

# Inhaltsverzeichnis

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 Sojaölepoxid	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

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

### Sekundarstufe II







#### Einführung

Für die Herstellung von Papier wird Zellstoff benötigt. Zellstoff besteht überwiegend aus Cellulose und wird durch Aufschluss von pflanzlichem Material (in der Regel Holz) hergestellt. Die wichtigsten Bestandteile von Holz sind Cellulose (35 – 50 %), Polyosen (Hemicellulosen, 15 – 35 %) und Lignin (20 – 35 %). Weiterhin finden sich Inhaltsstoffe wie Harze, Terpene und Wachse. Ziel des Holzaufschlusses ist es, die gewünschte Cellulose von den übrigen Bestandteilen abzutrennen.

#### Geräte

Rückflusskühler, Zweihalsrundkolben (250 ml, NS 29, NS 14), Verlängerungsstück mit Schliff (ca. 17 cm), Quickfit (NS 14), Stockthermometer, Heizpilz, Magnetrührer, Rührfisch (ca. 2 cm), Glasstab, 2 Bechergläser (250 ml), Messzylinder (50 ml), Messpipette (5 ml), Pipettierhilfe, Korkring, Pulvertrichter, Saugflasche (500 ml) mit Gummikragen, Porzellannutsche (180/70), Rundfilter (Ø 70 mm), Stativmaterial, Waage, Wägeschälchen, Haushaltsschere

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Ameisensäure (w = 99 - 100 %)	  	H226 H302 H314 H331 EUH071	P210 P280 P303+P361+P353 P304+P340+P310 P305+P351+P338 P403+
Wasserstoffperoxid- Lösung (w = 30 %)	 	H302 H318	P280 P305+P351+P338 P313
Schwefelsäure (w = 98 - 100 %)			P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310
Kleintier-Streu			
demin. Wasser			

#### Sicherheitsvorschriften

Wasserstoffperoxid (C, ätzend), Ameisensäure (C, ätzend), Schwefelsäure (C, ätzend). Holzstaub ist krebserregend (TRK = 2 mg/m<sup>3</sup>), Peroxoameisensäure ist reizend. Sowohl Aufschluss als auch Vakuumfiltration unter dem Abzug durchführen.

#### Dauer

90 Minuten

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

### Durchführung

Man legt 5 g des Pflanzenmaterials im Rundkolben vor (Rührfisch nicht vergessen).

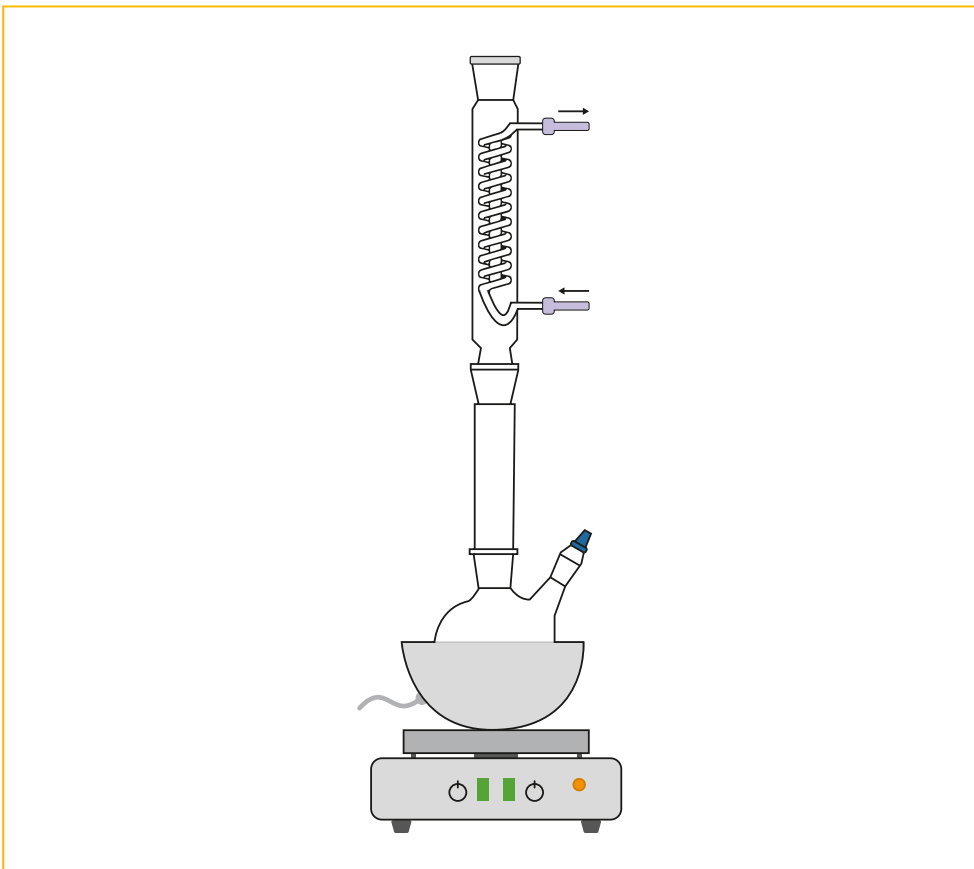
Die Aufschlusslösung wird wie folgt im Becherglas gemischt und dem Material zugesetzt:

- 38 ml Wasserstoffperoxid
- 38 ml Ameisensäure
- 3,8 ml Schwefelsäure

Das aufzuschließende Pflanzenmaterial wird in der Aufschlusslösung für ca. eine Stunde in der Siedehitze unter Rückfluss erhitzt (TS  $\approx$  101 °C).

Man rührt mit einem Magnetrührer. Der Heizpilz wird dabei nur auf Heizstufe 2 betrieben, um eine Verkohlung von Material oberhalb des Flüssigkeitspegels zu vermeiden. Beim Erwärmen reagiert das Gemisch zunächst einige Minuten unter starkem Aufschäumen. Das zwischen Rundkolben und Rückflusskühler eingebaute Verlängerungsstück dient zum Aufnehmen des Schaums.

Nach Beendigung der Reaktion trennt man den erhaltenen Zellstoff sogleich mittels Vakuumfiltration („Abnutschen“) von der noch heißen Lösung ab (Abzug!). Das Produkt wird zweimal mit demin. Wasser gewaschen und anschließend an der Luft oder im Trockenschrank (bei ca. 40 °C) getrocknet.



## Gewinnung von Zellstoff nach dem Acetosolv-Verfahren

### Sekundarstufe II













#### Einführung

Im Gegensatz zu dem vorher beschriebenen Verfahren ist hierbei eine separate Bleiche zur Gewinnung von hellem Zellstoff notwendig.

#### Geräte

2 Rundkolben (250 ml, NS 29), Rundkolben (500 ml, NS 29), Rückflusskühler, Magnetrührer mit Heizplatte, Ölbad, Wasserbad, Thermometer, Messzylinder (100 ml), Messpipette (10 ml), Pasteurpipette, Saugflasche (250 ml) und Büchnertrichter, Destillationsvorrichtung, Vakuumexsikkator

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Essigsäure (w = 96 %)	 	H226 H314 H290 P210 P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310	P210 P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310
Salzsäure (w = 36 %)	 	H314 H335 H290	P260 P280 P303+P361+P353 P304+P340+310 P305+P351+P338
Ammoniaklösung (w = 25 %)	  	H290 H314 H335 H400	P260 P273 P280 P301+P330+P331 P303+P361+P353 P305+P351+P338
Wasserstoffperoxid- Lösung (w = 30 %)	 	H302 H318	P280 P305+P351+P338 P313
2-Propanol	 	H225 H319 H336	P210 P233 P240 P305+P351+P338 P403+P235
Kaliumhydroxid		H302 H314 H290	P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310
demin. Wasser			
Kleintier-Streu			

## Gewinnung von Zellstoff nach dem Acetosolv-Verfahren

---

### Sicherheitsvorschriften

Essigsäure (C, ätzend), Salzsäure (C, ätzend), Ammoniaklösung (C, ätzend; N, umweltgefährlich), Wasserstoffperoxid (Xn, gesundheitsschädlich), 2-Propanol (F, leicht entzündlich; Xi, reizend), Kaliumhydroxid (C, ätzend), Holzstaub ist krebserregend (TRK = 2 mg/m<sup>3</sup>).

Sowohl Aufschluss als auch Vakuumfiltration unter dem Abzug durchführen.

### Dauer

Aufschluss: 90 Minuten, Trocknen über Nacht

Bleiche: 30 Minuten, Trocknen über Nacht

### Durchführung

Für den Aufschluss werden 5 g des Pflanzenmaterials ca. eine Stunde in einer Mischung aus 65 ml Essigsäure und 5,5 ml Salzsäure unter Rückfluss im Ölbad erhitzt. Dabei wird stark gerührt.

Nachdem der Reaktionsansatz mit einem Wasserbad auf Raumtemperatur abgekühlt wurde, trennt man den erhaltenen Zellstoff sogleich mittels Vakuumfiltration ab. Dieser Rohzellstoff wird zweimal mit je 15 ml Essigsäure gewaschen und über Nacht im Vakuumexsikkator über Kaliumhydroxid-Plätzchen getrocknet.

Vor der Bleiche wird der Filterkuchen geteilt. Die eine Hälfte des Rohzellstoffs wird in einer Mischung aus 30 ml Ammoniaklösung und 30 ml Wasserstoffperoxidlösung für 15 Minuten auf 70 bis 80 °C erhitzt. Der Ansatz neigt zum Überschäumen. Man verwendet daher einen großen Rundkolben (500 ml) und setzt der Reaktionsmischung zur Unterdrückung der Schaumbildung etwa 5 ml 2-Propanol oder etwas Siliconentschäumer zu. Sollte dennoch eine starke Schaumentwicklung zu beobachten sein, kann dies durch weitere Propanolzugabe unterdrückt werden.

Nach Beendigung der Reaktion wird abgesaugt. Der gebleichte Zellstoff wird zweimal mit je 50 ml Wasser gewaschen und wieder im Vakuumexsikkator über Kaliumhydroxid-Plätzchen getrocknet. Das erhaltene Produkt wird mit dem Rohzellstoff verglichen.

## Darstellung von Vanillin aus Ligninsulfonsäure

### Sekundarstufe I/II











#### Einführung

Vanillin ist meist bekannt als wichtigster Aromastoff der Vanille. Technisch kann Vanillin aus Eugenol, Guajacol oder Ligninsulfonsäuren hergestellt werden, wobei die letztere Variante das heute wichtigste Verfahren darstellt. Ligninsulfonsäuren sind Bestandteil der beim Holzaufschluss anfallenden Sulfidlauge. Durch Oxidation mit Luft im alkalischen Medium erhält man aus ihnen Vanillin.

#### Geräte

Zweihalskolben (100 ml), Rückflusskühler, Heizpilz, Magnetrührer mit Rührkern, Bechergläser (50 ml, 100 ml), Pipetten (5 ml), Uhrgläser, Scheidetrichter, pH-Meter oder Indikatorpapier

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Natriumhydroxid		H314 H290	P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310
Kupfer(II)-sulfat	 	H302 H315 H319 H410	P273 P305+P351+P338 P302+P352
Salzsäure (w = 20%)	 	H315 H319 H335 H290	P261 P280 P305+P338+P310
n-Heptan	   	H 225, 304, 315, 336, 400, 410	P 210, 261, 273, 280.1-3, 301+310, 331, 304+340, 403+235
Vanillin		H319	P305+P351+P338
demin. Wasser			
Ligninsulfonsäure			

## Darstellung von Vanillin aus Ligninsulfonsäure

---

### Sicherheitsvorschriften

Natriumhydroxid (C, ätzend), Kupfer(II)-sulfat (Xn, gesundheitsschädlich; N, umweltgefährlich), Salzsäure (w = 20 %) (C, ätzend), n-Heptan (F, leichtentzündlich; Xn, gesundheitsschädlich; N, umweltgefährlich)

### Dauer

90 Minuten

### Durchführung

Zu Beginn werden zwei Lösungen hergestellt:

- 10 g Natriumhydroxid in 20 ml demin. Wasser  
(Natriumhydroxid wird vorsichtig, portionsweise dazugegeben)
- 12,5 g Kupfer(II)-sulfat in 50 ml demin. Wasser

Beide Lösungen werden unter Rühren vereint. Man gibt noch portionsweise 5 g Ligninsulfonsäure hinzu. Das Gemisch wird für ca. eine Stunde unter Rückfluss erhitzt.

Anschließend entnimmt man 5 ml, lässt es abkühlen, verdünnt durch Zugabe von 10 ml demin. Wasser und stellt durch Zugabe von Salzsäure einen pH-Wert von 8 ein. Riechen Sie vorsichtig an der Lösung. Zur Extraktion versetzt man die Probe mit 20 ml n-Heptan und trennt durch Ausschütteln. Man lässt zehn Minuten absetzen. Die obere organische Phase wird mittels Pipette abgetrennt und auf Uhrgläser verteilt. Das n-Heptan lässt man im Abzug verdunsten. Riechen Sie wieder vorsichtig am Extrakt.

## Vergasung von Holz

### Sekundarstufe I/II







#### Einführung

Erhitzt man Holz unter Luftabschluss, erhält man ein Gemisch verschiedener Produkte (Holzkohle, Holzessig und Holzgas). Die jeweilige Zusammensetzung ist u. a. abhängig von der Holzsorte, dem Trocknungsgrad und der Erhitzungstemperatur.

#### Geräte

Reagenzglas (eventuell altes), U-Rohr, Becherglas (500 ml), Gaswaschflasche, gebogenes Glasrohr mit Rückschlagsicherung, Brenner, Stativmaterial

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Aceton	 	H225 H319 H336 EUH066	P210 P240 P305+P351+P338 P403+P233
Essigsäure		H315 H319 H290	P210 P233 P280 P302+P352 P304+P340 P308+P310 P403+P235
Methanol	  	H225 H331 H311 H301 H370	P210 P233 P280 P302+P352 P304+P340 P308+P310 P403+P235

Stoffe ohne Einstufung als Gefahrstoff:

Hartholzstaub ist krebserregend, entstehende Gase: Kohlenstoffmonoxid (KMR-Kat 1; extrem entzündbar, giftig, organschädigend), Methan (extrem entzündbar), Wasserstoff (extrem entzündbar), Ethen (extrem entzündbar, betäubend)



## Vergasung von Holz

### Sicherheitsvorschriften

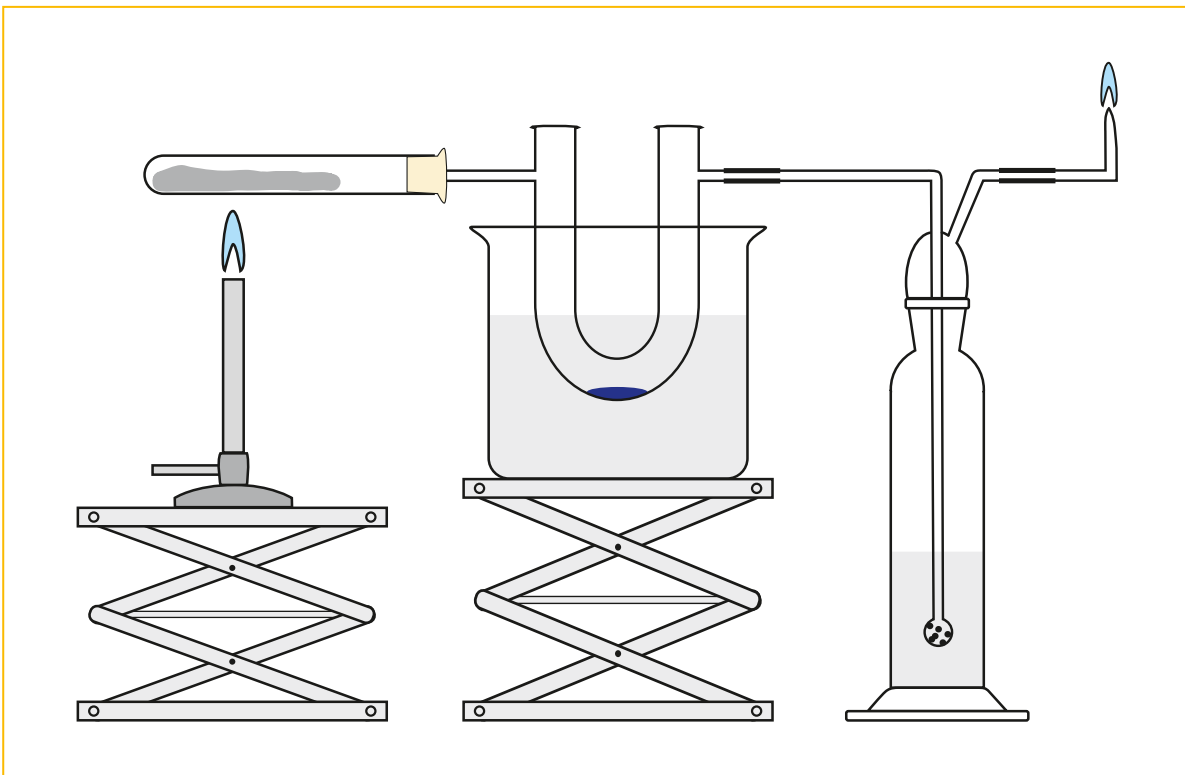
Unter dem Abzug arbeiten.

### Durchführung

Ein Reagenzglas wird etwa halb voll mit Holzspänen gefüllt und mit dem Brenner kräftig erhitzt.

Das dabei entstehende Gas wird durch eine Kühlfalle geleitet (U-Rohr in Eiswasserbad).

Das entwickelte Gas wird entzündet.



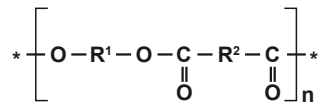
## Polyester auf Basis von Sorbit

### Sekundarstufe I/II

#### Einführung

Polyester sind eine Gruppe von Kunststoffen, die durch Polykondensation (unter Abspaltung von Wasser) aus Diolen und Dicarbonsäuren entstehen. Setzt man mehrwertige Alkohole und Carbonsäuren ein, erhält man verzweigte und vernetzte Polyester.

#### Allgemeine Formel eines verzweigten Polyesters





Polyester können auch auf Basis der Tricarbonsäure Citronensäure und des sechswertigen Sorbits hergestellt werden. Statt einer Carbonsäure kann auch deren reaktiveres Anhydrid verwendet werden (hier Phthalsäureanhydrid).

#### Geräte

2 Reagenzgläser, Silikonölbad (200 °C), Filterpapier, Bunsenbrenner, Vierfuß mit Keramikplatte, Thermometer (oder Magnetrührer mit Thermofühler), Pulvertrichter, Waage mit Wägeschälchen.

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Phthalsäureanhydrid		H302 H335 H315 H318 H334 H317	P280 P302+P352 P304+P340 P305+P351+P338 P313
Citronensäure Wasserfrei		H319	P280 P305+P351+P338 P337+P313
Sorbit			

## Polyester auf Basis von Sorbit

---

### Sicherheitsvorschriften

Phthalsäureanhydrid (Xn, gesundheitsschädlich), Citronensäure (Xi, reizend)

### Dauer

30 Minuten

### Durchführung

Je ein Reagenzglas befüllt man wie folgt:

- ⊞ 2,4 g Sorbit und 3 g Phthalsäureanhydrid
- ⊞ 2,6 g Sorbit und 3 g Citronensäure

In jedes der Reagenzgläser führt man einen Pfropf aus gerolltem Filterpapier so ein, dass er etwa 2 bis 3 cm über dem Ansatz verbleibt. Dann erhitzt man sie im Ölbad für etwa 20 Minuten auf 200 °C. Während des Erhitzens wird mehrfach geschüttelt.

## EXPERIMENTE KOHLENHYDRATE - 6

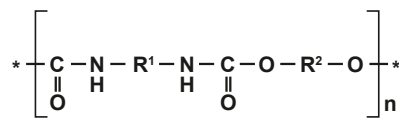
### Darstellung eines Polyurethan-Schaums auf der Basis von Glucose, Saccharose oder Sorbit

#### Sekundarstufe II

#### Einführung

Polyurethane entstehen durch Polyaddition von zwei- und höherwertigen Alkoholen mit Isocyanaten. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig: Es lassen sich sowohl Weichschaumstoffe (z. B. Matratzen) als auch Hartschaumstoffe (z. B. Wärmedämmplatten) herstellen.

#### Allgemeine Formel eines Polyurethans








Im folgenden Versuch wird als Isocyanat-Komponente Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat eingesetzt. Als Polyol-Komponenten dienen Kohlenhydrate, die pro Molekül mehrere Hydroxygruppen besitzen (z. B. Glucose, Saccharose oder Sorbit).

#### Geräte

Reagenzglas, Demonstrationsreagenzglas, Glasplatte, Messzylinder (20 ml), Einmalpipette, Waage mit Wägeschälchen, Pulvertrichter, Brenner, Stativmaterial

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
N,N-Dimethylformamid DMF	  	H360D H226 H332 H312 H319	P201 P210 P302+P352 P304+P340 P305+P351+P338 P308+P313
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat MDI	 	H351 H332 H373 H319 H335 H315 H334 H317	P261 P280 P284 P304+P340 P312 P305+P351+P338 P342+P311
D-Glucose			
Saccharose			
Sorbit			

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

---

### Sicherheitsvorschriften

N,N-Dimethylformamid (T, giftig), Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat (Xn, gesundheitsschädlich)

### Dauer

15 Minuten, Filmbildung über Nacht

### Durchführung

Unter Erwärmen werden in einem Reagenzglas 2 g Glucose oder 2 g Saccharose oder 1 g Sorbit in 6 ml Dimethylformamid gelöst. Man lässt es kurz abkühlen. Zu der Lösung werden dann 5 g Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat gegeben und durch Umschütteln gelöst. Etwa die Hälfte dieser Lösung wird auf eine Glasplatte gegossen. Der Rest wird noch einmal für ca. zwei Minuten zum Sieden erhitzt.

## Darstellung eines Biokunststoffs

---

### Sekundarstufe I/II

#### Einführung

Darstellung eines Biokunststoffes

#### Geräte

Waffeleisen, Küchenwaage, Becherglas 100 ml, Becherglas 50 ml, Glasstab

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Natriumalginat			
Speisestärke			
Wasser			
Backpulver			

#### Sicherheitsvorschriften

Das Produkt und das Waffeleisen sind heiß (Verbrennungsgefahr).

#### Dauer

15 Minuten

#### Durchführung

In 40 ml Wasser wird unter Rühren 40 g Speisestärke bis zur gleichmäßigen Verteilung gegeben. Anschließend werden zu dem Gemisch unter Rühren 1 g Backpulver, gefolgt von 1,5 g Natriumalginat, gegeben. Zuletzt wird die Masse (mehrere Portionen, nicht alles auf einmal!) in das Waffeleisen gegeben und ein bis zwei Minuten gebacken. Noch warm wird der entstandene Kunststoff zum Auskühlen aus dem Waffeleisen genommen und kann nach Belieben in jede Form gedrückt werden.

## Herstellen eines Kunststoffs aus Milchsäure

### Sekundarstufe I/II

#### Einführung




Milchsäure wird technisch durch Vergärung von Milch oder Molke mithilfe besonderer Lactobazillen hergestellt. Die Verwendung ist vielfältig und reicht vom Einsatz als Säuerungsmittel und Konservierungsmittel bis zum biologisch abbaubaren Kunststoff (Polylactid). Dieses auch als Polymilchsäure bezeichnete thermoplastische Polymer eignet sich sowohl für Verpackungen als auch für chirurgisches Nahtmaterial, das vom Körper nach einiger Zeit resorbiert wird.

Für die Herstellung von Polymilchsäure lässt man Milchsäure (2-Hydroxypropansäure) unter Wasserabspaltung zunächst zu einem Oligomer reagieren. Bei Zugabe eines geeigneten Katalysators ist auch eine Weiterreaktion zum Polymer möglich. Im folgenden Versuch wird sich aus Zeitgründen auf die Darstellung des Oligomers beschränkt.

#### Geräte

Reagenzgläser, Reagenzglashalter, Bunsenbrenner, Kunststoffschälchen, Siedesteinchen, Mikrospatel, Glasstab

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Zinn(II)-chlorid		H290 H302 H332 H314 H317 H335 H373 H412	P280 P304+P340 P301+P330+P331 P303+P361+P353 P305+P351+P338
DL-Milchsäure		H318 H315	P280 P305+P351+P338
Kupfer(II)-sulfat		H302 H315 H319 H410	P273 P305+P351+P338 P302+P352

#### Sicherheitsvorschriften

Zinn(II)-chlorid (Xn, gesundheitsschädlich), Milchsäure (Xi, reizend)

#### Dauer

20 Minuten

#### Durchführung

In ein Reagenzglas werden 5 ml Milchsäure, eine Mikrospatelspitze Zinn(II)-chlorid-Kristalle und ein Siedesteinchen gegeben. Es wird für ca. zehn Minuten unter Schütteln kräftig erhitzt (Vorsicht vor Siedeverzügen). Ein Kupfersulfatpapier wird in den entweichenden Dampf gehalten. Bei Einsetzen einer orangebraunen Färbung wird die noch heiße, flüssige Lösung in ein Kunststoffschälchen gegossen. Nach etwa einer halben bis einer Minute lassen sich aus der Lösung mit dem Glasstab Fäden ziehen.

## Herstellen einer Folie aus Chitosan

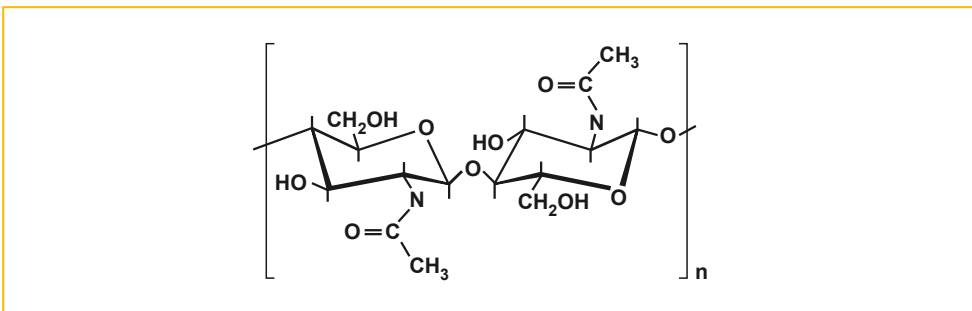
### Sekundarstufe I/II

#### Einführung

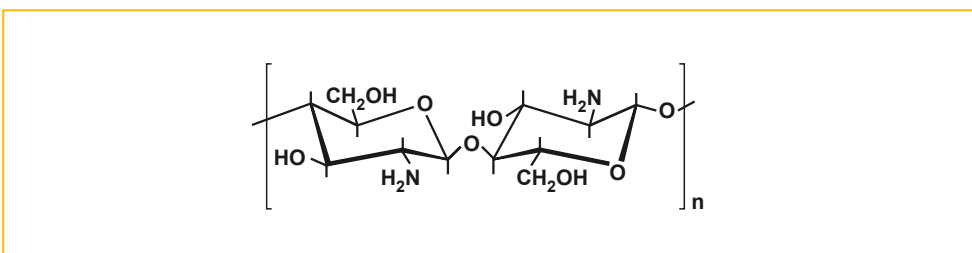
Chitin ist ein Polysaccharid und eng mit Cellulose verwandt (mit 2-Acetamido- anstelle der 2-Hydroxy-Gruppe). Chitin ist Hauptbestandteil des Exoskeletts z. B. von Krebsen und der Zellwand von Pilzen. Unterzieht man Chitin einer alkalischen Hydrolyse, so entsteht Chitosan, das am 2. C-Atom eine primäre Aminogruppe trägt.

Chitosan hat als Makromolekül (ähnlich wie Stärke) auch filmbildende Eigenschaften. Diese kann man zur Herstellung von transparenten Folien nutzen. Dazu ist es notwendig, das Makromolekül zu lösen und dann das Lösemittel auf einer ebenen Fläche verdunsten zu lassen. Es bleibt ein flexibler, nahezu reißfester und transparenter Film zurück.

#### Strukturformel von Chitin



#### Strukturformel von Chitosan




#### Geräte

Becherglas (250 ml), Magnetrührer mit Heizplatte, glatte Kunststoffplatte (optimale Größe ca. 30 x 30 cm)



## Herstellen einer Folie aus Chitosan

### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Essigsäure		H290 H315 H319	P280 P362 P332+P313 P337+P313
Chitosan			

### Sicherheitsvorschriften

Essigsäure (C, ätzend)

### Dauer

30 Minuten

### Durchführung

4 g Chitosan werden in 200 ml Essigsäure unter ständigem Rühren und leichtem Erwärmen gelöst. Nach Abkühlen der Lösung gießt man sie auf eine Kunststoffplatte. Die leicht viskose Lösung sollte nicht glattgestrichen werden. Man lässt das Lösemittel über Nacht im Abzug verdunsten.

## Untersuchung der Komplexbildungseigenschaften von Chitosan

### Sekundarstufe I/II


#### Einführung

Chitosan besitzt am zweiten C-Atom jeder Zuckereinheit eine Aminogruppe. Diese eignen sich wegen der freien Elektronenpaare bekanntlich hervorragend zur Ausbildung von Bindungen zu Kationen. Das Ammoniakmolekül selbst ist z. B. ein Ligand, der mit Kupfer den stabilen Tetramminkomplex, mit Silber den Diamminkomplex bildet. Analog kann auch Chitosan Kationen komplexieren, was im folgenden Versuch am Beispiel von Kupfer(II)-Ionen demonstriert werden soll.

#### Geräte

Säule (Höhe 25 cm, Durchmesser 2 cm), Bechergläser (100 ml, 250 ml), Messzylinder (100 ml)

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Kupfer(II)-sulfat-Lsg. (c = 0,1 mol/l)		H412	P273
Schwefelsäure (c = 2 mol/l)		H290 H314	P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310
Chitosan (Flocken)			
demin. Wasser			

#### Sicherheitsvorschriften

Kupfersulfat (Xn, gesundheitsschädlich; N, umweltgefährlich), Schwefelsäure (C, ätzend)

#### Dauer

45 Minuten

#### Durchführung

Die Säule wird etwa 15 bis 20 cm hoch mit Chitosanflocken gefüllt. Dann wird mit demin. Wasser aufgefüllt, in dem man die Flocken fünf Minuten quellen lässt. Anschließend gibt man nach und nach 100 ml Kupfersulfatlösung in die Säule und spült zum Schluss noch mit etwa 50 ml Wasser nach.

Zu Demonstrationszwecken können die Kupferionen mit Schwefelsäure wieder herausgelöst (eluiert) werden.

## Darstellung von Ethen aus Ethanol (Schülerexperiment)

### Sekundarstufe II



#### Einführung

Ethen (Ethylen) wird heute durch Cracken von Erdöl oder den gasförmigen Fraktionen bei der Erdöldestillation hergestellt. Es wird z. B. benötigt für die Produktion des Kunststoffes Polyethylen (PE). Da Ethanol heute in großer Menge durch Gärung aus Biomasse gewonnen wird, ist die Dehydratisierung von Ethanol zur Gewinnung von Ethen eine alternative Variante zur petrostämmigen Produktionsweise. Eine besonders elegante Methode ist dabei die Wasserabspaltung an Siliziumdioxid/Aluminiumoxid-Mischkatalysatoren, die als Crackkatalysatoren in der Erdölchemie Verwendung finden.

#### Geräte

2 Duran-Reagenzgläser (Ø 30 mm) mit durchbohrtem Stopfen und Gasometer, Siedesteine, Schlauchverbinder, Pasteurpipette mit Eisenwolle als Gasableitungsrohr aus dem Gasometer, Bunsenbrenner

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Ethanol		H225 H319	P280 P301+P330+P331 P305+P351+ P338+ P309+P310
Perlkatalysator (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> - Mischkatalysator)			P260
Eisenwolle			
Ethen		H220 H336	P210 P260 P304+P340 P315 P377 P381

#### Sicherheitsvorschriften

Ethen ist leichtentzündlich, daher ist die Apparatur auf Dichtigkeit zu prüfen.

#### Dauer

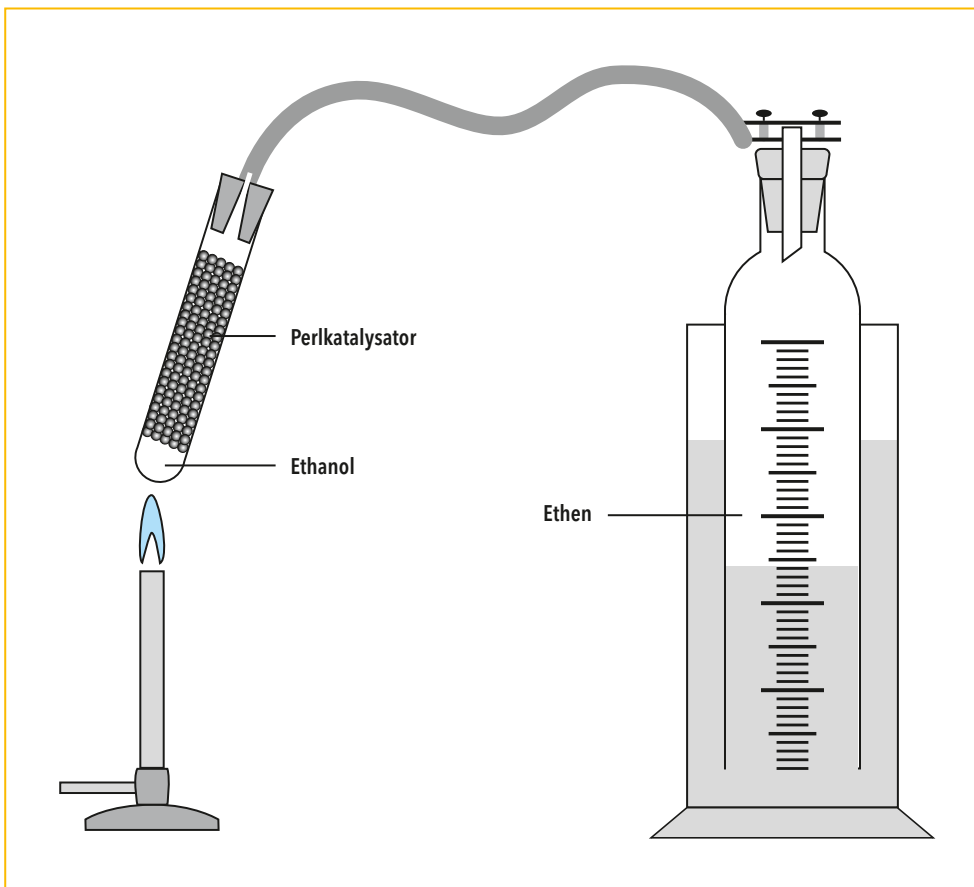
20 Minuten

## Darstellung von Ethen aus Ethanol (Schülerexperiment)

### Durchführung

Der Perlkatalysator wird vor dem Einsatz durch Erhitzen im Reagenzglas entwässert. Nun baut man die Apparatur wie in der Abbildung dargestellt auf. In ein weiteres Reagenzglas werden nun 10 ml Ethanol gegeben. Anschließend füllt man das Reagenzglas mit dem getrockneten Perlkatalysator bis ca. 3 cm unter der Öffnung auf und verbindet es mit der Apparatur. Nun wird zunächst der Perlkatalysator kräftig erhitzt und schließlich das Ethanol vorsichtig zum Sieden gebracht. Nachdem ca. 200 ml des entstehenden Gases zwecks Verdrängung der noch vorhandenen Luft verworfen wurden, wird weiteres Gas im Gasometer aufgefangen. Ein Teil des schließlich erhaltenen Gases wird abgepackelt.

Hinweis: Auf den Nachweis der Doppelbindung durch Reaktion des Ethens mit Bromwasser wird aus Sicherheitsgründen verzichtet.



## EXPERIMENTE KOHLENHYDRATE - 11b

## Darstellung von Ethen aus Ethanol (Demonstrationsexperiment!)

## Sekundarstufe II




## Einführung

Ethen (Ethylen) wird heute durch Cracken von Erdöl oder den gasförmigen Fraktionen bei der Erdöldestillation hergestellt. Es wird z. B. benötigt für die Produktion des Kunststoffes Polyethylen (PE). Da Ethanol heute in großer Menge durch Gärung aus Biomasse gewonnen wird, ist die Dehydratisierung von Ethanol zur Gewinnung von Ethen eine alternative Variante zur petrostämmigen Produktionsweise. Eine besonders elegante Methode ist dabei die Wasserabspaltung an Siliziumdioxid/Aluminiumoxid-Mischkatalysatoren, die als Crackkatalysatoren in der Erdölchemie Verwendung finden.

## Geräte

Saugrohr mit durchbohrtem Stopfen, Glashahn, Quarz-Reaktionsrohr, Ø 15 mm, 20 cm lang, mit passenden durchbohrten Stopfen, Gasometer, Siedesteine, Schlauchverbinder, Pasteurpipette mit Eisenwolle als Gasableitungsrohr aus dem Gasometer, 2 Gasbrenner, Quarzwolle.

## Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Ethanol		H225 H319	P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 +P309+P310
Perlkatalysator (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> - Mischkatalysator)			P260
Eisenwolle			
Ethen		H220 H336	P210 P260 P304+P340 P315 P377 P381
Stickstoff		H280	P403

## Sicherheitsvorschriften

Ethen ist leichtentzündlich, daher ist die Apparatur auf Dichtigkeit zu prüfen.

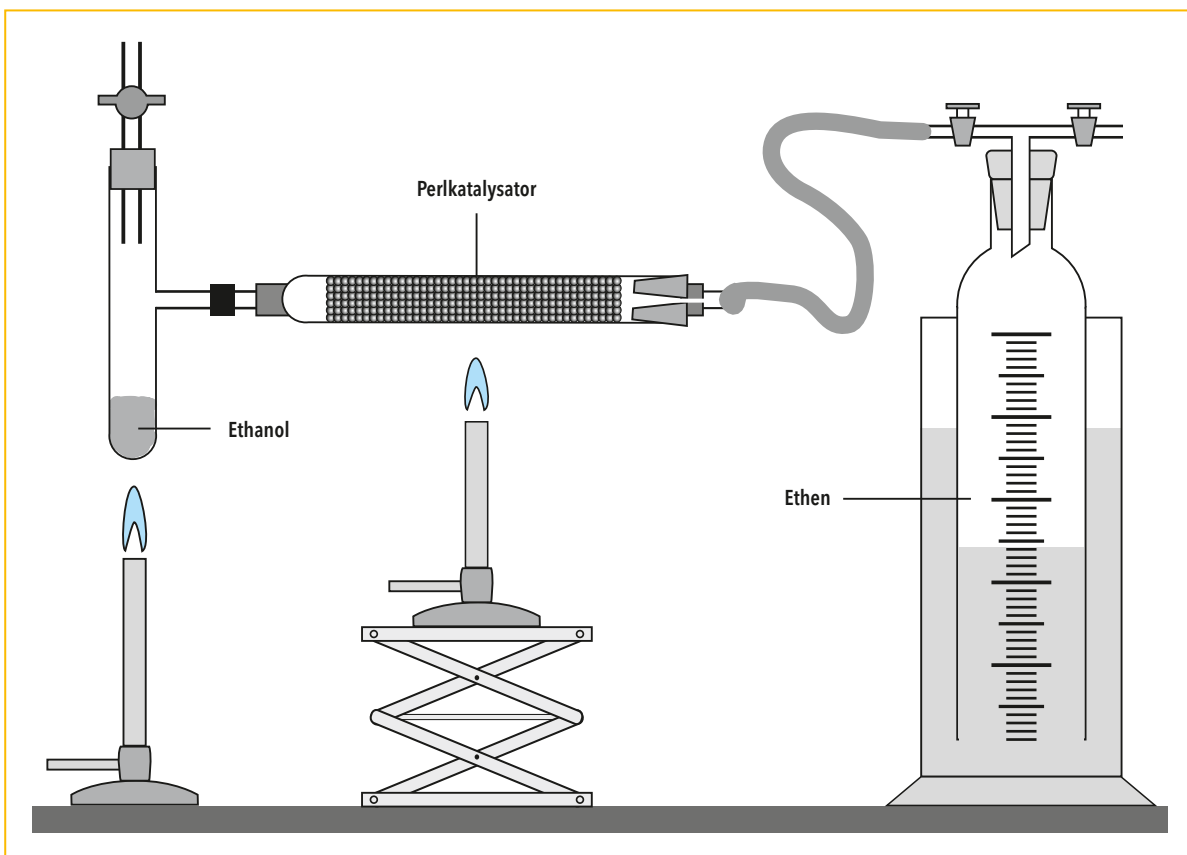
## Dauer

30 Minuten

## Darstellung von Ethen aus Ethanol (Demonstrationsexperiment!)

### Durchführung

Man füllt den Perlkatalysator ins Reaktionsrohr, dichtet beide Seiten mit Quarzwolle ab und erhitzt das Rohr unter Durchleitung mit Stickstoff oder Luft zur Trocknung des Katalysators. Die Apparatur wird wie in der Abbildung dargestellt aufgebaut. 15 ml Ethanol und einige Siedesteine werden ins Saugrohr gegeben und die Apparatur gut mit Stickstoff gespült. Nun erhitzt man den Perlkatalysator kräftig und bringt anschließend das Ethanol zum Sieden. Nachdem man die ersten 200 – 300 ml des entstehenden Gases zwecks Verdrängung des Stickstoffs verworfen hat, wird weiteres Gas im Gasometer aufgefangen. Ein Teil des schließlich erhaltenen Gases wird abgefackelt.



## Gewinnung von Sojaöl aus Sojaschrot

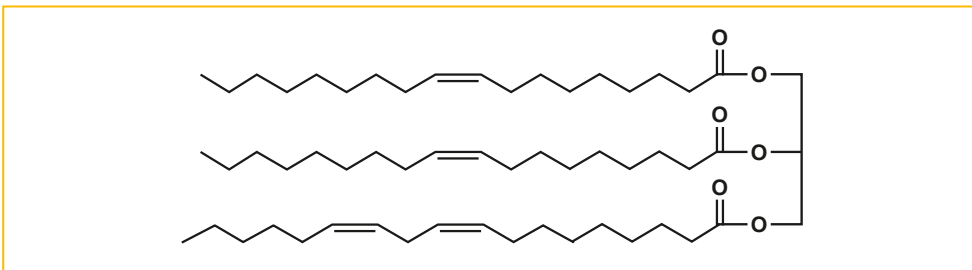
### Sekundarstufe I/II

#### Einführung

Die Sojabohne gehört zu den Hülsenfrüchtlern – wie die bei uns bekannte Gartenbohne oder Erbse. Sojabohnen wurden schon vor Tausenden von Jahren in China aufgrund ihres hohen Gehaltes an Fetten (ca. 18 %) und Eiweißen (ca. 37 %) angebaut.

Das Sojaöl weist eine gelbliche bis bräunliche Farbe auf. Der Anteil an mehrfach ungesättigten Fettsäuren liegt (bezogen auf die gesamten Fettsäuren) bei etwa 55 – 65 %. Industriell wird das Sojaöl mit Hilfe von Hexan aus geschroteten Sojabohnen extrahiert. Das Lösemittel wird anschließend mittels Vakuumdestillation zurückgewonnen. Der Großteil des Sojaöls wird für die Herstellung von Nahrungsmitteln benötigt (z. B. Margarine). In diesem Experiment wird Sojaöl mit Petrolether aus Sojaschrot extrahiert.

#### Vereinfachte Darstellung eines Sojamoleküls (mit einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäurenestern)




#### Geräte

Heizmagnetrührer mit Rührkern, Kristallisationsschale als Wasserbad, Rundkolben (250 ml), Glastrichter, Pulvertrichter, Löffel, Spatel, Wägeschälchen, Stativmaterial, Hebebühne, Korkringe, 2 Schliffklammern (NS 29), 2 Schliffklammern (NS 14,5), Becherglas (100 ml), Liebigkühler, Claisenaufsatz, Vakuumvorstoß, Rundkolben (100 ml), Thermometer, Stopfen (NS 14,5), Stabthermometer, Faltenfilter, Messzylinder (100 ml), Waage, Siedesteine, weißes Papier

## Gewinnung von Sojaöl aus Sojaschrot

### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Petrolether (Benzin, Siedebereich 50–70 °C)		H224 H304 H315 H336 H411	P210 P301+P310 P331 P370+P378c P403+P235
Natriumsulfat (wasserfrei)			
Sojaschrot (Reformhaus)			

### Sicherheitsvorschriften

Petrolether (F, leichtentzündlich; Xn, gesundheitsschädlich; N, umweltgefährlich).

Das gewonnene Öl ist nicht zum Verzehr geeignet.

### Dauer

30 Minuten

### Durchführung

In einem Rundkolben werden 50 g Sojaschrot und 3 g Natriumsulfat mit etwa 100 ml Petrolether vermischt und 15 Minuten bei Raumtemperatur gerührt oder geschüttelt. Anschließend wird filtriert und das Lösemittel abgedampft.

Mit dem Produkt kann die Fettfleckprobe durchgeführt werden. Geben Sie hierzu einige Tropfen des Öls auf ein Blatt Papier.



## Epoxidation von Sojaöl

### Sekundarstufe II






#### Einführung

Sojaöl enthält etwa zur Hälfte ungesättigte Fettsäuren. Die dort vorhandenen reaktionsfreudigen C-C-Doppelbindungen können epoxidiert werden. Das übliche industrielle Verfahren zur Epoxidation erfolgt „in situ“ aus Carbonsäuren (z. B. Ameisensäure) und Wasserstoffperoxid (Peroxoameisensäure-Verfahren). „In situ“ besagt, dass eine (meist reaktive) Verbindung im gleichen Reaktionsgefäß hergestellt und weiterverwendet wird.

#### Geräte

2 Rundkolben (250 ml), 2 Rundkolben (100 ml), Tropftrichter (50 ml), Einwegspritzen (10 ml; 0,1 ml), Messzylinder (50 ml), Scheidetrichter (250 ml), Becherglas (250 ml), 3 Bechergläser (50 ml), Magnetrührer mit Heizplatte und Kontaktthermometer, Wasserbad (ca. 500 ml), Filtriervorrichtung, Stativmaterial, Destillationsvorrichtung aus Versuch 1

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Ameisensäure (w = 99 %)		H226 H302 H314 H331 EUH071	P210 P280 P303+P361+P353 P304+P340+P310 P305+P351+P338 P403
Wasserstoffperoxid- Lösung (w = 30 %)		H302 H318	P280 P305+P351+P338 P313
ortho-Phosphorsäure (w = 85 %)		H290 H314	P280 P301+P330+P331 P309+P310 P305+P351+P338
Natronlauge (w = 30 %)		H290 H314	P280 P301+P330+P331 P309+P310 P305+P351+P338
n-Heptan		H 225, 304, 315, 336, 400, 410	
demin. Wasser			
Natriumsulfat (wasserfrei)			
pH-Papier			

## Epoxidation von Sojaöl

---

### Sicherheitsvorschriften

Ameisensäure (C, ätzend), Wasserstoffperoxidlösung (Xn, gesundheitsschädlich), ortho-Phosphorsäure (C, ätzend), Natronlauge (C, ätzend), n-Heptan (F, leichtentzündlich; Xn, gesundheitsschädlich; N, umweltgefährlich)

### Dauer

Epoxidation (60 Minuten), Isolierung (30 Minuten)

### Durchführung

#### Epoxidation

In einem Rundkolben mit aufgesetztem Tropftrichter werden 35 g Pflanzenöl und 7,5 ml Ameisensäure vorgelegt. Das Reaktionsgefäß wird in ein auf 70 °C temperiertes Wasserbad getaucht. Dann tropft man unter kräftigem Rühren eine Mischung von 0,05 ml (ca. 1 Tropfen) ortho-Phosphorsäure in 35 ml Wasserstoffperoxidlösung mit einer Rate von etwa einem Tropfen/Sekunde hinzu. Zur Vervollständigung der Reaktion wird der Ansatz noch 30 Minuten bei 70 °C weitergerührt.

#### Isolierung des epoxidierten Pflanzenöls

Nachdem der Reaktionsansatz auf Raumtemperatur abgekühlt ist, werden unter Rühren 20 ml demin. Wasser hinzugegeben. Dann neutralisiert man die enthaltenen Säuren durch Zugabe von etwa 15 ml Natronlauge. Hierbei sollte das Reaktionsgemisch ständig gerührt und mit einem Wasserbad gekühlt werden. Die Mischung wird mit 50 ml n-Heptan ausgeschüttelt und die organische Phase im Scheidetrichter abgetrennt. Man trocknet über Natriumsulfat. Anschließend wird filtriert und das Lösemittel abdestilliert. Das Produkt wird verschlossen im Kühlschrank aufbewahrt.

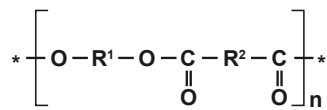
## Darstellung eines Polyesters auf Basis von Sojaölepoxid

### Sekundarstufe I/II

#### Einführung

Polyester sind eine Gruppe von Kunststoffen, die durch Polykondensation (unter Abspaltung von Wasser) aus Diolen und Dicarbonsäuren entstehen. Setzt man mehrwertige Alkohole und Carbonsäuren ein, erhält man verzweigte und vernetzte Polyester.

#### Allgemeine Formel eines verzweigten Polyesters




Epoxidierte Pflanzenöle reagieren mit Dicarbonsäuren unter Ringöffnung zu Polyestern. Dabei fungiert das Epoxid als Diol- bzw. als Polyolkomponente. Statt Dicarbonsäuren können auch Dicarbonsäureanhydride eingesetzt werden. Diese sind reaktionsfähiger als die Säuren und haben den Vorteil, dass bei der Reaktion kein Wasser freigesetzt wird. Im folgenden Versuch werden das in Versuch 2 gewonnene epoxidierte Sojaöl sowie Phthalsäureanhydrid verwendet.

#### Geräte

Reagenzglas, Thermometer (Messbereich bis 300 °C), Silikonölbad (im 100-ml-Becherglas, hohe Form), Magnetheizplatte, Mörser mit Pistill, Holzstab, Spatel, Pulvertrichter, Stativmaterial, Waage mit Wägeschälchen, Glasstab

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Phthalsäureanhydrid		H302 H335 H315 H318 H334 H317	P280 P302+P352 P304+P340 P305+P351+P338 P313
Natriumacetat-Trihydrat			
epoxidiertes Sojaöl			

## Darstellung eines Polyesters auf Basis von Sojaölepoxyd

---

### Sicherheitsvorschriften

Phthalsäureanhydrid (Xn, gesundheitsschädlich)

### Dauer

15 Minuten

### Durchführung

In einem Reagenzglas werden 3,5 g gemörsertes Phthalsäureanhydrid, 5 g epoxidiertes Sojaöl und eine kleine Spatelspitze Natriumacetat-Trihydrat vermengt. Unter gelegentlichem Rühren mit einem Holzstab wird der Ansatz auf 180 bis 200 °C erhitzt. Eventuell im oberen Bereich des Reagenzglases kristallisierendes Phthalsäureanhydrid wird mittels Glasstabes in den Ansatz zurückgegeben.

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

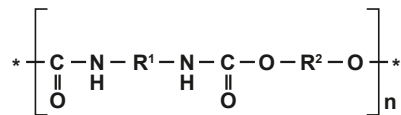
### Sekundarstufe II

#### Einführung

Das schwach gelbe Ricinusöl wird aus den Samen der Ricinusstaude durch Kaltpressen gewonnen. Es besteht zu etwa 80 % aus dem Glycerid der Ricinolsäure (12-Hydroxyölsäure). Aufgrund der enthaltenen OH-Gruppen wird es technisch unter anderem als Polyolkomponente für die Herstellung von Polyurethan-Schäumen eingesetzt.

Polyurethane entstehen durch Polyaddition von zwei- und höherwertigen Alkoholen mit Isocyanaten. Die Anwendungsgebiete sind vielfältig: Es lassen sich sowohl Weichschäume (z. B. Matratzen) als auch Hartschäume (z. B. Wärmedämmplatten) herstellen.






#### Allgemeine Formel eines Polyurethans



#### Geräte

Reagenzglas oder Pappbecher, Reagenzglasständer, Spatel, Brenner, Glasstab, Pasteurpipette, Stativmaterial, Waage

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat	 	H351 H332 H373 H319 H335 H315 H334 H317	P261 P280 P284 P304+P340 P312 P305+P351+P338 P342+P311
1,4-Diazabicyclo-[2,2,2]octan (DABCO)	  	H228 H302 H315 H318	P261 P280 P284 P304+P340 P312 P305+P351+P338 P342+P311
Ricinusöl			
demin. Wasser			

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

### Sicherheitsvorschriften

Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat (Xn, gesundheitsschädlich), 1,4-Diazabicyclo[2,2,2]octan (Xn, gesundheitsschädlich)

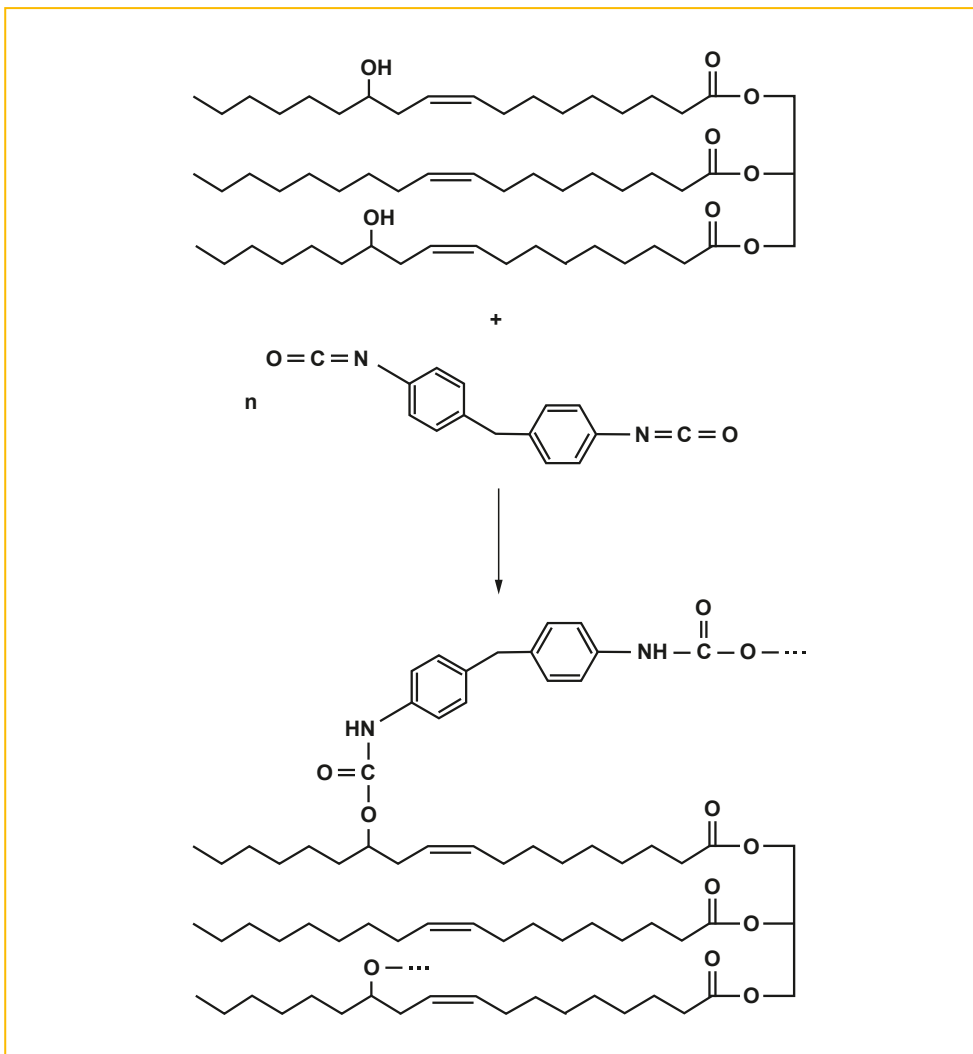
### Dauer

15 Minuten

### Durchführung

Ein Reagenzglas wird etwa 3 cm hoch mit Ricinusöl und anschließend zusätzlich 1,5 cm hoch mit Diphenylmethan-4,4'-diisocyanat gefüllt. Man gibt einige Kristalle DABCO und acht Tropfen Wasser zu und verrührt innig. Unter weiterem Rühren wird der Ansatz etwa 30 Sekunden lang erhitzt, bis eine Schaumbildung beginnt. Dann stellt man das Reagenzglas ab.

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



## Dünnschichtchromatographie von Fetten

### Sekundarstufe I/II






#### Einführung

Die Dünnschichtchromatographie (DC) ist ein chromatographisches Trennverfahren, mit dem Proben auf ihre Zusammensetzung hin untersucht werden können. Man benötigt eine stationäre Phase (z. B. mit Kieselgel beschichtete Platte) und eine mobile Phase (Lösemittel bzw. -gemische als Laufmittel). Die Kieselgelplatten sind im vorliegenden Versuch hydrophobiert (Reversedphase DC). Als Laufmittel wird mit Paraffin gesättigte, konzentrierte Essigsäure eingesetzt. Fette bzw. Öle sind allgemein Ester des Glycerins mit drei Fettsäuren (Triglyceride). Natürliche Fette und Öle sind Mischungen unterschiedlicher Triglyceride. Eine direkte Dünnschichtchromatographie von Fetten und Ölen erlaubt keine Zuordnung einzelner Triglyceride. Dennoch lassen sich zumindest verschiedene Fette und Öle unterscheiden.

#### Geräte

Schnappdeckelgläser, Chromatographiekammern, dünne Kapillare (1 µl), Jodkammer (z. B. Einmachglas), Filterpapier, Sprühvorrichtung (z. B. Blumenspritze), Trockenschrank, Scheidetrichter

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Paraffin (dünnflüssig)		H304	P301+P310 P331
Benzin (Siedebereich)		H225 H304 H315 H336 H361f H373 H411	P210 P240 P273 P301+P330+P331 P302+P352 P314 P403+P233
Aceton		H225 H319 H336 EUH066	P210 P240 P305+P351+P338 P403+P233
Iod		H312+H332 H315 H319 H335 H372 H400	P273 P302+P352 P305+P351+P338 P314
Essigsäure (Konzentration siehe Einzelversuch)		H226 H314 H290	P210 P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310
Kieselgelplatten (z. B. Polygram Sil g/UV254, Machery-Nagel)			
Zu untersuchende Substanzen			
Stärkelösung			
Öle/Fette			

## Dünnschichtchromatographie von Fetten

---

### Sicherheitsvorschriften

Aceton (F, leichtentzündlich; Xi, reizend), Benzin (F+, hochentzündlich; N, umweltgefährlich; Xn, gesundheitsschädlich), Essigsäure (C, ätzend), Jod (Xn, gesundheitsschädlich; N, umweltgefährlich), Paraffin dünnflüssig (Xn, gesundheitsschädlich)

### Dauer

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

### Durchführung

Die Kieselgelplatte wird in eine Lösung aus Paraffin und Benzin (Mischungsverhältnis siehe Einzelversuch) getaucht und fünf Minuten horizontal gelagert getrocknet. Man löst die zu untersuchenden Substanzen in Aceton (1 Tropfen bzw. 0,05 g in 4 ml). Die Lösungen werden auf gleicher Höhe (ca. 0,5 cm vom Rand) punktförmig auf die Platte aufgetragen. Das Auftragevolumen sollte ca. 1  $\mu$ L betragen.

Als Laufmittel wird Essigsäure verwendet, die mit Paraffin gesättigt wurde. Dazu gibt man Essigsäure und dünnflüssiges Paraffin in einen Scheidetrichter, schüttelt und lässt das Gemisch zur Phasentrennung etwa fünf Minuten stehen. Da Paraffin die obere Phase bildet, kann die klare, paraffingesättigte Essigsäure unten entnommen werden. Die Lösung sollte immer frisch angesetzt werden.

In die Chromatographiekammer stellt man ein Filterpapier, das mit dem Laufmittel getränkt ist. Die Chromatographie erfolgt über eine Lauffhöhe von 5 bis 6 cm. Nach dem Entwickeln trocknet man die Platten zehn Minuten bei 110 °C im Trockenschrank.

Für die Detektion werden die DC-Platten für fünf bis zehn Minuten in eine Jodkammer (z. B. Einmachglas, das einen Bodensatz aus Jod enthält) gestellt. Anschließend lässt man überschüssiges Jod abdampfen, besprüht die Platte mit Stärkelösung (z. B. aus einer Blumenspritze) und lässt sie trocknen.



## Die Umesterung von Fetten

### Sekundarstufe I/II






#### Einführung

Die Umesterung mit einem Alkohol bietet weitere Möglichkeiten zur Analytik von Fetten, da die zugrundeliegenden einzelnen Fettsäuren als Methylester erhalten werden. Diese können im nächsten Versuch mittels Dünnschichtchromatographie bestimmt werden.

#### Geräte

Großes Reagenzglas, Kristallisierschale, Magnetrührer, 2 Rührkerne, Thermometer, Scheidetrichter (100 ml) oder Becherglas, Messzylinder (10 ml), Messzylinder (100 ml), Becherglas (20 ml), Spatel, Pipette mit Pipettenhütchen, Stativmaterial, Waage

#### Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Methanol	  	H225 H331 H311 H301 H370	P210 P233 P280 P302+P352 P304+P340 P308+P310 P403+P235
Natriumhydroxid		H314 H290	P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310
Schwefelsäure (c = 1 mol/l)		H290 H319 H315	P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 +P309+P310
demin. Wasser			
pH-Papier			
Öle/Fette			
demin. Wasser			
Kleintier-Streu			

## Die Umesterung von Fetten

---

### Sicherheitsvorschriften

Methanol (F, leichtentzündlich; T, giftig), Natriumhydroxid (C, ätzend), Schwefelsäure (C, ätzend)

### Dauer

30 Minuten

### Durchführung

0,3 g Natriumhydroxid werden in 100 ml Methanol aufgelöst. In ein Reagenzglas werden nun 4 ml der NatriummethanolatLösung gefüllt. Zu dieser gibt man 2 g Öl bzw. Fett und erhitzt das Gemisch unter Rühren in einem etwa 75 °C warmen Wasserbad.

Es bildet sich zunächst eine Emulsion. Das Ende der Reaktion ist daran zu erkennen, dass die Lösung nach zwei bis fünf Minuten klar wird (sollte dies nicht deutlich erkennbar sein, kann die Lösung mit etwas Methanol verdünnt werden).

Anschließend gibt man das Reaktionsgemisch in einen Scheidetrichter bzw. ein Becherglas, auf etwa 20 ml demin. Wasser und säuert mit Schwefelsäure an. Dabei bilden sich zwei Phasen. Die obere Phase enthält das Produkt, die untere, wässrige Phase wird verworfen.



## Dünnschichtchromatographie von Fettsäuremethylestern

## Sekundarstufe I/II

## Geräte

Schnappdeckelgläser, Chromatographiekammern, dünne Kapillare (1 µl), Jodkammer (z. B. Einmach-glas), Filterpapier, Sprühvorrichtung (z. B. Blumenspritze), Trockenschrank, Scheidetrichter

## Chemikalien

	Gefahrensymbole	H-Sätze	P-Sätze
Paraffin (dünnflüssig)		H304	P301+P310 P331
Benzin (Siedebereich)		H225 H304 H315 H336 H361f H373 H411	P210 P240 P273 P301+P330+P331 P302+P352 P314 P403+P233
Aceton		H225 H319 H336 EUH066	P210 P240 P305+P351+P338 P403+P233
Iod		H312+H332 H315 H319 H335 H372 H400	P273 P302+P352 P305+P351+P338 P314
Essigsäure (90 %)		H226 H314 H290	P210 P280 P301+P330+P331 P305+P351+P338 P308+P310
Kieselgelplatten (z. B. Polygram Sil g/UV254, Machery-Nagel)			
Zu untersuchende Substanzen			
Methylester der Öle/Fette			
käufliche Referenz- substanzen			

## Dünnschichtchromatographie von Fettsäuremethylestern

---

### Sicherheitsvorschriften

Aceton (F, leichtentzündlich; Xi, reizend), Benzin (F+, hochentzündlich; N, umweltgefährlich; Xn, gesundheitsschädlich), Essigsäure (C, ätzend), Jod (Xn, gesundheitsschädlich; N, umweltgefährlich), Paraffin dünnflüssig (Xn, gesundheitsschädlich)

### Dauer

Vorbereitung 30 Minuten; Durchführung 90 Minuten, davon 60 Minuten Laufzeit.

### Durchführung

Die Kieselgelplatte wird in eine Lösung aus Paraffin und Benzin (Mischungsverhältnis 1:9) getaucht und fünf Minuten horizontal gelagert getrocknet. Man löst die zu untersuchenden Substanzen in Aceton (ein Tropfen bzw. 0,05 g in 4 ml). Die Lösungen werden auf gleicher Höhe (ca. 0,5 cm vom Rand) punktförmig auf die Platte aufgetragen. Das Auftragevolumen sollte ca. 1 µL betragen.

Als Laufmittel wird Essigsäure verwendet, die mit Paraffin gesättigt wurde. Dazu gibt man Essigsäure und dünnflüssiges Paraffin in einen Scheidetrichter, schüttelt und lässt das Gemisch zur Phasentrennung etwa fünf Minuten stehen. Da Paraffin die obere Phase bildet, kann die klare, paraffingesättigte Essigsäure unten entnommen werden. Die Lösung sollte immer frisch angesetzt werden.

In die Chromatographiekammer stellt man ein Filterpapier, das mit dem Laufmittel getränkt ist. Die Chromatographie erfolgt über eine Laufhöhe von 5 bis 6 cm. Nach dem Entwickeln trocknet man die Platten zehn Minuten bei 110 °C im Trockenschrank.

Für die Detektion werden die DC-Platten für fünf bis zehn Minuten in eine Jodkammer (z. B. Einmachglas, das einen Bodensatz aus Jod enthält) gestellt. Anschließend lässt man überschüssiges Jod abdampfen, besprüht die Platte mit Stärkelösung (z. B. aus einer Blumenspritze) und lässt sie trocknen.