

# Polyurethanschaum

Dieser Versuch muß unbedingt im Abzug und unter Einhaltung strenger Sicherheitsvorkehrungen durchgeführt werden. Die nötigen Ausgangslösungen können von den entsprechenden Herstellern bezogen werden (z.B. ICI), die verschiedenste Arten von Ausgangsstoffen anbieten.

In Baumärkten sind Heimwerkersetts erhältlich, die es ermöglichen, einfach (ohne Hantieren mit den Ausgangskomponenten) Polyurethanschaum herzustellen.

## Versuchsinhalt

Herstellung eines Polyurethan-Hartschaumes durch Mischen zweier Lösungen:

- die Lösung I enthält als Reaktionskomponente ein Diisocyanat (Komp. II)
- die Lösung II enthält als Reaktionskomponente ein Polyol (Diol oder Triol), ein Treibmittel und einen Katalysator (Komp. I)

Ein guter PUR-Schaum muß bestimmte Qualitätskriterien erfüllen. Während der im Versuch vorgeführten Synthese sollen die Schüler einige Tests kennenlernen, die in der Industrie durchgeführt werden, um die Qualität eines PUR-Schaumes zu überprüfen.

## Material und Geräte

- Kunststoffbecher, möglichst transparent
- 5 ml Spritzen
- Glasstäbe
- Uhr
- Metall- oder Holzspateln
- Filzstifte
- Schere oder Messer
- Waage (auf mind. 0,1 genau)
- 500 ml Meßzylinder
- Lösung I
- Lösung II
- Lebensmittelfarbe

## ***Sicherheitshinweise***

### **Versuch unbedingt im Abzug ausführen !!!**

4,4'- Diphenylmethandiisocyanat soll nicht eingeatmet werden. Es verursacht Reizungen der Augen, der Haut und der Atemwege

## ***Versuchsanleitung***

- Kunststoffbecher auf eine Papierunterlage stellen.
- Mit Hilfe einer Spritze ungefähr 5 ml Lösung I in den Becher überführen.
- Mit einer zweiten Spritze ungefähr das gleiche Volumen Lösung II zugeben
- 2 bis 3 Tropfen einer wässrigen Farbstofflösung zugeben (Die Zugabe geringer Mengen Wasser unterstützt den Schäumungsvorgang).
- Mit Hilfe eines Glasstabes die Lösungen gut mischen, ca. 15 Sekunden weiterrühren und dann stoppen.

Erfassen Sie:

- Die Startzeit, den Zeitpunkt, zu dem der Schaum zu „steigen“ beginnt: Bringen Sie wenige Millimeter über dem Boden des Bechers eine Markierung an und halten sie den Zeitpunkt fest, an dem die Markierung verschwindet.
- Den Zeitpunkt, zu dem der Schaum die Hälfte der Becherhöhe erreicht: Bringen Sie in halber Becherhöhe eine Markierung an und halten sie den Zeitpunkt fest, an dem der Schaum diese Markierung erreicht.
- Den Zeitpunkt, zu dem der Schaum den Becherrand erreicht: Legen Sie einen Bleistift oder eine Spatel auf den Becherrand halten sie den Zeitpunkt fest, an dem der Schaum den Bleistift oder die Spatel erreicht.
- Den Zeitpunkt, zu dem der Schaum zu „steigen“ aufhört: Beobachten sie den Schaum genau, bringen sie ev. in der Nähe des Becherrandes eine Markierung an und halten Sie den Zeitpunkt fest, ab dem sich der Schaum nicht mehr bewegt.

Bestimmung der Dichte des Schaumes:

- a) Bestimmen Sie die Masse ( $m_1$ ) and das Volumen ( $v$ ) des leeren Bechers. Entfernen Sie nach Ende des Versuches den Schaum, der über den Becherrand gestiegen ist. Wägen Sie den schaumgefüllten Becher ( $m_2$ ) und berechnen Sie die Dichte ( $\rho$ ) des Schaumes:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

- b) Man kann die Dichtebestimmung aber auch anhand eines Schaumstoffstückes durchführen, das man aus dem überschüssigen Schaum schneidet und zunächst abwägt:
- Wenn der Schaumstoffteil eine regelmäßige Gestalt zeigt, lässt sich sein Volumen auf Grund seiner Abmessungen leicht berechnen.

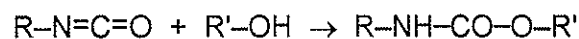
- Wenn der Schaumteil unregelmäßig geformt ist:
  - 1 Füllen Sie einen 500 ml Meßzylinder bis zur halben Höhe mit Wasser und markieren sie die Füllhöhe.
  - 2 Tauchen Sie den Schaumstoffteil mit Hilfe eines spitzen Stäbchens völlig unter die Wasseroberfläche.
  - 3 Bestimmen Sie aus dem Anstieg des Wasserspiegels im Meßzylinder das Volumen des Schaumteiles.

## Beobachtungen

- Aus den in diesem Versuch verwendeten Ausgangsstoffen bildet sich ein Hartschaum.
- Es kommt zur Ausbildung einer vernetzten Molekülstruktur.
- Ein Treibmittel, das durch die Wärmeentwicklung bei der exotherm ablaufenden Reaktion verdampft, sorgt für die Schaumbildung.

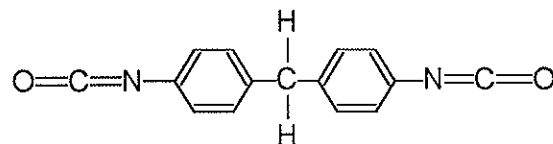
## Molekulare Betrachtung und Anwendungen<sup>2</sup>

Isocyanate (R-N=C=O), besonders aromatische Isocyanate, bilden bei der Reaktion mit Komponenten, die ein reaktives Wasserstoffatom besitzen, wie beispielsweise Alkohole, Amine und Wasser, Urethane:

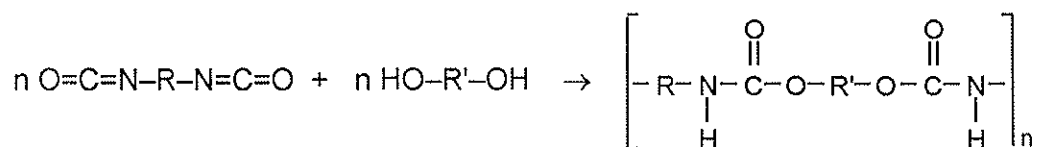


Isocyanat      Alkohol      Urethan

Mit Diisocyanaten and Diolen läßt sich eine Polykondensation ausführen, wie nachfolgend am Beispiel der Reaktion von 4,4'- Diphenylmethan



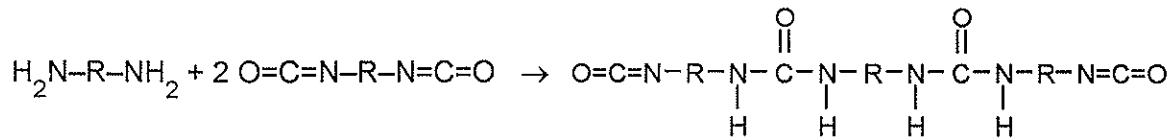
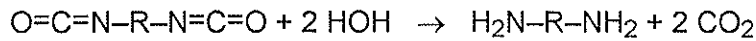
(allgemein O=C=N-R-N=C=O) und einem Diol (allgemein HO-R' -OH) dargestellt ist.



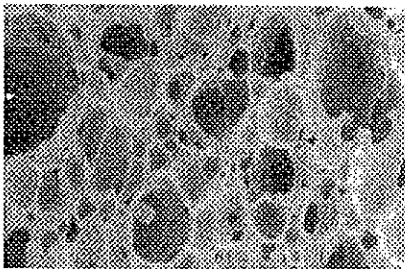
Durch die Reaktion von Diisocyanaten and linearen Diolen entstehen lineare thermo-  
plastische Polyurethane, die leicht zu formen sind (z.B. Skischuhe). Polyurethane, die durch  
die Reaktion von Diisocyanaten (v.a. aromatischen Diisocyanaten) und Triolen (oder Poly-  
olen) entstehen, sind vernetzt und duroplastisch.

<sup>2</sup> J Thibaut, D. Davous, *Comment faire un spectacle de chimie ?* Poitiers C.R.D.P. (1990). P. Arnaud, *Cours de chimie organique*. Dunod (1990).

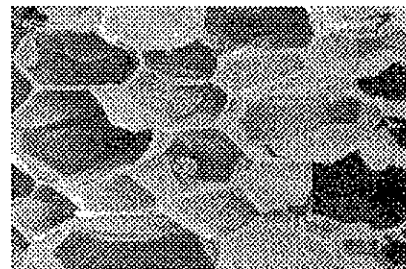
Läuft die Polykondensation in Gegenwart von Wasser ab, das mit Isocyanaten unter Abspaltung von CO<sub>2</sub> reagiert, entsteht ein Kunststoffschaum, entweder hart oder weich und elastisch, Polyurethanschaum (PUR-Schaum):



Polyurethanschaum wird überwiegend als Isolationsmaterial und für die Herstellung von Polstermöbeln, Sitzen und Matratzen eingesetzt. Durch die Zugabe eines Treibmittels (früher FCKW wie z.B. Freon, heute flüssiges CO<sub>2</sub> oder Cyclopentan) zu einem der Ausgangsstoffe vor der Reaktion (vor der Reaktion), kommt es zur Schaumbildung. Der exotherme Ablauf der Polykondensation sorgt für die Verdampfung des Treibmittels.



Mikroskopische Aufnahme eines Weichschaumes mit offene Zellen



Mikroskopische Aufnahme eines Hartschaumes mit geschlossenen Zellen

Da sich die Eigenschaften der Polyurethane durch die Wahl der eingesetzten Ausgangsstoffe in einem weiten Bereich variieren lassen, gibt es entsprechend viele verschiedene Anwendungsbereiche.

Wichtige Materialeigenschaften wie z.B. Flexibilität, Festigkeit, elektrischer Widerstand und Lichtstabilität lassen sich durch die Zugabe geeigneter Additive noch weiter optimieren.

Eine Eigenschaft von besonderem Interesse ist die Brennbarkeit: wie alle organischen Materialien sind Polyurethane brennbar, besonders Schaumstoffe infolge ihrer großen Oberfläche und damit Kontaktfläche zum Luftsauerstoff.

Da diese Schaumstoffe in hohem Maß im Wohnbereich eingesetzt werden, (Wärmedämmung, Matratzen, Polstermöbel, etc), werden dem Polyurethan flammhemmende Additive beigegeben, welche seine Brandbeständigkeit erhöhen, die Rauchentwicklung vermindern und das Löschen erleichtern.

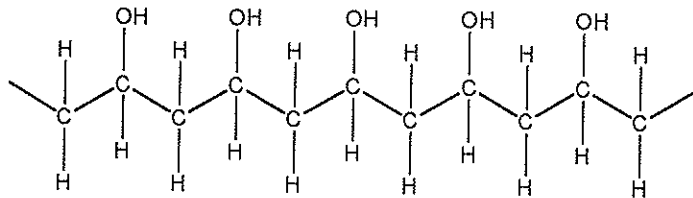
# Slime

## Versuchsinhalt

Herstellung von Slime (schleimiges, galertartiges Produkt) aus:

- einer wässrigen Polyvinylalkohollösung
- einer wässrigen Boraxlösung

Formel von Polyvinylalkohol:



## Material und Geräte

- transparente Kunststoffbecher
- Meßzylinder
- Pipetten (auf ml genau ablesbar)
- Glasstab
- ☺ 10 % wässrige Polyvinylalkohollösung
- Lebensmittelfarbe
- ☺ 2% wässrige Boraxlösung

### Herstellung der 10 % wässrige Polyvinylalkohollösung

100 g Polyvinylalkohol in einen Liter kaltes, deionisiertes Wasser einrühren. Die Lösung zum Kochen bringen und solange rühren, bis der Polyvinylalkohol vollständig gelöst ist (kann lange dauern). Die Lösung abkühlen lassen und in einer verschlossenen Flasche aufbewahren.

### Herstellung der 2% wässrigen Boraxlösung

5 g wasserfreies Borax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) in 250 ml kochendem deionisiertem Wasser lösen.

☺ Polyvinylalkohol befindet sich im Koffer. POLYVIOL® V03/180, Hydrolysegrad 82-85 mol %.  
 ☺ Natriumtetraborat befindet sich im Koffer

## ***Sicherheitshinweise***

- Von Polyvinylalkohol gehen keine Gefahren aus.
- Borax verursacht beim Verschlucken Vergiftungen.
- Slime nicht in den Mund nehmen und nach dem Berühren von Slime Hände gründlich waschen.
- Slime möglichst nicht mit Kleidern oder Möbeln in Kontakt bringen.
- Sobald Slime seine Eigenschaften verliert, in den Müll werfen.

## ***Versuchsanleitung***

- In einen Kunststoffbecher 20 ml der wässrigen Polyvinylalkohollösung gießen.
- Einige Tropfen Lebensmittelfarbe zugeben.
- 7 mL Boraxlösung begeben und den Becherinhalt mit einem Glasstab gut mischen.
- Das Reaktionsprodukt aus dem Becher nehmen und mit den Händen kneten. Das Material wird fest und zeigt sehr spezifische Eigenschaften, die man als viskoelastisches Verhalten bezeichnet. Am Beispiel von Slime lassen sich die Besonderheiten dieses viskoelastischen Verhaltens sehr gut demonstrieren (schnelles und langsam Dehnen; Eine Kugel formen und diese auf einer harten Unterlage aufprallen lassen).

Um unliebsame Überraschungen zu vermeiden, den Meßzylinder, der zum Abmessen der Ausgangslösungen verwendet wird, sehr sorgfältig mit Wasser ausspülen!

## ***Versuchsvarainte für 9 Schüler***

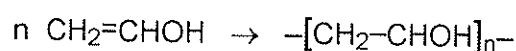
- Der Versuch wird - bei sonst gleichen Bedingungen - mit unterschiedlichen Mengen Boraxlösung durchführt, wobei die Menge der verwendeten Boraxlösung von 1ml auf 9 ml gesteigert wird. Jeder der Schüler führt einen Versuch mit einer anderen Menge Boraxlösung durch.
- Aus dem Vergleich der Eigenschaften der 9 Produkte läßt sich das beste Mengenverhältnis der Ausgangsstoffe ableiten.
- Die Proben, die nicht die gewünschten viskoelastischen Eigenschaften zeigen, sollen nachträglich verbessert werden.

## ***Beobachtungen***

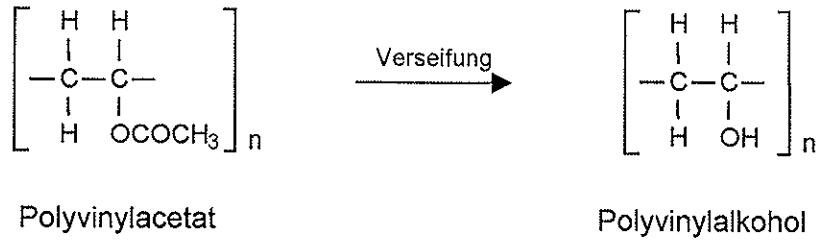
Bei Verwendung von 20 ml Polyvinylalkohollösung und 7 mL Boraxlösung bildet sich ein festes Gel, das am Rührstab "hochklettert" und sobald die Rührbewegung gestoppt wird, langsam "auseinanderfließt".

## ***Molekulare Betrachtungen und Anwendungsbereiche***

Polyvinylalkohol entsteht durch die Polymerisation von Monomeren, die eine Doppelbindung in "Vinylstellung" aufweisen, wie z.B. Vinylalkohol:



Die industrielle Herstellung erfolgt heute durch die Verseifung von Polyvinylacetat, bevorzugt in alkalischem Medium:



Je nach Grad der Hydrolyse enthält das Produkt mehr oder weniger Acetylgruppen im Molekül.

#### Löslichkeit und Viskosität

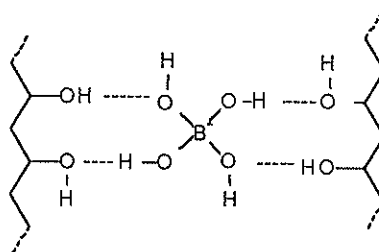
- Eine wesentliche Eigenschaft dieser Polymergruppe ist ihre gute Wasserlöslichkeit, die einerseits mit steigendem Hydrolysegrad zunimmt, andererseits mit zunehmendem Polymerisationsgrad abnimmt. Die Viskosität von wässrigen Polyvinylalkohollösungen ist bei gleicher Massenkonzentration abhängig vom Polymerisationsgrad des Polyvinylalkohols.
- Konzentrierte wässrige Lösungen neigen zum Gelieren, das durch Rühren und Erwärmen verhindert werden kann.
- Die Zugabe von Methanol, Ethanol oder Isopropanol zu wässrigen Polyvinylalkohollösungen führt zu einer Erhöhung der Viskosität.
- Polyvinylalkohole sind in allen gängigen organischen Lösemitteln, in Fetten und Ölen unlöslich.

#### Auswirkungen von Borax<sup>2</sup>

Die Zugabe geringer Mengen an Borax zu einer wässrigen Polyvinylalkohollösung führt zu einer Erhöhung der Viskosität und in der Folge zur Bindung des Wassers. In verdünnten wässrigen Boraxlösungen liegen  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ -Ionen vor. Es kommt zur Ausbildung von Wasserstoffbrücken zwischen:

- den OH-Gruppen des Alkohols und
- den  $\text{B}(\text{OH})_4^-$ -Ionen, die sich aus Tetraborat bilden.

Auf diese Weise bildet sich ein dreidimensionales Netz, in dem Wassermoleküle eingelagert werden. Das entstehende Gel enthält ungefähr 96% Wasser.



<sup>2</sup> E.Z. Casassa, A.M. Sarquis, C.H. Van Dyke, *The Gelation of Polyvinyl Alcohol with Borax*, J. Chem. Educ., 63, 57-59 (1986).

## Anwendungen

Polyvinylalkohol (PVA) haftet sehr gut auf saugenden Materialien wie z.B. Papier, Karton und Geweben. Es wird daher für die Herstellung von Klebern und Leimen (z.B. Holzleimen, Fliesenkleber usw.) verwendet. In der Textilindustrie werden die Fasern vor ihrer Verarbeitung (Stricken, Weben usw.) mit PVA behandelt, um sie vor Beschädigung zu schützen. Aus dem fertigen Produkt lässt sich PVA dann leicht mit Wasser entfernen.

PVA wird auch als Verdickungsmittel in Klebern, Anstrichen und Farben auf wässriger Basis eingesetzt und als Schutzkolloid zur Stabilisierung von "Öl in Wasser"-Emulsionen.

Aus PVA lassen sich transparente, lichtstabile und physiologisch unbedenkliche Folien und Beschichtungen herstellen, die zudem widerstandsfähig gegen Fette und Öle sind. Papier und Karton für die Lebensmittelverpackung werden daher sehr häufig mit Polyvinylalkohol behandelt oder mit PVA-Folien kaschiert, um sie fettdicht zu machen.

PVA eignet sich auch zur Herstellung von Verpackungen für Produkte, die in wässriger Umgebung verwendet werden wie z.B. Badesalze, Desinfektionsmittel, Farbstoffe, Insektizide u.ä.. Da sich die Verpackung im Wasser auflöst, ist es nicht nötig, die Produkte vor der Anwendung auszupacken. (In Krankenhäusern werden z.B. Wäschesäcke aus PVA verwendet: Die verschmutzte Wäsche kann ohne Auspacken zum Waschen und zur Desinfektion gelangen) Im Industriebau- und Apparatebau werden Membranen, Dichtungen, Rohre usw. mit PVA behandelt, um ihre Beständigkeit gegen Fette, Schmiermittel, Öle, Treibstoffe oder Lösungsmittel zu erhöhen.



# Faden aus Polyvinylalkohol

## Versuchsinhalt

Herstellung eines Polymerfadens aus einer Polyvinylalkohol-Lösung <sup>1</sup>.

## Material und Geräte

- 50 ml Becherglas
- kleine Häkchen (herzustellen aus einer Büroklammer)
- ☺ 4 % wässrige Polyvinylalkohollösung
- Lebensmittelfarbe
- Aceton

## Herstellung der 4 % wässrigen Polyvinylalkohollösung

10 g Polyvinylalkohol in einen Liter kaltes, deionisiertes Wasser einrühren. Die Lösung zum Kochen bringen und solange rühren, bis der Polyvinylalkohol vollständig gelöst ist (kann etwas länger dauern). Die Lösung abkühlen lassen und in einer verschlossenen Flasche aufbewahren.

## Sicherheitshinweise

- Von Polyvinylalkohol gehen keine Gefahren aus.
- Aceton ist leicht brennbar; nicht in der Nähe von Wärmequellen hantieren.

## Versuchsanleitung

- Ungefähr 10 ml wässrige Polyvinylalkohollösung in ein 50 ml Becherglas gießen.
- Einige Tropfen Lebensmittelfarbe zugeben.
- Das Becherglas neigen und die Polyvinylalkohollösung mit dem gleichen Volumen Aceton überschichten. An der Grenzfläche der beiden Lösungen bildet sich ein weißlicher Film aus Polyvinylalkohol.
- Mit einem kleinen Häkchen den Polymerfilm erfassen und langsam ziehen. Es läßt sich ein 40 –bis 60 cm langer Faden ziehen.
- Den Faden auf einem Stück Aluminiumfolie trocknen lassen.

---

<sup>1</sup> M.C. Sherman, J. Chem. Educ., 69, 88 (1992).

☺ Polyvinylalkohol befindet sich im Koffer. POLYVIOL® V03/180, Hydrolysegrad 82-85 mol %.

## ***Beobachtungen***

Durch langsames Ziehen des an der Grenzfläche entstehenden Polymerfilm erhält man einen einige Dezimeter langen Faden.

Es läßt sich zeigen, daß der trocken Faden flexibel, aber nicht gummielastisch ist. Durch Befeuchten wird der Faden wieder elastisch.

## ***Molekulare Betrachtungen und Anwendungsbereiche***

siehe Blatt 5.

# ***Expandiertes Polystyrol***<sup>1</sup>

## **a. Schäumen von Polystyrolteilchen**

### ***Versuchsinhalt***

Demonstration des Schäumvorganges von treibmittelhaltigen (Treibmittel: Pentan) Polystyrolteilchen.

Alternative: Demonstration der direkten Herstellung von Schaumstoffteilen durch Schäumen von treibmittelhaltigen (Pentan) Polystyrolteilchen in einer Form.

### ***Material und Geräte***

- großes Becherglas (600 bis 800 ml), gefüllt mit Wasser
- Wärmequellen (Heizplatte)
- kleiner Löffel (Kaffeelöffel)
- Tee-Ei (für die Alternative)
- schäumbares Polystyrol, treibmittelhaltig (Pentan)

### ***Sicherheitshinweise***

Pentan bildet mit Luft explosive Gemische. Vermeiden Sie: offene Flammen, elektrische Funken, Schweißfunken, elektrostatische Aufladungen. Absolutes Rauchverbot!

### ***Versuchsanleitung***

- In einem großen Becherglas Wasser zum Kochen bringen.
- Sobald das Wasser kocht, zwei Kaffeelöffel treibmittelhaltiges Polystyrol zufügen.

#### **Variante :**

- In einem großen Becherglas Wasser zum Kochen bringen.
- In ein Tee-Ei wenig (1 kleiner Löffel) treibmittelhaltiges Polystyrol einfüllen.
- Das Tee-Ei für einige Minuten in das kochende Wasser hängen, herausheben und unter fließendem Wasser abkühlen.
- Das Tee-Ei öffnen und den entstandenen Formteil entnehmen.

---

<sup>1</sup> J.C. Hitzke, *Découvrons les polymères par des expériences*, I.U.T. Département de Chimie, F 67400 Illkirch-Graffenstaden, France.

## ***Beobachtungen***

Sobald sich die pentanhaltigen Polystyrolteilchen im heißen Wasser befinden, beginnt das Polystyrol zu erweichen und das in den Teilchen enthaltene Pentan verdampft. Die Polystyrolteilchen werden dadurch auf ein Vielfaches ihres ursprünglichen Volumens vergrößert. Um die entstandenen Polystyrolkügelchen leichter handhaben zu können, empfiehlt es sich, die Wasser-Polystyrol-Mischung nach dem Versuch durch ein Sieb oder ein Filter zu gießen.

Interessant ist ein Vergleich der Dichte des Polystyrols vor und nach dem Schäumvorgang. (siehe Blatt 4).

Alternative: Findet der Schäumvorgang in einer geschlossenen Form statt, führt die zugeführte Wärmeenergie ebenfalls zu einer Erweichung des Materials und zum Verdampfen des Pentans. Der in der Form entstehende Pentandruck treibt den Expansionvorgang so lange voran, bis die Polystyrolteilchen den gesamten Inhalt der Form ausgefüllt haben und die erweichten Teilchen miteinander verschweißen.

## **b. Löslichkeit von Schaumpolystyrol**

### ***Versuchsinhalt***

Zeigen der guten Löslichkeit von Polystyrol in organischen Lösemitteln wie z.B. Aceton und Dichlormethan.

### ***Material und Geräte***

- 250 ml Meßzylinder
- 50 ml Becherglas
- Schere
- Pinzette
- kleine Stücke Polystyrolschaum
- Becher aus geschäumtem Polystyrol
- transparenter Polystyrolbecher
- Aceton
- Dichlormethan

### ***Sicherheitshinweise***

Da die verwendeten Substanzen zum Teil leicht entzündlich sind, nicht in der Nähe von Wärmequellen oder offenen Flammen arbeiten. Dichlormethan möglichst nicht einatmen.

## Versuchsdurchführung

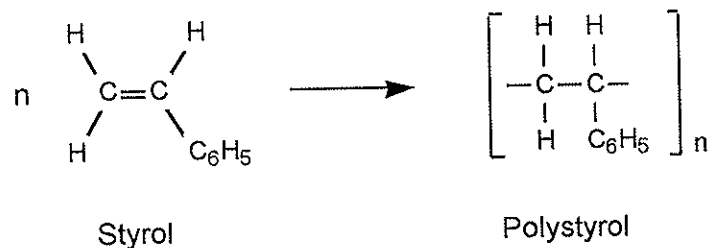
1. Den 250 ml Meßzylinder bis zu ca. 3/4 mit kleinen Stückchen Polystyrolschaum füllen, 25 ml Aceton zugeben und mischen. Das Volumen der Mischung festhalten.
2. Einen Becher aus Polystyrol über ein Becherglas halten, 25 ml Aceton oder Dichloromethan eingießen und den Becherboden beobachten.
3. Aus einem transparenten Polystyrolbecher einen ca. 0,75 cm breiten Streifen schneiden und mit einer Pinzette festhalten. In der Mitte des gebogenen Streifens einen Tropfen Aceton auftragen und beobachten.

## Beobachtungen

1. Die Polystyrolteilchen erweichen und es bildet sich eine weiße galertige Masse. Das Volumen der Masse ist kaum größer als das zugegebene Lösungsmittelvolumen (25 ml Aceton).
2. Der Boden des Bechers bricht durch.
3. Der gebogene Streifen bricht an der Stelle, an der der Tropfen aufgetragen wurde.

## Molekulare Betrachtung und Anwendungsgebiete <sup>2</sup>

Polystyrol entsteht durch Polymerisation von Styrol (Ethylbenzol):



Bei der industriellen Herstellung von expandierbarem Polystyrol wird das flüssige Treibmittel (Pentan) bereits während des Polymerisationsprozesses eingearbeitet. Dabei entstehen Polystyrolperlen mit einem Durchmesser von 0,2 bis 0,3 mm. Nach Größe sortiert werden sie bis zur Verarbeitung sorgfältig verpackt und gelagert. Die weitere Verarbeitung dieses Kunststoffes verläuft in drei Stufen: Vorschäumen, Zwischenlagerung, Formgebung. Aus den Polystyrolperlen lassen sich die bekannten festen Schaumstoffteile herstellen, die aus Millionen kleiner luftgefüllter Zellen aufgebaut sind.

Wenn die expandierbaren Polystyrolperlen über ihre Glasübergangstemperatur erwärmt werden beginnen sie zu erweichen und gleichzeitig verdampft das Pentan (Siedepunkt = 36,1°C), wodurch sich die Teilchen ausdehnen.

<sup>2</sup> Bei BASF ist ein Film erhältlich, der die in diesem Arbeitsblatt beschriebenen Vorgänge zeigt.

Die Erwärmung erfolgt fast ausschließlich mit Hilfe von 80 bis 100°C heißem Wasserdampf. Unter diesen Bedingungen dehnen sich die Polystyrolteilchen um das 50 fache ihres ursprünglichen Volumens aus. Die Schüttdichte des auf diese Weise vorgeschäumten Materials liegt bei 10 bis 30 kg/m<sup>3</sup>.

Die Zwischelagerung der vorgeschäumten Perlen ist ein wichtiger Verfahrensschritt, der dafür sorgt, daß die Teilchen mechanische Stabilität erreichen und die beim Vorschäumen aufgenommene Feuchtigkeit abgeben. Das verbleibende Treibmittel wird soweit freigesetzt wie es für den folgenden eigentlichen Schäumvorgang notwendig ist.

Beim Formgebungsprozeß werden die Perlen zu Schaumstoffblöcken oder bereits gebrauchsfertig geformten Schaumstoffteilen verarbeitet. Die zugeführte Wärmeenergie führt abermals zu einer Erweichung des Materials und zum Verdampfen des restlichen Pentans. Der in der Form entstehende Pentandruck treibt die Expansionvorgang so lange voran, bis die Polystyrolteilchen den gesamten Inhalt der Form ausgefüllt haben und die erweichten Teilchen miteinander verschweißen.

Geschäumtes oder expandiertes Polystyrol (EPS) zeigt folgende charakteristische Eigenschaften: geringe Wärmeleitfähigkeit, hohe Druckfestigkeit and gute Stoßabsorption. Es ist sehr empfindlich gegen organische Lösemittel, aber unempfindlich gegen Wasser, wäßrige Salzlösungen, Säuren und Basen.

Es wird in erster Linie zur Wärmedämmung von Gebäuden eingesetzt, als Schutzverpackung gegen Stoß, Hitze, Kälte vor allem auch für Lebensmittel.

# ***Superabsorbierende Polymere***

## ***Versuchsinhalt***

Mit Hilfe eines superabsorbierenden Polymers ist es möglich, große Mengen Wasser schnell verschwinden zu lassen.

Der Lehrer kann eine Art Zaubertrick vorführen, indem er den Versuch zunächst in einen undurchsichtigen Kunststoffbecher ausführt und ihn dann in einem transparenten Polystyrolbecher wiederholt, wobei dann die Vorgänge im Becher beobachtbar sind und die "Zauberei" aufgeklärt wird. Der Versuch b) befaßt sich mit den molekularen Wechselwirkungen.

Die Schüler führen den Versuch in transparenten Bechern durch um das Geschehen gut beobachten zu können. Der Koffer enthält zwei verschiedene Typen hochabsorbierender Polymere, die unterschiedliche Reaktionszeiten aufweisen. Dadurch ist es möglich einen Zusammenhang zwischen Aussehen (Korngröße) des Polymers, Reaktionszeit und Erscheinungsbild des Reaktionsproduktes herzustellen.

## ***Material und Geräte***

- Transparente Kunststoffbecher
- Kaffeelöffel
- Glasstab
- superabsorbende Polymere
- deionisiertes Wasser
- Kochsalz

## ***Sicherheitshinweise***

Bei Kontakt mit Wasser können Granulate von hochabsorbierenden Polymeren ein exztes massiges und klumpiges Gel bilden. Polymer nicht verschlucken!

## ***Versuchsanleitung***

1. Einen Kaffeelöffel superabsorbierendes Polymer in einen Kunststoffbecher füllen. Aussehen und Größe der Polymerkörner beobachten. Ungefähr 125 ml Wasser in den Becher gießen. Das Wasser in einem hohen Strahl in den Becher gießen, damit Wasser und Polymer gut durchmischt werden. Den Becher umdrehen.

Den Versuch in einem transparenten Becher wiederholen. Das Geschehen im Becher ist jetzt für die Schüler gut beobachtbar.

Die Dauer der Reaktion (bis das Wasser vollständig absorbiert ist) und das Erscheinungsbild des Reaktionsproduktes festhalten.

2. Einen Kaffeelöffel Kochsalz zugeben und gut umrühren (Löffel oder Glasstab).

### **Beobachtungen**

1. Bei Verwendung von S35 scheint das Wasser innerhalb weniger Sekunden zu verschwinden: Das Wasser bildet mit den sehr feinen Körnern des Polymers ein Gel. Verwendet man H100, dauert es unter Rühren 1 bis 2 Minuten bis das Wasser vom Polymer vollständig absorbiert wird: Die Polymerkörner sind auch nach der Reaktion einzeln erkennbar und verkleben nicht.
2. Das Gel wird flüssig.

### **Anwendungen**

Superabsorber sind Funktionspolymere, darunter versteht man Polymere die sehr spezifische Eigenschaften aufweisen und genau aufgrund dieser Eigenschaften eingesetzt werden. In diesem Beispiel ist es das hohe Absorptions- und Retentionsvermögen.

Bestimmte Materialien können Flüssigkeiten absorbieren andere wieder Gase:

- **Natriumpolyacrylat:** wird in Hygieneprodukten und Babywindeln verwendet und sein Saugvermögen ist 60 mal höher als das von Zellstoff.
- **Polyacrylamid:** kann das 400-fache seines Eigenvolumens an Wasser absorbieren, und wird daher in besonders trockenen Gebieten dem Boden als Wasserspeicher zugesetzt.

**Gasabsorbierende Polymere** werden -verpackt in einer dünnen Folie - an der Innenseite von Verpackungen angebracht, da sie die Haltbarkeit verschiedener Produkte verlängern können:

- **Sauerstoffabsorber** beispielsweise hemmen die Bildung von Mikroorganismen, die für das Verderben von verpackten Lebensmitteln verantwortlich sind. Der Abbauprozess verläuft dadurch so langsam, daß Brot in solchen Verpackungen drei Jahre lang aufbewahrt werden kann.
- **Ethenabsorber:** Ethen wird von Früchten während des Reifungsvorganges freigesetzt und wirkt selbst wieder als Beschleuniger für den Reifungsprozess. Durch den Einsatz von Ethenabsorbentien läßt sich die Lagerzeit von Früchten, Gemüse und Blumen deutlich verlängern.
- **Absorber für Ammoniak und Schwefeldioxid** werden vor allem in den Tropen verwendet, um Verwesungsgerüche zu bekämpfen.

### **Wo werden Superabsorber eingesetzt ?**

Babywindeln enthalten solche Polymere. Aus einer Babywindel läßt sich das Polymer extrahieren: Man reißt die Windel der Länge nach auf, füllt sie in einen Kunststoffbeutel, schüttelt sie kräftig und erhält die Polymerkügelchen. Bei Floristen erhält man Granulate, die als Wasserspeicher für Böden oder Blumentöpfe dienen. Auch in Blumentöpfen, die ein Wasserreservoir in Form eines " Kristalls" enthalten, findet man Superabsorber: Dehydriert man den " Kristall " in einem Ofen bei 50-60°C, so erhält man kleine Polymerkügelchen, die wieder zur Bindung von Wasser eingesetzt werden können. Superabsorber lassen sich mehrmals verwenden, wenn sie dazwischen sorgfältig und vollständig dehydriert werden.



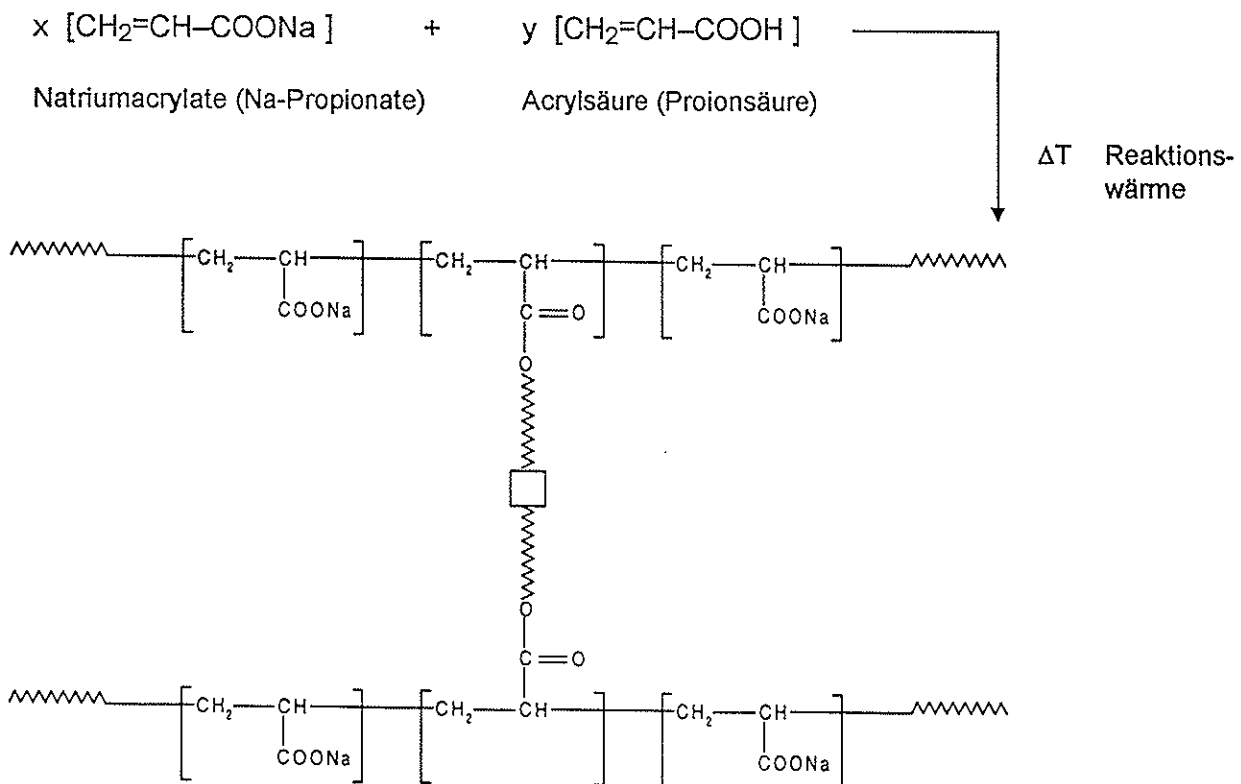
# Erklärung der Wirkungsweise von Superabsorbern <sup>1</sup>

## Was sind Superabsorber ?

Superabsorber auf Acrylatbasis – vernetzte Copolymere aus Acrylsäure and Natriumacrylat – sind Feststoffe, die in der Lage sind in wenigen Zehntelsekunden das 1000-fache ihrer Eigenmasse an Wasser zu binden. Sie liegen meist als weißes Pulver vor, wobei jedes einzelne Teilchen aus einer Vielzahl von Molekülketten besteht, die miteinander über Brücken verbunden sind. Jedes Kettenglied ist **strongly absorbent** und im trockenen Zustand ist dieses Molekülnetz in sich zusammengefallen. Sobald Wasser vorhanden ist, breitet sich das Netz aus, die Körner werden flach und bilden ein transluzentes Gel, dessen Masse und Volumen ein vielfaches der ursprünglichen trockenen Körner beträgt.

## Herstellung von Superabsorbern

Ausgangsprodukt für Superabsorber ist Acrylsäure. Vor der Polymerisation wird die Acrylsäure teilweise (bis zu 75%) mit Hilfe von NaOH neutralisiert. Die Makromoleküle bilden sich daher durch Copolymerisation von Acrylsäure und Natriumacrylat. Damit das Produkt die Eigenschaften eines Superabsorbers erhält, müssen die Molekülketten vernetzen. Das erreicht man durch den Einsatz bifunktionaler Moleküle, die mit freien COOH-Gruppen reagieren können:

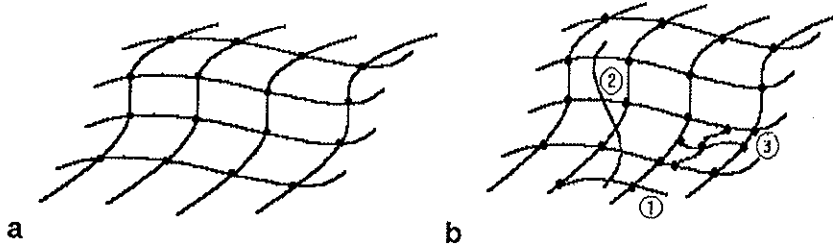


Die endgültige Struktur des Polymers stellt ein Netz dar. Der Vernetzungsgrad bestimmt die Maschengröße: je höher der Vernetzungsgrad umso kleiner sind die Maschen.

<sup>1</sup> Introduction aux superabsorbants. Elf Atochem (1996).

## Vernetzung

Ein ideales Netzwerk ist durch eine völlig einheitliche Maschengröße charakterisiert (a):



In der Praxis (b), ist die Vernetzung nie völlig gleichmäßig und es treten Fehlstellen unterschiedlicher Art auf::

- hängende Ketten (1) zeigen nur einen Verknüpfungspunkt mit dem Netzwerk,
- lose Ketten (2) zeigen keine Verknüpfung mit dem Netz, sondern sind nur im Netz verknäuelte; wenn das Gel zerfließt, wandern sie aus dem Netz heraus.
- unregelmäßige Vernetzung (3) liegt vor, wenn an bestimmten Stellen des Netzes die Maschendichte höher oder niedriger ist als im umgebenden Netzwerk.

Diese Fehlstellen beeinflussen zwar die Absorptionskapazität des Polymers nur unwesentlich, stellen aber Bereiche geringer mechanischer Festigkeit dar.

## Herstellungsverfahren für Superabsorber

"GEL PROCESS"	"SUSPENSION INVERSE"
<p>Das Monomer wird in der Lösung polymerisiert. Das in Form eines Blockes anfallende Polymersiationsprodukt wird durch Mahlen und Klassieren auf die gewünschte Korngröße gebracht.</p> <p>Morphologie des Produktes erinnert an kleine Steine.</p>	<p>Die Polymerisation findet im Emulsionsverfahren statt. Kleine Tropfen des Monomers werden im Lösungsmittel verteilt und mit Hilfe oberflächeaktiver Hilfsstoffe stabilisiert. Die Polymerisation findet in den einzelnen Tropfen statt und das Reaktionsprodukt fällt in Form von agglomerierten Kügelchen an. Es ist kein Mahlprozeß erforderlich.</p>
<p>Die beiden Verfahren liefern morphologisch sehr unterschiedliche Produkte, wie der folgenden Abbildung zu entnehmen ist, die elektronenmikroskopische Aufnahmen der beiden Produkte zeigt.</p>	

## Wirkungsweise der Superabsorber

In wässrigen Lösungen kommt es zur Solvatation der in den Molekülketten des Superabsorbers vorhandenen Polyacrylatgruppen. **Die negativ geladen werden zurückgedrängt, involving their maximum extension, was die Absorption von immer mehr an Flüssigkeit ermöglicht.** Die Wassermoleküle werden durch starke Wasserstoffbrücken in dem dreidimensionalen Netzwerk festgehalten. Fügt man Kochsalz (NaCl) zu, so löst sich dieses und es liegen  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  Ionen vor, die ebenfalls von Wassermolekülen umgeben werden. Dadurch kommt es zum "Wettbewerb" zwischen den Wechselwirkungen Wasser/Polymer und Wasser/  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  Ionen. Infolge der zugefügten Salzmenge werden die Wechselwirkungen Wasser/Polymer aufgehoben und Wasser wird freigesetzt.