

Nachwachsende Rohstoffe

1. Zur Einführung

Ein großer Teil der industriell hergestellten Chemie-Produkte stammt aus der Petrochemie, also der Verarbeitung von Erdöl. Beispiele dafür sind die uns vertrauten Gegenstände aus Kunststoffen wie PVC, Polyethylen, Polyisopren usw.

Die Verwendung von Erdöl als Ausgangsstoff für diese Synthesen ist letztlich eine „Einbahnstraße“, da die Ressourcen irgendwann aufgebraucht sein werden. Außerdem sind viele der Produkte oder die Verfahren zu ihrer Herstellung eine Belastung für die Umwelt. Es gibt daher gute Gründe, andere Quellen zur Herstellung von Massenchemikalien zu suchen. Nachwachsende Rohstoffe, also Materialien pflanzlicher und tierischer Herkunft bieten hier in der Zukunft neue Möglichkeiten.

Diese Rohstoffe wurden und werden schon seit langer Zeit eingesetzt: Fette als Basis für die Herstellung von Seife (siehe 1.4), Farbstoffe (Indigo, Purpur), Holz (Papierherstellung), Kautschuk aus dem Milchsafte des Gummibaumes (Reifen), sekundäre Pflanzenstoffe (z.B. Alkaloide wie Morphium) usw..

Viele dieser Stoffe lassen sich (bisher) gar nicht oder nur mit extrem hohem Aufwand im Labor synthetisieren und sind daher umso wertvoller.

Mit der Erfindung der Schrift vor Jahrtausenden brauchte man ein Medium, um die Botschaften und Geschichten niederzuschreiben und aufzubewahren. Die ältesten Zeugnisse davon sind behauene Steine und Tafeln, die aber schon 3500 v. Chr. durch die Verwendung des Papyrus bei den Ägyptern teilweise abgelöst wurden. In China und in unserem Kulturkreis hat man zuerst Baumwolle und Leinen benutzt. Mit der Erfindung des Buchdruckes, der eine Massenverbreitung der schriftlichen Dokumente ermöglichte, musste man auch eine mengenmäßig adäquate Quelle zur Papierherstellung finden: Holz. Holz ist der bedeutendste pflanzliche Rohstoff. Es enthält mehrere Bestandteile, die als nachwachsende Rohstoffe von der chemischen Industrie genutzt werden. Der Hauptbestandteil des Holzes ist die Cellulose, die wiederum aus sehr vielen verknüpften Traubenzuckereinheiten besteht. Um die Cellulose zu erhalten, müssen die anderen Bestandteile des Holzes (wie z.B. Lignin und Hemicellulose) abgetrennt werden. Für diesen Prozess gibt es verschiedene Methoden. Die wohl schadstoffärmste Vorgehensweise ist das sogenannte Acetosolv-Verfahren, das im Experiment gezeigt werden soll (**Versuch 2.1**). Es liefert bräunlichen Zellstoff, der zur Papierherstellung gebleicht werden muss (**Versuch 2.2**).

Die gewonnene Cellulose kann auch zur Schießbaumwolle weiterverarbeitet werden (**Versuche 2.3.1-2**). Der chemische Aufbau der Cellulose ermöglicht es noch andere Teilchen anzudocken, die dafür sorgen, dass die Cellulose beim Verbrennungsvorgang schneller und rückstandsloser verbrennt. Dies geschieht, indem man den Sauerstoff, der für jede Verbrennung notwendig ist, in einer „funktionellen Gruppe“ (hier eine Nitro-Gruppe) an die Cellulosepartikel anbindet. Das führt bei der Verbrennung auch zu einer vermehrten Gasentwicklung.

Die Reaktion zur Nitrierung von Cellulose wurde Mitte des 19. Jahrhunderts von Christian Friedrich Schönbein aus Metzingen gefunden. Sie war die Grundlage für die Entwicklung von Celluloid, dem ersten Kunststoff.

Zu den Lieferanten nachwachsender Rohstoffe zählen auch die Algen, die in Japan sogar als Nahrungsmittel dienen. Das Interesse der Pharma- und Lebensmittelindustrie an den Algen liegt daran, dass sie aus besonderen Zuckern aufgebaute Polysaccharide (= große Moleküle aus vielen Zuckerbausteinen)

enthalten, die unter bestimmten Bedingungen in einen gelartigen oder festen Zustand übergehen können. Ein Beispiel dafür sind die Alginatmoleküle, die in der Lebensmitteltechnik als Stabilisatoren, Verdickungsmittel und Geliermittel verwendet werden. Als Geliermittel kommen sie bei Fruchtgelees und Marmeladen zum Einsatz. Bei der Bereitung von Milchspeisen und Speiseeis werden sie als Verdickungsmittel eingesetzt.

In **Versuch 2.4** wird die Wirkung eines Alginatzusatzes auf Milch untersucht. Die positiv geladenen Calcium-Ionen der Milch können mit negativen Seitengruppen der Alginatmoleküle wechselwirken, so dass Calcium-Brücken zwischen den Alginat-Ketten entstehen: Es bildet sich ein Gel. Calcium bildet mit Phosphat-Ionen recht stabile Salze. Eine Zugabe von Phosphaten zu der Milch mit Alginat erniedrigt die Konzentration freier Calcium-Ionen. Die Gelbildung ist damit verzögert, und man erhält insgesamt ein homogeneres Produkt.

Cellulose besteht aus vielen Traubenzuckerbausteinen (Glucose). Stärke, der Speicherstoff vieler Pflanzen (Kartoffeln, Getreide) und der Hauptbestandteil von Mehl, besteht chemisch gesehen aus den gleichen Grundeinheiten! Der Grund für die völlig verschiedenen Eigenschaften liegt in der unterschiedlichen Verknüpfungsart der Bausteine in beiden Substanzen.

Stärke ist von fundamentaler Bedeutung für den Menschen, in erster Linie für die Ernährung. In **Versuch 2.5** wird Stärke aus Kartoffeln gewonnen. Mittlerweile werden sogar Verpackungsmaterialien und Kunststoffe auf Stärkebasis hergestellt.

2. Die Experimente – von Markus Schwarz



2.1 Gewinnung von Zellstoff nach dem Acetosolv-Verfahren

Geräte:

Rundkolben 250 mL, Rückflusskühler, Magnetrührer mit Heizplatte, Ölbad, Messzylinder (100 mL), Messpipette (10 mL), Saugflasche, Büchnertrichter, Wasserstrahlpumpe

Chemikalien:

Hobelspäne, Essigsäure (96%, ätzend, C), Salzsäure (36%, ätzend, C)

Durchführung:

- 5 g Holzspäne abwiegen
- 65 mL Essigsäure abmessen und in einen Rundkolben geben
- 5,5 mL Salzsäure abmessen und in denselben Rundkolben geben
- die Hobelspäne nun ebenfalls in den Kolben geben
- die Mischung unter starkem Rühren eine Stunde unter Rückfluss im Ölbad kochen.
- Abkühlen des Reaktionsansatzes auf Raumtemperatur, z.B. mit einem Wasserbad.
- Der Inhalt des Kolbens wird nun mittels Saugflasche und Büchnertrichter filtriert.
- Der braune Zellstoffrückstand wird zweimal mit je 15 mL Essigsäure gewaschen.

2.2 Bleichen von Zellstoff

Die im ersten Experiment erhaltene Cellulose, die bisher noch braun ist und für die Papierproduktion völlig unbrauchbar wäre, soll hier gebleicht werden, d.h. weiß gemacht werden. Im von uns angewendeten Verfahren werden Stoffe eingesetzt, die durch eine chemische Reaktion Farbstoffteilchen zerstören. Wenn alle Farbstoffteilchen zerstört sind, dann erscheint der Zellstoff weiß.

Geräte:

Gleiche Apparatur wie in Experiment 1 mit der Ausnahme, dass hier ein 1l-Rundkolben verwendet wird.

Chemikalien:

Ammoniaklösung (25%) (reizend, Xi), Wasserstoffperoxidlösung (30%) (ätzend, C), 2-Propanol (leicht entzündlich, F), destilliertes Wasser.

Durchführung:

- Der im Experiment erhaltene Zellstoff wird halbiert.
- 30 mL Wasserstoffperoxidlösung in den Rundkolben geben.
- 30 mL Ammoniaklösung unter Rühren in den Rundkolben geben.
- 5 mL 2-Propanol ebenfalls noch hinzugeben (unterdrückt etwas das Schäumen)
- eine Hälfte des Zellstoffes hinzugeben.
- 15 min auf 70 bis 80°C erhitzen. (Nach Möglichkeit schauen, dass alle Hobelspäne mit der Zeit in die Flüssigkeit eintauchen und dass keine mehr oben am Kolbenrand kleben.)
- Anschließend wird abgesaugt.
- Der gebleichte Zellstoff wird zweimal mit mind. 15 ml Wasser gewaschen (der penetrante Ammoniakgeruch sollte nicht mehr zu riechen sein).

2.3.1 Herstellung von Schießbaumwolle

In diesem Experiment soll gezeigt werden, wie man die Cellulose zu Schießbaumwolle weiterverarbeiten kann.

Geräte:

Bechergläser (250 mL und 1L), Glasstab, Messzylinder (50 mL), Trichter, großer Büchnertrichter, Magnetrührer mit Rührfisch

Chemikalien:

Konz. Salpetersäure (65%, $\rho=1,4$ g/mL), konz. Schwefelsäure (96%), Watte, Indikatorpapier, Filtrierpapier oder Küchenrolle.

Durchführung:

- Ein Becherglas wird auf den Magnetrührer gestellt und ein Rührfisch hingegeben.
- Es werden 20 mL konzentrierte Salpetersäure in das Becherglas gegeben.
- Unter starkem Rühren lässt man nun sehr langsam 40 mL konzentrierte Schwefelsäure hinzuzuließen. (Achtung: die Mischung erwärmt sich stark). Bei diesem Vorgang entsteht die so genannte Nitriersäure.
- Nun lässt man die Mischung wieder auf Zimmertemperatur abkühlen und gibt anschließend 2g Watte hinzu.
- Die Watte wird nun mit dem Glasstab ca. 15 min in der Nitriersäure hin- und herbewegt, damit alle Fasern der Watte gleichmäßig benetzt werden.
- Anschließend gießt man die Säure ab und lässt die Watte in ein mit einem Liter Leitungswasser gefülltes Becherglas gleiten.
- Die Watte wird im Becherglas geschwenkt. Das Wasser wird mindestens drei Mal erneuert. Das letzte Waschwasser wird mit pH-Papier auf Säurefreiheit überprüft.
- Nun wird die Watte noch ca. 5 Minuten im Büchnertrichter unter fließendem Wasser gespült.
- Anschließend die Watte gut auspressen (am besten abschließend zwischen Filtrierpapier).
- Die Watte wird fein zerzaust und für zwei bis drei Stunden in den Trockenschrank (40°C) gestellt.

2.3.2 Eigenschaften der Schießbaumwolle

Durchführung:

Teil 1: Verbrenne einen Wattebausch im Abzug.

Teil 2: Verbrenne nun eine Flocke der Schießbaumwolle im Abzug

Teil 3: Verbrenne einen Wattebausch auf einem Filterpapier im Abzug.

Teil 4: Verbrenne eine Flocke Schießbaumwolle auf einem Filterpapier im Abzug.
Was kann man jeweils beobachten?

2.4 Nachtschleim im Labor: Alginate

In diesem Experiment sollen die Eigenschaften des Naturstoffes Milch durch Zugabe von bestimmten Chemikalien verändert werden.

Geräte:

2 Bechergläser 100 mL, 2 Glasstäbe, Spatel

Chemikalien:

Natriumphosphat, Natriumalginat, Vollmilch

Durchführung:

- Gib in ein Becherglas 50 mL Vollmilch.
- Füge unter intensivem Rühren 0,5 g Natriumphosphat zu.
- Nachdem sich das Natriumphosphat vollständig gelöst hat wird 1 g Natriumalginat unter Rühren hinzugegeben,.
- Wiederhole den Versuch ohne die Zugabe von Natriumphosphat.

2.5 Gewinnung von Stärke aus Kartoffeln

Geräte:

Kartoffelreibe, Kartoffelschäler, Filtriervorrichtung, Bechergläser (1 L, 300 mL), Messzylinder (200 mL), Bunsenbrenner, Dreibein mit Drahtnetz

Chemikalien:

Kartoffeln, destilliertes Wasser, Jod

Durchführung:

- Kartoffeln schälen und 100 g abwiegen.
- Diese 100 g Kartoffeln werden mit der Reibe zerkleinert, der Brei anschließend mit 100 mL Wasser aufgeschlämmt und anschließend durch ein Teesieb geschüttet. Dieser Vorgang wird noch zwei Mal wiederholt.
- Man lässt das Becherglas 5 Minuten stehen bis sich die Stärke am Boden absetzt.
- Das überstehende Wasser abgießen.
- Es wird noch einmal mit 150 mL und 100 mL Wasser aufgerührt und anschließend wieder abgossen.
- Nun wird ein Teil der Stärke aufgekocht und anschließend ein kleiner Jodkristall hinzugegeben. Dasselbe wird mit der käuflichen Stärke gemacht.