsäure ist bifunktionell. Sie besitzt eine Hydroxy- und eine Carboxylgruppe, die intermolekular miteinander reagieren.



Eine Veresterung ist säurekatalysiert. Das für den ersten Schritt der Esterbildung (Protonierung der Carboxylgruppe) erforderliche Proton entsteht aus der Hydrolyse des Zinn(II)-chlorids unter Abscheiden eines basischen Salzes.



Kupfersulfatpapier dient zum Nachweis von Wasser, welches aufgrund der Temperatur als Wasserdampf aus dem Reagenzglas entweicht. Das weiße, wasserfreie Kupfersulfat bildet mit Wasser ein blaues Pentahydrat.

#### Entsorgung

Kunststoffreste werden in den Behälter für „mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel“ gegeben.

#### Literatur

Huntemann, Heike; Parchmann, Ilka (2000). Biologisch abbaubare Kunststoffe – Einordnung in ein neues Konzept für den Chemieunterricht. *CHEMKON*, 7/1, S. 15–21.

## Herstellen einer Folie aus Chitosan

---

Geeignet für S I/II

Dauer

30 Minuten

Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

**Beobachtung**

Chitosan ist in warmer Essigsäure löslich. Nach dem Verdunsten des Lösemittels bleibt ein transparenter Film zurück, der von der Platte leicht abgezogen werden kann.

**Auswertung**

Chitosan ist in warmer Essigsäure löslich. Aufgrund seiner filmbildenden Eigenschaften entsteht nach Verdunsten des Lösemittels ein Film.

**Entsorgung**

Die Folie kann dem Hausmüll zugeführt werden.

**L iteratur**

Blume, Rüdiger; Sommerfeld, Herbert (1989). Experimente zum Thema Kohlenhydrate als nachwachsende Rohstoffe. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik/Chemie*, 37/7, S. 38–42.

## Untersuchung der Komplexbildungseigenschaften von Chitosan

Geeignet für S I/II

Dauer

45 Minuten

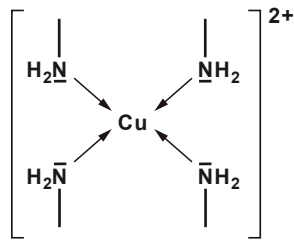
Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

### Beobachtung

In dem Maße, wie die Kupfersulfatlösung über das Chitosan läuft, färbt sich das Chitosan deutlich blau. Die aus der Säule laufende Lösung ist dagegen fast farblos. Das Eluat ist wiederum deutlich blau gefärbt.

### Auswertung

Bei der Reaktion von Kupfer(II)-Ionen mit Chitosan bildet sich ein blauer Kupfertetraminkomplex. Als Liganden wirken die Aminogruppen des Chitosans. Die Kupfer(II)-Ionen werden also aus der Lösung entfernt, welche dadurch ihre blaue Farbe verliert.



Die Kupfer(II)-Ionen können mit Schwefelsäure wieder aus den Chitosanflocken herausgewaschen werden. Es bildet sich blaues Kupfersulfat.



### Entsorgung

Die Chitosanflocken werden mit Schwefelsäure und Wasser gespült und in den Behälter für „mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel“ gegeben. Das saure Eluat wird neutralisiert und in den Behälter für gelöste Schwermetallsalze entsorgt. Das Letztere gilt auch für Reste der Kupfersulfatlösung.

### Literatur

Sommerfeld, Herbert; Birkholz, Elke; Bader, Hans Joachim (1995). Insektenpanzer als Rohstoffquelle – Schulversuche mit Chitin und Chitosan. *Chemie und Biologie*, 39/3, S. 18–21.

🔗 LÖSUNGEN – EXPERIMENTE KOHLENHYDRATE – 11a

Darstellung von Ethen aus Ethanol (Schülerexperiment)

Geeignet für S II

Dauer

20 Minuten

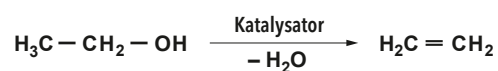
Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

Beobachtung

Es bildet sich ein farbloses Gas, das sich pneumatisch auffangen lässt. Dieses brennt mit leuchtender, rußender Flamme.

Auswertung

Aus Ethanol entsteht durch katalytische Wasserabspaltung Ethen (Dehydratisierung).



Ethen ist ein farbloses, schwach süßlich riechendes Gas. Es ist hochentzündlich und verbrennt an der Luft mit leicht rußender, leuchtender Flamme.



Entsorgung

Das aufgefangene Ethen kann für ein nachfolgendes Experiment verwendet werden. Ansonsten wird das zu entsorgende Ethen verbrannt. Den gebrauchten Katalysator lässt man im Abzug abdampfen und reinigt ihn anschließend bei 600–800 °C im Luftstrom oder im Ofen. Überschüssiges Ethanol wird in dem Abfallbehälter für halogenfreie organische Lösemittel entsorgt.

🔗 LÖSUNGEN - EXPERIMENTE KOHLENHYDRATE - 11b

Darstellung von Ethen aus Ethanol (Demonstrationsexperiment)

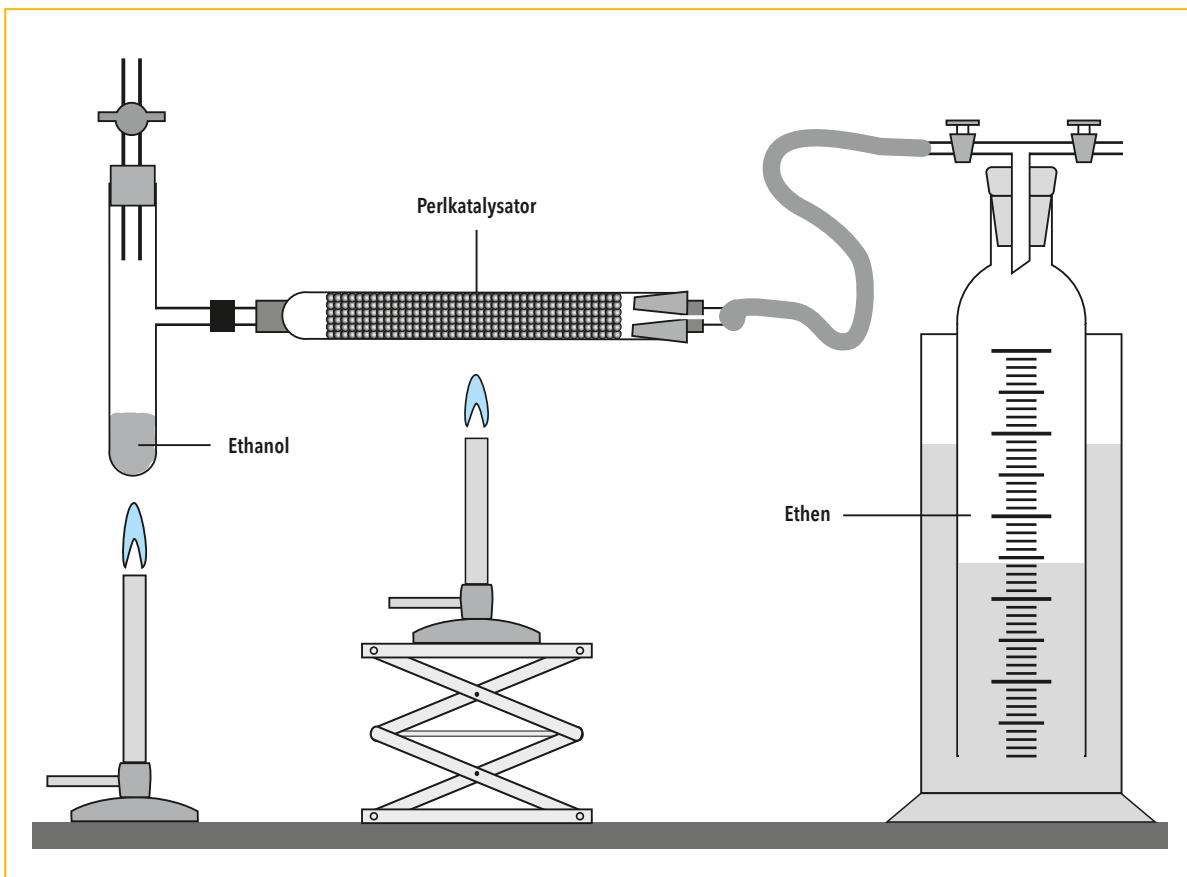
Geeignet für S II

Dauer

30 Minuten

Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

Versuchsaufbau



Beobachtung

Es bildet sich ein farbloses Gas, das sich pneumatisch auffangen lässt. Dieses brennt mit leuchtender, rußender Flamme. Der entstehende Wasserdampf kondensiert im Gasometer.

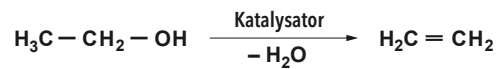


## 🔗 LÖSUNGEN – EXPERIMENTE KOHLENHYDRATE – 11b

### Darstellung von Ethen aus Ethanol (Demonstrationsexperiment)

#### Auswertung

Aus Ethanol entsteht durch katalytische Wasserabspaltung Ethen (Dehydratisierung)



Ethen ist ein farbloses, schwach süßlich riechendes Gas. Es ist hochentzündlich und verbrennt an der Luft mit leicht rußender, leuchtender Flamme.



#### Entsorgung

Das aufgefangene Ethen kann für ein nachfolgendes Experiment verwendet werden. Ansonsten wird das zu entsorgende Ethen verbrannt. Den gebrauchten Katalysator lässt man im Abzug abdampfen und reinigt ihn anschließend bei 600-700°C im Luftstrom oder im Ofen. Überschüssiges Ethanol wird in dem Abfallbehälter für halogenfreie organische Lösemittel entsorgt.

## Gewinnung von Sojaöl aus Sojaschrot

---

### Geeignet für S I/II

#### Dauer

30 Minuten

### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

Im Rundkolben bleibt gelbliches, meist etwas trübes Sojaöl zurück. Bei der Fettfleckprobe bildet sich ein charakteristischer Fettfleck.

#### Auswertung

Durch Extraktion mit unpolaren Lösemitteln können Fette und Öle aus Pflanzenmaterial gewonnen werden. Ein einfacher qualitativer Nachweis ist die Fettfleckprobe.

#### Entsorgung

Heben Sie das Öl für weitere Experimente auf. Der Filterkuchen kann zum Hausmüll gegeben werden. Zurückgewonnener Petrolether kann in einer verschlossenen Flasche für weitere Extraktionen aufbewahrt werden (alternativ im Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgen).

#### Hinweis

Für die Gewinnung von Sojaöl sollte Sojaschrot verwendet werden, da Sojamehl beim Filtrieren den Filter verstopft. Die Extraktion kann auch als Demonstrationsversuch in einem Soxhlet-Extraktor durchgeführt werden. Dies ist experimentell aufwendiger, die Ausbeute ist jedoch höher. Mit dem beschriebenen Verfahren zur Extraktion können auch andere Pflanzenmaterialien wie Kokosraspeln, Sonnenblumenkerne oder Leinsamen entölt werden.

#### Literatur

Sommerfeld, Herbert (1993). *Modellreaktionen zur Technologie nachwachsender Rohstoffe*. Aachen: Shaker.

## Epoxidation von Sojaöl

### Geeignet für S II

#### Dauer

Epoxidation (60 Minuten), Isolierung (30 Minuten)

#### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

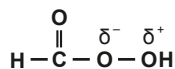
Das entstandene Sojaölepoxid besitzt eine kräftig gelbe Farbe.

#### Auswertung

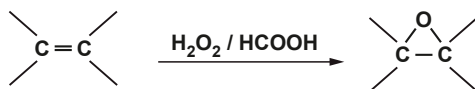
Die Doppelbindungen der Fettsäuren werden durch die Reaktion mit Wasserstoffperoxid und Ameisensäure zu Epoxiden umgesetzt (Epoxidation). Ortho-Phosphorsäure wirkt als Katalysator.

Die für die eigentliche Epoxidation verantwortliche Peroxoameisensäure entsteht „in situ“. Sie besitzt ein elektrophiles Sauerstoffatom (in der Abbildung markiert mit  $\delta^+$ ), welches auf die Doppelbindung des Alkens bzw. der ungesättigten Fettsäure übertragen werden kann.

#### Peroxoameisensäure



#### Epoxidation (Epoxidierung) eines Alkens mit Wasserstoffperoxid und Ameisensäure



#### Entsorgung

Heben Sie das epoxidierte Pflanzenöl für weitere Experimente auf. Die Lösemittelreste werden in den Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgt.

#### Literatur

Sommerfeld, Herbert (1993). *Modellreaktionen zur Technologie nachwachsender Rohstoffe*.

Aachen: Shaker

## Darstellung eines Polyesters auf Basis von Sojaölepoxyd

---

Geeignet für S I/II

Dauer

15 Minuten

Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

**Beobachtung**

Ab etwa 130 °C sublimiert ein Teil des Phthalsäureanhydrids und kristallisiert an den kälteren Bereichen der Reagenzglaswand. Ab 160 °C ist eine deutliche Zunahme der Viskosität erkennbar. Das Reaktionsgemisch wird bei 180 bis 190 °C so hart, dass der Glasstab nicht mehr herausgezogen werden kann.

**Auswertung**

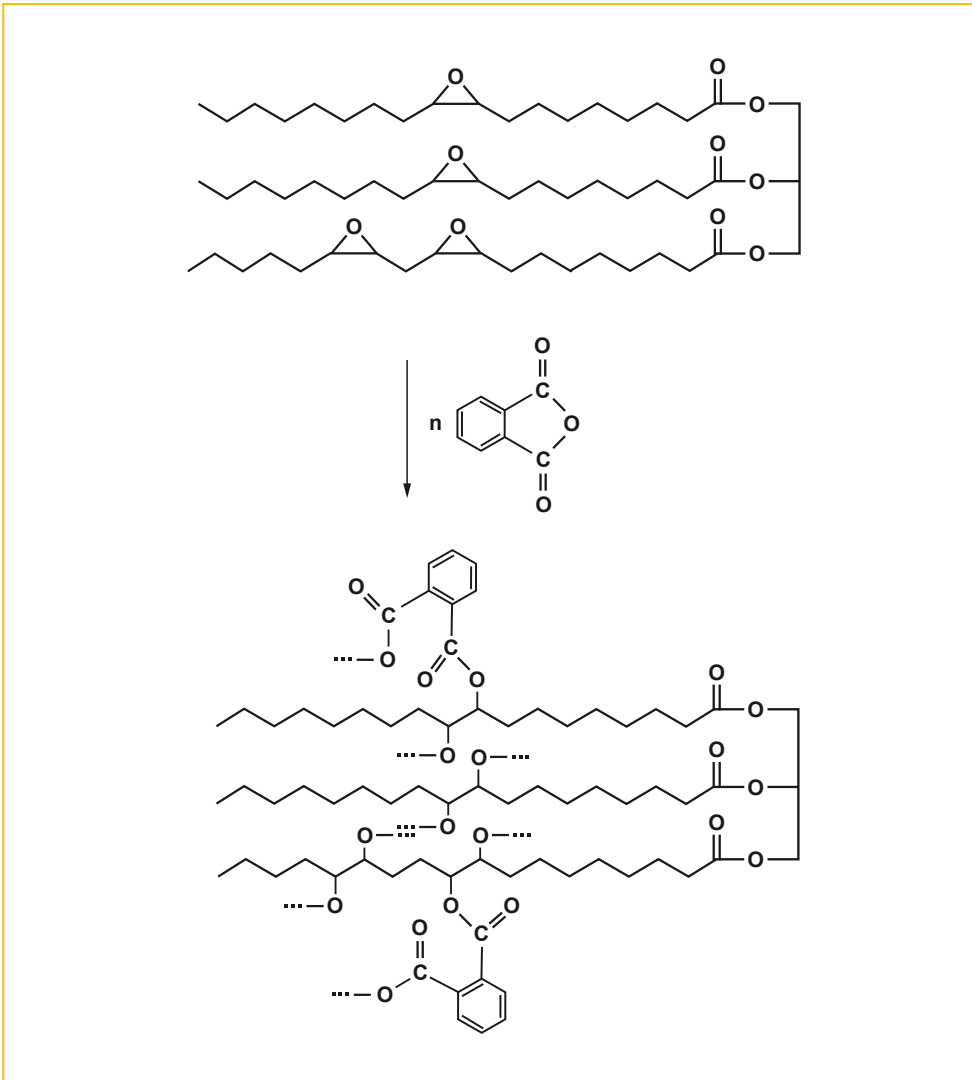
Bei der Reaktion des epoxidierten Sojaöls mit Phthalsäureanhydrid entsteht ein Polyester. Der Anstieg der Viskosität beruht auf der zunehmenden Größe der Polyester-moleküle während der Polykondensation. Natriumacetat-Trihydrat wirkt als Katalysator, wobei vermutlich die geringen Mengen des Kristallwassers des Salzes wirksam sind.

**Entsorgung**

Das Reagenzglas mit dem ausreagierten und abgekühlten Kunststoff wird (ohne Glasstab) in den Behälter für „mit Chemikalien verunreinigte Betriebsmittel“ gegeben.

Darstellung eines Polyesters auf Basis von Sojaölepoxyd

Schematische Darstellung der Bildung von Polyester aus epoxidiertem Sojaöl und Phthalsäureanhydrid



Literatur

Sommerfeld, Herbert (1993). *Modellreaktionen zur Technologie nachwachsender Rohstoffe*. Aachen: Shaker.

## Darstellung eines Polyurethan-Schaums auf der Basis von Ricinusöl

### Geeignet für S II

#### Dauer

15 Minuten

### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

Während des Erhitzens wird ein Gas freigesetzt. Die Viskosität der Mischung nimmt zu. Die Reaktion verläuft nach dem Start ohne weiteres Erwärmen ab. Man erhält einen bräunlichen Kunststoffschaum.

#### Auswertung

Durch die Reaktion des Ricinusöls als Polyol mit dem Diisocyanat entsteht ein Polyurethan. Die Reaktion verläuft exotherm.

DABCO ist ein tertiäres Amin und dient als Katalysator. Es besitzt an beiden Stickstoffatomen jeweils ein freies Elektronenpaar, reagiert also nucleophil. Damit lagert es sich an das positiv polarisierte Wasserstoffatom der OH-Gruppe des Polyols. Der Sauerstoff der OH-Gruppe wird dadurch stärker negativ polarisiert und kann daher besser mit dem positiv polarisierten C-Atom der NCO-Gruppe des Polyisocyanats reagieren. Am Ende der Additionsreaktion liegt der Katalysator wieder unverändert vor.

#### Formel von 1,4-Diazabicyclo[2,2,2]octan (DABCO)



Neben der Polyurethanreaktion gibt es auch eine Polyharnstoffreaktion. Hierbei reagieren Polyisocyanate mit Wasser unter Abspaltung von Kohlenstoffdioxid. Das gebildete Kohlenstoffdioxid wirkt als aufschäumendes Mittel. An die gebildeten Amine addieren sich Isocyanate unter Bildung von Harnstoffgruppen.

#### Entsorgung

Das Reagenzglas mit dem ausreagierten und abgekühlten Kunststoff wird zum Hausmüll gegeben.

#### Hinweis

Bei einer Durchführung im Demonstrationsreagenzglas wird der beschriebene Ansatz verdoppelt. Arbeitet man in einem Pappbecher, wiegt man 6 g Ricinusöl und 3 g Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat ein und erwärmt in einem Wasserbad. Anstelle des hier angegebenen Isocyanats kann auch Desmodur (Bayer) oder ein vergleichbares handelsübliches Isocyanatgemisch eingesetzt werden. Die optimalen Mengenverhältnisse für die Herstellung eines festen Kunststoffschaums sind jeweils in Vorversuchen zu ermitteln.

#### Literatur

Sommerfeld, Herbert (1993): *Modellreaktionen zur Technologie nachwachsender Rohstoffe*.

Aachen: Shaker.

## Dünnschichtchromatographie von Fetten

---

### Geeignet für S I/II

#### Dauer

Vorbereitung 20 bis 30 Minuten; Durchführung ca. 60 Minuten, davon 40 Minuten Laufzeit.

#### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

Nachdem die DC-Platte entwickelt, getrocknet und in die Jodkammer gestellt wurde, zeigen sich die aufgetrennten Öle/Fette als braune Flecken, die sich beim Ansprühen mit Stärkelösung blau verfärben.

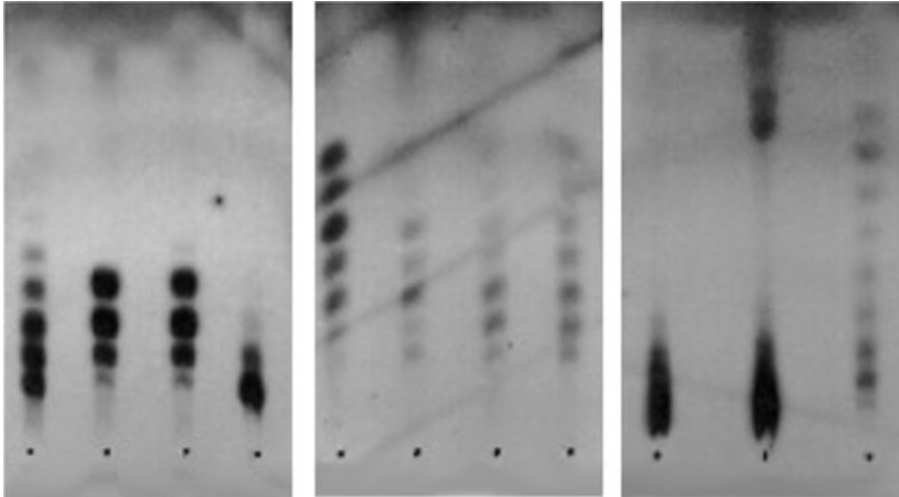
Wie auf den entwickelten Dünnschichtchromatogrammen zu sehen ist, sind die Anzahl und der Retentionsfaktor (Rf-Wert) der Flecken für jedes Öl/Fett charakteristisch. Man erhält z. B. bei Raps fünf, bei Sonnenblumen- und Maiskeimöl vier und bei Olivenöl zwei bis drei Triglyceridfraktionen. Die Chromatogramme von Sonnenblumen- und Maiskeimöl sind identisch.

#### Auswertung

Bis auf Sonnenblumen- und Maiskeimöl lassen sich die einzelnen Fette recht gut im Dünnschichtchromatogramm unterscheiden (siehe Abbildung). Allerdings wird deutlich, dass Fette lediglich verglichen werden können. Eine Zuordnung der in einem Fett enthaltenen Fettsäuren bzw. Triglyceride ist jedoch nicht möglich. Rindertalg lässt sich nicht trennen.

## Dünnschichtchromatographie von Fetten

### DC verschiedene Fette



1 2 3 4 | 5 6 7 8 | 9 10 11

1 Rapsöl	7 Kokosfett (extrahiert)
2 Sonnenblumenöl	8 Kokosfett (Palmin)
3 Maiskeimöl	9 Rindertalg (selbst ausgelassen)
4 Olivenöl	10 Rindertalg (Henkel)
5 Leinöl	11 Butter
6 Palmkernfett	

### Entsorgung

Das gebrauchte Laufmittel (Essigsäure) wird neutralisiert und im Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgt. Die entwickelten Chromatographieplatten werden in den Hausmüll gegeben. Die Jodkammer wird verschlossen und kann wiederverwendet werden.



## Die Umesterung von Fetten

---

Geeignet für S I/II

Dauer

30 Minuten

Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

**Beobachtung**

Fett bzw. Öl und Natriummethanolatlösung ergeben zunächst eine Emulsion. Im weiteren Verlauf der Reaktion entsteht eine Phase. Beim Ausschütteln mit Wasser liegen wieder zwei Phasen vor.

**Auswertung**

Es findet eine durch Natriummethanolat katalysierte Umesterung statt. Hauptprodukt sind die Fettsäuremethylester. Bei der Umesterung entsteht als Nebenprodukt Glycerin, das sich nach dem Ausschütteln in der wässrigen Phase befindet.

**Entsorgung**

Die Fettsäuremethylester werden verschlossen für den nächsten Versuch aufbewahrt. Organische Lösemittelabfälle werden nach Neutralisation in den Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgt.

## Dünnschichtchromatographie von Fettsäuremethylestern

---

### Geeignet für S I/II

#### Dauer

Vorbereitung 20 bis 30 Minuten; Durchführung ca. 60 Minuten, davon 40 Minuten Laufzeit.

#### Bitte beachten Sie die Gefährdungsbeurteilungen

#### Beobachtung

Nachdem die Platte entwickelt, getrocknet und in die Jodkammer gestellt wurde, zeigen sich die aufgetrennten Fettsäuremethylester als braune Flecken, die sich beim Ansprühen mit Stärkelösung blau färben.

Wie an den entwickelten Dünnschichtchromatogrammen zu sehen ist, ist die Anzahl und Höhe der Flecken für jedes Gemisch charakteristisch. Man erhält z. B. bei Rapsölmethylester drei, bei Sonnenblumenölmethylester zwei und bei Olivenölmethylester ein bis zwei Fraktionen.

#### Auswertung

Um die Fettsäuren der umgeesterten Fette sicher zuordnen zu können, wurden Ester der in Fetten häufig vorkommenden ungesättigten Fettsäuren (Öl-, Linol- und Linolensäuremethylester) als Referenzen parallel aufgetragen.

Man sieht anhand der Intensität der Flecken, dass jedes der Öle eine Hauptfettsäure enthält. So haben Rapsöl und Olivenöl einen hohen Anteil an Ölsäure, Sonnenblumenöl hat einen hohen Linolsäureanteil und Leinöl besteht hauptsächlich aus Linolensäure. (Anmerkung: Dass auch für die Referenzsubstanzen zum Teil mehr als ein Fleck sichtbar ist, liegt an der geringen Reinheit der bei der Esterdarstellung verwendeten Fettsäuren.)

#### Entsorgung

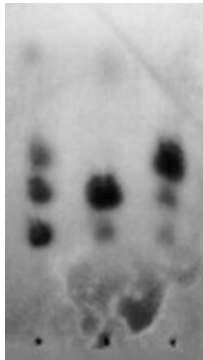
Das gebrauchte Laufmittel (Essigsäure) wird neutralisiert und im Behälter für halogenfreie organische Verbindungen entsorgt.

#### Literatur

Baur, Veronika.; Melle, Insa; Bader, Hans Joachim; Monz, Sabine (1999). Die Analyse von Fettsäuren. Ein wichtiger Aspekt des Themas Fette und Öle als nachwachsende Rohstoffe. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 52/ 4, S. 219–226.

## Dünnschichtchromatographie von Fettsäuremethylestern

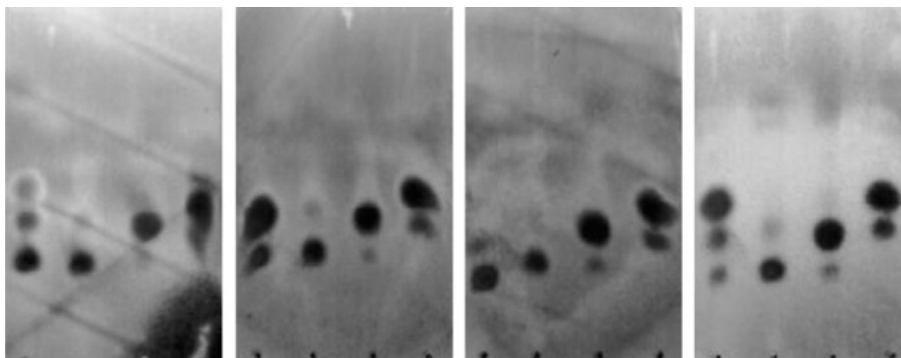
### DC verschiedener Fettsäuremethylester



1 2 3

- |   |                           |
|---|---------------------------|
| 1 | Rapsölmethylester         |
| 2 | Sonnenblumenölmethylester |
| 3 | Leinölmethylester         |

### DC von Rapsöl-, Sonnenblumenöl-, Olivenöl- und Leinölmethylester mit Referenzen



R 1 2 3 | S 1 2 3 | O 1 2 3 | L 1 2 3

R	Rapsölmethylester	1	Ölsäuremethylester
S	Sonnenblumenölmethylester	2	Linolsäuremethylester
O	Olivenölmethylester	3	Linolensäuremethylester
L	Leinölmethylester		