

## Die Babywindel

**Superabsorber bestehen aus einem Polymergeflecht, das bis zum 1000-fachen des Eigengewichts an Wasser aufnehmen kann. Was beim Quellvorgang genau passiert, ist aber erst teilweise verstanden.**

Jeder, dem schon einmal eine Flasche Milch (oder Wein – um so ärgerlicher) heruntergefallen ist, weiß, dass ein Liter eine ordentli-



Glückliche Babys, glückliche Eltern? Die in Windeln eingesetzten Superabsorber sind High-Tech-Materialien, zu deren Verständnis Polymerphysiker entscheidend beitragen. (Quelle: BASF)

che Menge Flüssigkeit ist, wenn sie sich auf dem Küchenboden ausbreitet. Man ist hinterher ganz ordentlich mit Aufwischen beschäftigt – Putzlappen um Putzlappen saugt sich voll. Um so erstaunlicher ist hingegen, was in eine Babywindel reinpasst. 1,5 Liter Flüssigkeit können moderne Einwegwindeln fassen und fühlen sich dabei immer noch trocken an – was sich sehr gut auf Babys Haut auswirkt und den Eltern einige Zeit erspart, weil sie seltener wickeln müssen. Gute Windeln – glückliche Babys, so suggeriert es die Fernsehwerbung. Und mag es auch schon früher glückliche Kleinkinder gegeben haben, ein Körnchen Wahrheit ist an dieser Botschaft dran, genauer gesagt: eine ganze Reihe Körner, denn verantwortlich für diese Glücksgefühle und die Leistungsfähigkeit der Windel ist deren Kernschicht, die aus so genannten Superabsorbent besteht. Diese besonders quellfähigen Polymerkörnchen sind in der Lage, das Hundertfache ihres Gewichts an Wasser chemisch zu binden und nicht mehr abzugeben – im Unterschied zu einem Schwamm, der Wasser nur physikalisch speichert. Bei ihm genügt ein relativ leichter Druck, um das Wasser wieder aus ihm herauszudrücken. Superabsorber hingegen behalten selbst unter Druck das gespeicherte Wasser.

Baby kann also durchaus auf seinem eingepackten Popo herumrutschen, ohne Gefahr zu laufen, dass es seine Ladung wieder verliert.

Die in Windeln eingesetzten Polymere sind Polyacrylate, die durch die Polymerisation von Acrylsäure-Monomeren,  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$ , zusammengebaut werden. Nach der Polymerisation werden die Acrylsäure-Monomere noch mit Natronlauge teilneutralisiert (etwa 70 %), d. h. ein Wasserstoffatom der  $\text{COOH}$ -Gruppe durch ein Natriumatom ersetzt, was das Gemisch hautverträglicher macht, weil der pH-Wert reduziert wird. Die so gebildeten Natriumpolyacrylat-Stränge sind untereinander verbunden, bilden also ein dreidimensionales Netzwerk. Erst diese Struktur ermöglicht die außergewöhnliche Wasseraufnahmekapazität, denn lineare Polymere sind zwar wasserlöslich, aber erst die Polymeretze können die hohe Quellstärke entwickeln.

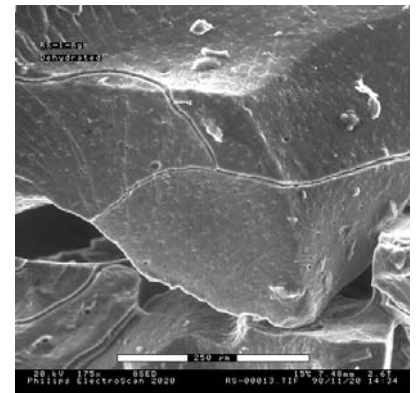
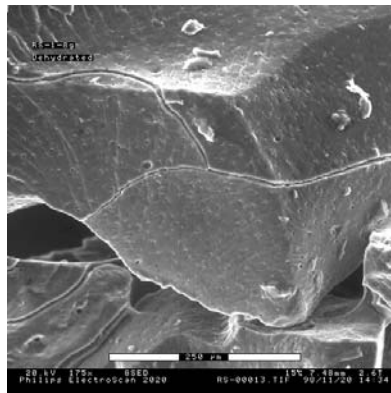
### Superabsorber im Einsatz

Was passiert nun, wenn der Superabsorber mit Wasser in Berührung kommt? Zunächst einmal wollen sich die Polymermoleküle im Wasser verteilen. Gleichzeitig lösen sich aber auch die Natrium-Ionen vom Polymer; zurück bleiben negativ geladene Carboxylat-Gruppen am Hauptstrang des Polymers, die sich nun untereinander abstoßen, sodass sich die einzelnen Stränge des makromolekularen Gerüsts möglichst weit voneinander entfernen – das Polymerknäuel öffnet sich und zieht dipolare Wassermoleküle in die entstehenden zwischenmolekularen Hohlräume ein, unterstützt vom osmotischen Druck. Das Wasser wird durch Wasserstoffbrückenbindungen gebunden, der Superabsorber quillt zu einem Gel auf.

Superabsorber nehmen bis zum Tausendfachen des Eigengewichts an ionenfreiem Wasser auf. Urin besteht nun aber nicht nur aus Wasser, sondern enthält auch gelöste Salze und Ionen, die die Absorptionsfähigkeit reduzieren, da sie die anionischen Gruppen des Polymergerüsts mit zunehmender Konzentration immer mehr abschirmen und damit die elektrostatische Abschirmung der Polymerketten untereinander herabsetzen. Erst bestimmte Mischungen von Polyacrylaten kommen auch mit Urin klar und erreichen auch unter diesen ungünstigen Bedingungen Speicherkapazitäten von dem Hundertfachen des Eigengewichts. Welche Polyacrylate in welchen Kombinationen die Hersteller aber tatsächlich benutzen, ist ihr streng geheimes Geheimnis – der Windelmarkt ist heiß umkämpft. Etwa 50 Milliarden Windeln werden in den Industrienationen pro Jahr verbraucht.

Bis in die Achtzigerjahre bestand das Innere einer Wegwerfwindel nur aus Zellstoff, eingepackt in eine Plastikfolie – kaum vergleichbar mit dem modernen High-Tech-Produkt. Seit 1985 wurden Superabsorber in industriellem Maßstab produziert. Sie revolutionierten die Windelherstellung und machen heutzutage etwa die Hälfte einer Windel aus.

Nun muss eine Windel nicht unter Laborbedingungen ihren Zweck erfüllen, sondern in der kleinkindlichen Praxis. Sprich: Die Absorption einer frischen, unbelasteten Windel (Baby pinkelt im Stehen) ist nicht der einzige Parameter, vielmehr muss die Windel auch dann noch Flüssigkeit aufnehmen können, wenn schon einiges gespeichert ist (Baby pinkelt mehrmals) – wird ein Kind drei- bis viermal am Tag gewickelt, muss eine Windel in der



Partikel eines Superabsorbers unter dem Elektronenmikroskop, vor (links) und nach (rechts) der Wasseraufnahme. (Quelle: Michigan State University).

Dr. Ulrich Kilian,  
science & more  
redaktionsbüro,  
uk@science-and-  
more.de

Regel 150 bis 250 Milliliter Flüssigkeit bei gleich bleibendem Tragekomfort unterbringen können. Schließlich – und das ist die härteste Anforderung – muss die Absorption auch unter Gegendruck noch funktionieren (Baby pinkelt im Sitzen). Anfang der 90er-Jahre fanden die Windelforscher heraus, dass diese Kriterien optimal erfüllt werden, wenn die Oberfläche der Superabsorberpartikel in besonderer Weise behandelt wird. Da die Neutralisation der Polymere ja nicht hundertprozentig ist, können die restlichen COOH-Gruppen dazu benutzt werden, die Oberfläche zusätzlich zu vernetzen. Diese Technik beseitigte das so genannte Gel-Blocking, das in früheren Superabsorberzeiten das gequollene Gel zu einer Barriere für nachfließende Flüssigkeit werden ließ (etwa wie Pappschnee). Durch die Oberflächenvernetzung behalten die Absorberteilchen besser ihre Form und bleiben auch in gequollenem Zustand durchlässig (wie Pulverschnee). Zudem wird der Superabsorber druckstabiler.

### **Polyelektrolyte in der Simulation**

Die in Superabsorbieren eingesetzten Polyacrylate gehören zur Gruppe der polymeren Elektrolyte (kurz: Polyelektrolyte), also Polymeren, die elektrische Ladungen tragen und in polaren Lösungsmitteln wie z. B. Wasser löslich sind. Zu dieser Gruppe gehören fast alle Biopolymere (also DNA, Proteine usw.); außerdem werden sie noch in zahlreichen anderen Produkten der angewandten Chemie eingesetzt: in Dispersionsfarben, die dadurch wasserlöslich werden, als Stabilisatoren in Lebensmitteln oder in der Pharmazie.

Aber auch Physiker interessieren sich stark für Polyelektrolyte, denn bisher konnten weder Experimente noch theoretische Modelle genau klären, wie sich einzelne Polymerstränge in einem Lösungsmittel verhalten. Zwar sind aufwändige Computersimulationen bei der Untersuchung von Makromolekülen nichts Neues und elektrisch neutrale Polymere ein klassisches Modellsystem der statistischen Physik, doch im Fall der Polyelektrolyte erweisen sich die Coulomb-Felder der Polymere, die an den Stellen entstehen, an denen geladene Atome durch das Lösungsmittel abgespalten werden, als problematisch. Diese

Felder überlagern sich zu einem komplizierten, fluktuierenden Gesamtfeld. Dadurch versagt der Simulationsansatz der neutralen Polymere, da sich die Polymere nicht zunächst einzeln behandeln und dann verknüpfen lassen. Am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz wurde deshalb ein großes Computergeschütz, eine Cray T3E, aufgefahren, um die Polyelektrolyte mit einem neuen Modell zu „knacken“. Den Mainzer Forschern gelang es, das Verhalten von Polyelektrolyten in verschiedenen Lösungsmitteln zu simulieren und beispielsweise zu zeigen, dass sie in „schlechten“ Lösungsmitteln wie Wasser die Form einer Perlenkette annehmen, wobei die einzelnen Perlen Zusammenballungen vieler Monomere sind. Am Rechner konnten die Wissenschaftler u. a. verfolgen, wie sich bei einer zweiperligen Kette unter Zugzwang in der Mitte eine neue Perle auf Kosten der äußeren bildet. Dadurch versteht man nun besser, was beim Quellvorgang in der Windel eigentlich passiert. Der Einsatz des Simulationsmodells in der Anwendung – beispielsweise maßgeschneiderte Superabsorber aus dem Molekülbaukasten – ist aber noch Zukunftsvision.

Superabsorber kommen nicht nur in Babywindeln zum Einsatz, sondern beispielsweise auch in der Landwirtschaft, im Tiefbau oder bei Verpackungen. Blumen, die über weite Strecken transportiert werden müssen, werden durch Superabsorber frisch gehalten, die den Tau von den empfindlichen Blättern absorbieren. Kabel, die unter der Erde verlaufen, werden innerhalb der Isolierung mit Superabsorbieren ausgekleidet: Wird die Isolierung beschädigt, quillt das Polymergeflecht durch das eindringende Wasser auf und bildet eine wirksame Barriere. Bei der Bepflanzung von Autobahnböschungen werden Superabsorber und das in ihnen gespeicherte Wasser benutzt, um die Pflanzen, deren Wurzeln bis in die Gelkugeln reichen, auch in Trockenzeiten ernähren zu können. Bei der Brandbekämpfung mischt man dem Löschwasser Superabsorber bei, worauf sich ein Gel bildet, das das Feuer wirkungsvoll erstickt.

ULRICH KILIAN