

Name:	Datum:
-------	--------

Wasseraufnahmevermögen von Stoffen

Geräte

4 Bechergläser (100 mL), Messzylinder 25 mL und 10 mL, Trichter, Spatel, Waage

Materialien

Superabsorber (Polyacrylat), Sand, Watte, Baumwollstoff, destilliertes Wasser, Faltenfilter

Sicherheitshinweise

Da der Superabsorber wasserentziehend wirkt, sollten Haut- und Schleimhautkontakte (Mund, Augen) mit dem Pulver vermieden werden. Handschuhe tragen.

Durchführung

1. Wiege zunächst von den Materialien jeweils 0,5 g in ein Becherglas ein.
2. Gib in jedes Becherglas dreimal hintereinander nach kurzer Wartezeit je 5 mL Wasser auf das Material.

Beobachtung

3. Wenn keine weitere Veränderung mehr zu beobachten ist, gießt du aus dem Becherglas mit Baumwollstoff das überstehende Wasser vorsichtig durch den Faltenfilter in einen Messzylinder passender Größe. Lies das aufgefangene Wasservolumen ab und notiere den Wert in der Tabelle.
4. Leere den Messzylinder und wiederhole den Vorgang mit den Ansätzen mit Sand, Watte und Superabsorber.

Notiere deine Beobachtungen in der Tabelle!

Material	Baumwolle	Sand	Watte	Superabsorber
Abfiltriertes Wasservolumen [mL]				

Erklärung

Name:	Datum:
-------	--------

Wasserbindevermögen eines Superabsorbers

Geräte

4 Bechergläser (250 mL), 4 Glasstäbe, 4 Messzylinder (100 mL), 4 Trichter, Spatel, 4 kleine Glaspetrischalen, Waage

Materialien

destilliertes Wasser, Superabsorber (Polyacrylat), 4 Faltenfilter, Kochsalzlösungen in drei unterschiedlichen Konzentrationen: 0,5 g/L NaCl in dest. H₂O; 3,0 g/L NaCl in dest. H₂O; 12,0 g/L NaCl in dest. H₂O

Sicherheitshinweise

Da der Superabsorber wasserentziehend wirkt, sollten Haut- und Schleimhautkontakte (Mund, Augen) mit dem Pulver vermieden werden. Trage Handschuhe.

Durchführung

1. Wiege auf jede Glaspetrischale 0,2 g Superabsorber ab.
2. Miss 100 mL Wasser ab und gib dies in ein beschriftetes Becherglas.
3. Miss jeweils 100 mL der Kochsalzlösungen ab und gib sie in die beschrifteten Bechergläser 2 - 4.
4. Gib nun in jede Lösung langsam eine Portion Superabsorber und rühre mit dem Glasstab um, so dass keine Klumpen entstehen. Achte darauf, dass jeder Glasstab nur für eine Lösung benutzt wird.
5. Beobachte die Lösungen in einem Zeitraum von 10 Minuten. Rühre die Lösungen in dieser Zeit hin und wieder um.

Beobachtung

6. Anschließend gießt du aus dem Becherglas mit Wasser das überstehende Wasser vorsichtig durch den Faltenfilter in den Messzylinder. Lies das aufgefangene Wasservolumen ab und notiere den Wert in der Tabelle

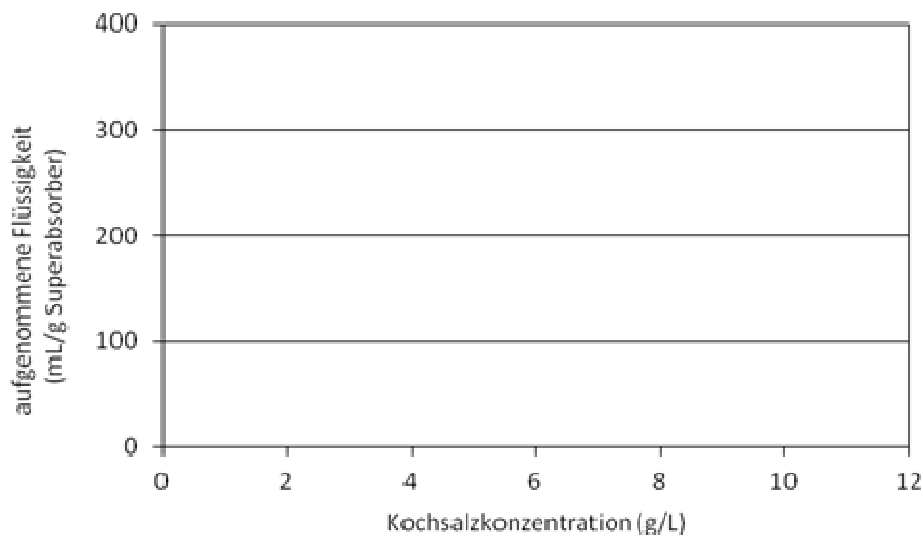
Notiere deine Beobachtungen in der Tabelle!

Salzkonzentration [g/L]	0	0,5	3	12
Abfiltriertes Wasservolumen (mL)				

7. Leere den Messzylinder und wiederhole den Vorgang mit den Bechergläsern 2 - 4.
8. Rechne in Tabelle 2 anhand der Messwerte das aufgenommene Flüssigkeitsvolumen aus und gib dann den Wert pro Gramm Superabsorber an.
9. Trage das aufgenommene Flüssigkeitsvolumen pro Gramm in einem Diagramm gegen die Salzkonzentration auf.

Auswertung:

Salzkonzentration [g/L]	0	0,5	3	12
Abfiltriertes Wasservolumen (mL)				
Aufgenommene Flüssigkeitsmenge pro 0,2 g Superabsorber				
Aufgenommene Flüssigkeitsmenge pro 1 g Superabsorber				



Erklärung

Name:	Datum:
-------	--------

Polyacrylat im Haargel

Geräte

2 Uhrgläser, Tropfpipette, Becherglas

Materialien

ca. 10 g Haargel (mit Acrylsäurederivaten), Wasser ca. 1 mL, Kochsalz (NaCl)

Durchführung

1. Gib auf beide Uhrgläschen einen ca. 3 cm langen Strang Haargel.
2. Auf die erste Probe streust du langsam so viel Kochsalz, dass eine sichtbare Veränderung eintritt.
3. Auf die andere Probe gibst du vorsichtig ca. 1 mL destilliertes Wasser.
4. Beobachte, was geschieht und vergleiche!

Beobachtung

Erklärung

Lehrerinformation

Die Versuche zum Thema Polyacrylate eignen sich bereits für GrundschülerInnen, da sie einfach durchzuführen sind und ihnen ausschließlich Alltagsmaterialien zugrunde liegen. Da die Ursache für das beobachtete Verhalten der Substanzen in ihrer molekularen Struktur zu finden ist, muss für GrundschülerInnen mit einem sehr simplen Erklärungsmodell gearbeitet werden. Die elektrostatische Abstoßung und die daraus resultierende Raumauffüllung elektrostatisch aufgeladener „Ketten“ kann zum Beispiel mit feinen Acrylfäden demonstriert werden. Auch dürften alle Kinder bereits erlebt haben, dass einem die Haare rund um den Kopf stehen, wenn sie aufgeladen sind. Dies kann man auch durch Reiben mit einem Luftballon an den Haaren bei einem Freiwilligen erzeugen.

Dennoch richtet sich diese Versuchsreihe insbesondere an höhere Klassenstufen, da hier nicht nur der Zusammenhang zwischen molekularer Struktur und makroskopischen Eigenschaften sehr schnell und einfach demonstriert werden kann, sondern die SchülerInnen zusätzlich die besonderen Eigenschaften eines Polyelektrolyts kennenlernen.

Das enorme Wasserhaltevermögen des Superabsorbers ist begründet durch seinen netzartigen Aufbau auf molekularer Ebene, der durch elektrostatische Abstoßung aufgeweitet wird. Wird diese Abstoßung z.B. durch Kationen aufgehoben, verliert der Superabsorber seine spezielle Fähigkeit, da das dreidimensional gespannte Netz in sich zusammenfällt. Der Versuch zur Ausfällung des Polyacrylats im Haargel stellt daher die Umkehrung der Vorgänge im Superabsorber dar. Die Ladungsverhältnisse im Molekül, auf denen das Wasserbindevermögen beruht, lassen sich gut im Modell darstellen.

Ein besonderer Vorteil dieser Versuchsreihe ist, dass sie sogar im Klassenraum durchgeführt werden kann, da keine spezielle Laborausstattung erforderlich ist. Die genannten Geräte können auch durch haushaltsübliche Utensilien ersetzt werden, die Materialien sind allgemein zugänglich.

Zu den Versuchen

1 Wasseraufnahmevermögen von Stoffen

Die Fähigkeit einer Substanz, Wasser aufzunehmen, kann sehr unterschiedliche Ursachen haben. Entscheidend ist nicht nur ihr chemischer Aufbau, sondern auch die Morphologie.

Wird ein Stoff mit Wasser benetzt und gießt man das überschüssige Wasser wieder ab, wird immer ein gewisser Anteil des Wassers zurückgehalten. Wie viel Wasser zurückbleibt, hängt von den Eigenschaften des Stoffes ab. Etwas Wasser kann eigentlich jede Substanz aufnehmen, indem ihre Oberfläche benetzt wird. Je größer die Oberfläche, desto mehr Wasser wird aufgenommen. In grobe Substanzen kann Wasser zusätzlich durch Kapillar- oder Adsorptionskräfte auch in Poren eindringen. Makromoleküle können quellen und Wasser in ihrer dreidimensionalen Molekülstruktur halten.

Polare Substanzen können das Wasser in einer Wasserhülle um die geladenen Molekülabschnitte über Wasserstoffbrücken binden. Kristallisierende Salze schließlich können Kristallwasser fest in ihre Kristallstruktur einbauen.

Erklärung zum Versuch "Wasseraufnahmevermögen von Stoffen"

In diesem Versuch werden Stoffe bezüglich ihres Wasseraufnahmevermögens miteinander verglichen. Wie weit die Morphologie eines Stoffes sein Wasseraufnahmevermögen beeinflusst, zeigt der Vergleich von Baumwollstoff und Watte. Beide sind aus Fasern aufgebaut, in die Wasser eindringen kann, in beiden Fällen handelt es sich um Cellulose, also ein hydrophiles Biopolymer. Dennoch kann Watte deutlich mehr Wasser als der Stoff aufnehmen und halten, weil die wesentlich feinere Struktur eine größere Kapillarwirkung zur Folge hat.

Sand besteht zu einem erheblichen Teil aus Quarzsand, also aus Siliciumdioxid. Dieses ist in einem Kristallgitter angeordnet, in dem jedes Siliciumatom tetraedrisch von vier Sauerstoffatomen umgeben ist (Abb. 1). Es liegt also ein dreidimensionales Gitter vor, in das die Wassermoleküle aber nicht eindringen können.

Das Wasserhaltevermögen von Sand hängt in erster Linie von der Form der festen Bodenteilchen ab. Größere Teilchen verursachen ein größeres Porenvolumen als feine Teilchen. Wird ein wassergesättigter Boden entwässert, so versickert zuerst das Wasser aus den groben Poren. Je feiner die Poren sind, desto stärker wirken Kapillar- und Adsorptionskräfte, die das Wasser gegen die Schwerkraft halten. Das verbleibende Wasser bildet dünne Wasserfilme um die Sandteilchen.

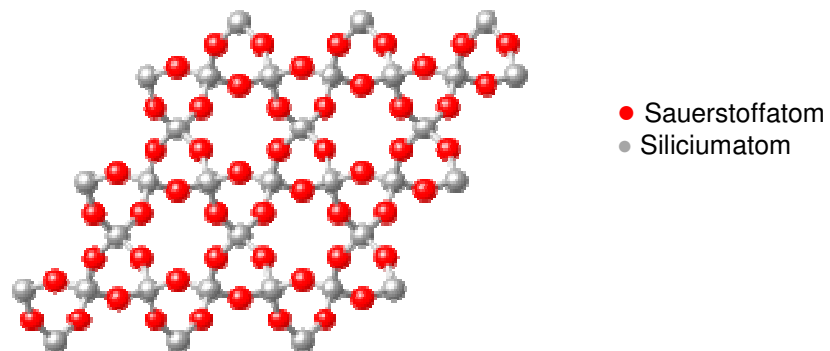


Abb. 1: Atommodell von Quarzsand

Der Superabsorber dagegen ist aufgrund seiner Netzstruktur auf molekularer Ebene und der hohen Affinität der Carboxylatgruppen zu Wasser in der Lage, sehr viel Wasser in das Innere des Moleküls aufzunehmen und auch zu halten. Das Wasser wird in Hydrathüllen um die Ionen fest gebunden, das Polymer quillt auf und bildet ein Hydrogel.

2 Wasserbindevermögen eines Superabsorbers

Superabsorber sind Polymere aus Acrylsäure, die zu langen Ketten verbunden und über spezielle Moleküle zu einem dreidimensionalen Netzwerk verknüpft werden. Diese Polyacrylsäure wird mit Natronlauge teilneutralisiert. Das fertige Polymer, ein Polyacrylat, trägt daher viele Natriumionen. Sie bewirken den osmotischen Druck, die Kraft also, die Wasser in das Polyacrylat-Netz hineintreibt. Unter der Bezeichnung Superabsorber fasst man Substanzen zusammen, die ein Vielfaches (durchaus mehr als das 100-fache) ihres eigenen Gewichts an Wasser speichern können. Im Ursprungszustand

handelt es sich um ein grobkörniges Pulver. Im wasserhaltigen Zustand bildet sich ein weiches Hydrogel.

Die Quellfähigkeit hängt vom Salzgehalt ab, denn sie beruht auf Osmose. Das Wasserbindevermögen von Superabsorbentien ist also abhängig davon, ob und wie viel Salz in dem Wasser gelöst ist. Durch weitere vernetzend wirkende Zusätze im Polymer kann das Wasserbindevermögen gesteuert werden, so dass selbst unter Druck das Wasser nicht mehr freigesetzt wird. Ziel ist ein möglichst hohes Wasserbindevermögen bei gleichzeitig schnellem Flüssigkeitstransport in das Windelinnere. Der praktische Vorteil davon ist, dass selbst bei Babys, die auf den Po fallen, die Windel nicht ausläuft. Über den Vernetzungsgrad der Polymere und eine Oberflächenbehandlung der Granulate lassen sich die Eigenschaften steuern. Allerdings verhalten sich Quellvermögen und Transporteigenschaften gegensätzlich. Hohes Quellvermögen geht mit schlechtem Flüssigkeitstransport einher und umgekehrt. Es ist also ein Kompromiss erforderlich. Die Durchlässigkeit hängt dabei hauptsächlich von der Deformierbarkeit der Gel-Partikel ab. Steifere Teilchen lassen Urin besser durch, quellen aber schlechter.

Erklärung zum Versuch „Wasserbindevermögen eines Superabsorbers?“

Superabsorberpulver nimmt in reinem Wasser bis zum 500-fachen seines Eigengewichts an Wasser auf und schwillt zu einem Gel. Bei salzhaltigen Flüssigkeiten ist es weniger, bei Urin immerhin noch das 30- bis 50-Fache. Je mehr Salz enthalten ist, desto stärker nimmt die Fähigkeit des Superabsorbers ab, die Flüssigkeit zu binden (siehe Abb. 2, Darstellung typischer Ergebnisse dieses Versuchs). Im Klartext heißt das, dass der Superabsorber beispielsweise in Babywindeln nicht seine volle Saugkraft entfalten kann, da es sich bei Urin um eine salzhaltige Lösung handelt. Der Salzgehalt des Urins schwankt je nach aufgenommener Flüssigkeitsmenge, da der Salzgehalt des Körpers von den Nieren konstant gehalten wird (isotonischer Salzgehalt: 9 g/L).

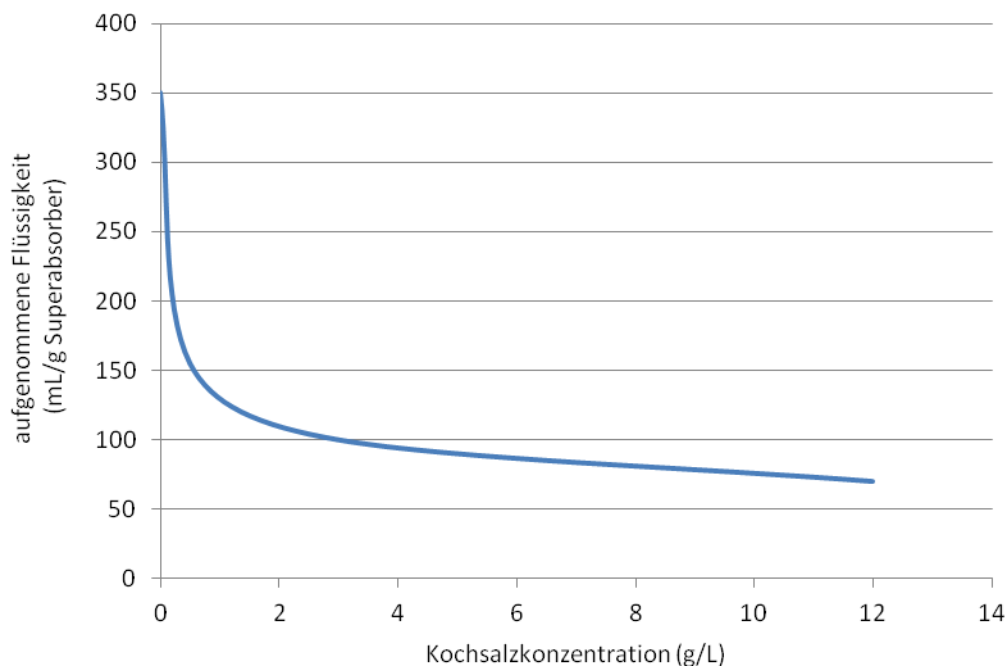


Abb.2: Flüssigkeitsaufnahme eines Superabsorbers in Abhängigkeit von der Salzkonzentration der Flüssigkeit

Sollte für diesen Versuch kein Superabsorber in Reinform zur Verfügung stehen, kann er auch mit dem Füllmaterial aus handelsüblichen Babyeinwegwindeln durchgeführt werden. In diesem Fall sollte die eingesetzte Menge des absorbierenden Materials etwa verdoppelt werden.

Von Schulklassen, denen die mathematische Auswertung schwer fällt, kann die vereinfachte Darstellung als Säulendiagramm zur Auswertung herangezogen werden.

3 Polyacrylat im Haargel

Haargel ist ein unter Jugendlichen weit verbreitetes Mittel, um der Frisur das gewünschte Styling zu geben. Diese Fähigkeit zur Formgebung und Stabilisierung der Haare beruht auf seinem Gehalt an einem wasserlöslichen Polymer, das sich um die Haare legt und getrocknet formstabil ist. Als gut wasserlösliche Polymere werden Polyelektrolyte eingesetzt, oft sind es Copolymere der Polyacrylsäure oder ihrer Derivate, die dem Haargel seine dickflüssige Konsistenz verleihen (Beispiel: VP/Methacrylamide/ Vinylimidazol Copolymer ; VP = Vinylpyrrolidon).

Die im Molekül verteilten Ladungen stoßen sich durch elektrostatische Wechselwirkungen ab, geringe Mengen Wasser beeinflussen diesen Zustand nicht.

Wird jedoch ein gut wasserlösliches Salz – hier Kochsalz – darauf gegeben, löst sich das Salz zunächst im Hydrogel, es liegen Anionen und Kationen vor. Die Kationen lagern sich an den Carboxylatgruppen an, so dass es zum Ladungsausgleich kommt. Die Natrium-Ionen maskieren quasi die Carboxylatgruppen und verändern dadurch die dreidimensionale Ausrichtung des Polymergerüsts. Die elektrostatische Abstoßung wird aufgehoben, die zuvor raumausfüllende Struktur des Polymers fällt zusammen (Abb. 3), das gespeicherte Wasser wird freigesetzt. Die Viskosität nimmt ab und das Haargel verflüssigt sich.

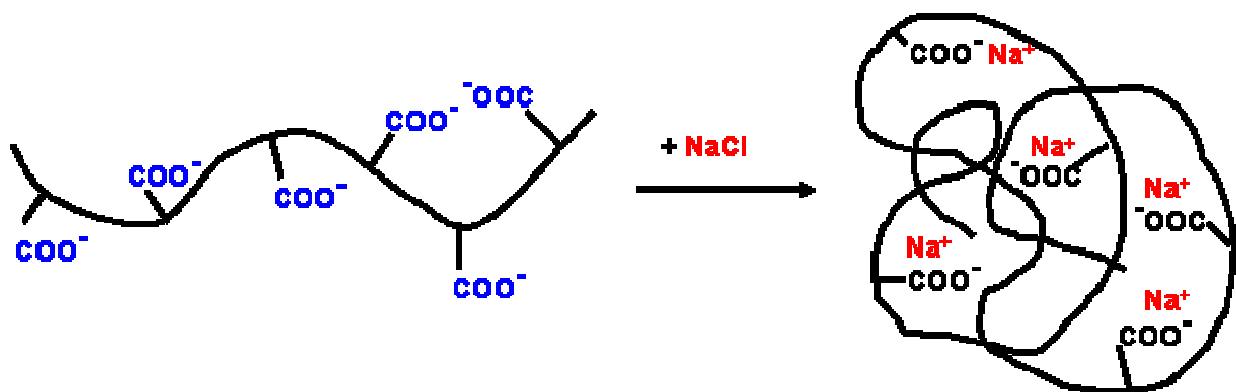


Abb. 3: Schematische Darstellung der Na^+ -Wirkung

Erklärung zum Versuch "Polyacrylat im Haargel"

Das Haargel ist farblos, klar und hat eine zähflüssige, steife Konsistenz.

Nach Zugabe von Natriumchlorid geht dieses nach wenigen Sekunden in Lösung. Dadurch wird die dreidimensionale Netzstruktur zerstört, Wasser wird freigesetzt. Das verflüssigte Haargel ist stark getrübt. Am Boden des Uhrgläschens bildet sich ein feiner weißer Niederschlag (Abb. 4). Durch die Zugabe von Wasser wird die Ladungsvertei-

lung im Polyacrylat nicht beeinflusst. Das Hydrogel bleibt erhalten, das Haargel behält seine homogene Konsistenz.

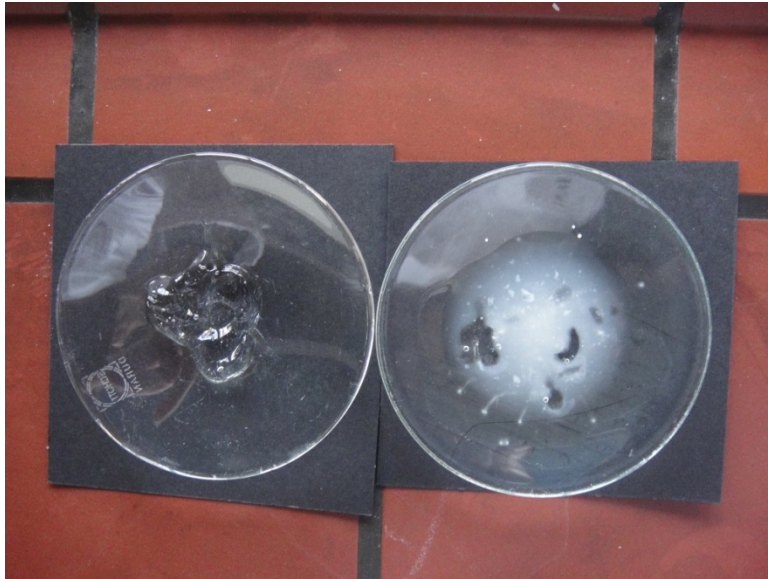


Abb. 4: Haargel mit und ohne Kochsalzzusatz