

# Wenn Socken nicht mehr stinken

**Nanopartikel aus Silber** nehmen verschwitzten Kleidern den Geruch – für die Umwelt könnten sie allerdings zum Problem werden

Winzig kleine Silberteilchen sind die Lieblinge der Nanoindustrie: Keine andere Anwendung verzeichnet ein grösseres Wachstum. Das Metall landet allerdings über kurz oder lang im Abwasser oder direkt in den Gewässern. Schweizer Forscher untersuchen die Folgen.

FABIO BERGAMIN

In den Silberkleinstteilchen liegt eine grosse Wirkung. Eingewoben in spezielle Socken oder Sportbekleidung, töten sie Bakterien ab – Bakterien, die sich in herkömmlichen verschwitzten Kleidungsstücken pudelwohl fühlen und für einen stechenden Schweißgeruch sorgen. Mit Nanosilberpartikeln behandelte Textilien hingegen bleiben länger frisch – ein schlagendes Verkaufsargument. «Die Nanosilbersocken müssen Sie nicht so oft waschen», heisst es in einer Werbung. «Dadurch sparen sie Wasser, Strom, Waschpulver, Zeit und belasten weniger die Umwelt.»

Ob für die Umwelt tatsächlich Gutes tut, wer auf Nanosilber setzt, stellt die Wissenschaft hingegen in Frage. Die Silberteilchen mit ihrer bakteriziden Wirkung bleiben nämlich nicht auf immer und ewig am Gewebe haften. Sie gelangen beim Waschen ins Abwasser und somit – möglicherweise – in die Umwelt. Die Folgen werden derzeit untersucht.

## Silber in der Kläranlage

Bei Nanosilbersocken einiger Hersteller wird das Silber gar schnell ausgewaschen, als den Fabrikanten und Käufern lieb sein dürfte. Dies haben Troy Benn und Paul Westerhoff von der Arizona State University in einem Waschtest mit sechs verschiedenen Nanosocken herausgefunden. Bei dreien davon waren bereits nach vier Waschgängen alle Nanopartikel im Waschwasser, der Geruchsschutz also weg.

Doch auch alle anderen Nanosilbertextilien geben ständig Silberionen ab, also geladene Silberatome. Darauf basiert ihre Wirkung. Die Nanopartikel fungieren dabei als «Reservoir», die – im Idealfall möglichst lange und in vergleichsweise geringen Mengen – die Bakterien abtötenden Ionen abgeben. So gelangt ein Grossteil des Nanosilbers heutiger Konsumgüter ins Abwasser und in die Kläranlagen. Ralf Kaegi, Geologe am Wasserforschungsinstitut Eawag,



Silber tötet Bakterien ab; dazu wird es auch in den Stoff von Socken oder Sportbekleidung eingewoben.

BEAT SCHWEIZER

untersucht zurzeit, was dort mit dem Silber geschieht. Eine erste – relativ grobe – Analyse hat er für die Kläranlage Kloten-Opfikon gemacht. «Ein Grossteil des Silbers, mindestens 95 Prozent, endet dort im Klärschlamm», sagt Kaegi. Früher ist der meiste Klärschlamm als Dünger in der Landwirtschaft verwendet worden. Heute wird dies zumindest in der Schweiz wegen der darin angereicherten Schwermetalle und weiterer Rückstände unterlassen; stattdessen wird er verbrannt – in Kehrverbrennungsanlagen oder von der Zementindustrie. Dort bleibt das Silber in der Schlacke hängen oder wird aus der Abluft gefiltert. Letztlich landet es gemeinsam mit anderen Schwermetallen in einer Sondermülldeponie.

## Experten mahnen zur Vorsicht

Im Ausflussrohr der Kläranlage Kloten-Opfikon, wo das gereinigte Wasser in die Glatt fliesst, konnte Kaegi kein Silber nachweisen. «Die Silberkonzentration liegt unterhalb der Nachweisgrenze», sagt er. Und schiebt gleich nach: «Wir können aber nicht ausschliessen, dass dennoch Silber in die Gewässer gelangt.» Bei einem Zehnmillionstel Gramm pro Liter Wasser liegt die Nachweisgrenze. Multipliziert man dies mit den 15 Millionen Litern

Abwasser, die täglich in Kloten gereinigt werden, könnten somit aus dieser einzigen Kläranlage bis zu eineinhalb Gramm Silber pro Tag von den Wissenschaftlern unbemerkt in die Umwelt gelangen.

Die Folgen sind noch weitgehend unerforscht. Zwar ist die toxische Wirkung von Silber für Wasser-

lebewesen grundsätzlich bekannt, ob aber Silber in Nanopartikelform gleich oder gar noch toxischer wirkt als die herkömmlichen Silberanwendungen, ist noch nicht abschliessend erforscht. Denn ebenso jung wie die Nanotechnologie ist auch die begleitende Forschung ihrer Risiken.

Experten mahnen aber zur Vorsicht: Ähnlich wie in den Socken, wo die Silberteilchen als «Reservoir» für die bakterienabtötenden Ionen dienen, scheinen sie auch auf Wasserlebewesen zu wirken. Die Umwelttoxikologin Renata Behra, auch sie von der Eawag, hat im Labor die Wirkung von Silbernanoteilchen auf Algen untersucht. Ihre Ergebnisse deuten darauf hin, dass Nanopartikel bei Kontakt mit Algen grössere Mengen der – auch für die Algen giftigen – Ionen abgeben. Aufgrund ihrer geringen Grösse könnten die Nanopartikel sogar von den Algen aufgenommen werden und in ihrem Inneren Schaden anrichten – eine Hypothese, der Behra zurzeit nachgeht.

## Gelöstes Silber ist giftiger

Die grosse Unbekannte für die Nanosilberforscher ist derzeit aber, was in der Kläranlage mit dem Silber geschieht und in welcher Form es allenfalls in die Umwelt gelangt. In einer Kläranlage sind Bakterien und andere Lebewesen an der Abwasserreinigung beteiligt. (Würde sehr viel Silber in die Kläranlage gelangen, nähmen auch diese Schaden. Die Menge Silber, die in der Vergangenheit in die Kläranlagen gelangte, sei aber zu klein, um die Reinigungsleistung zu hemmen, sagt Kaegi.) Die Kläranlagen-Lebewesen sind in der Lage, das Silber chemisch umzuformen. Nicht

alle diese Formen sind gleich gut wasserlöslich. «Schlecht lösliche Formen wie etwa das Silbersulfid fallen aus und bleiben im Klärschlamm hängen», erklärt Kaegi. Gut lösliche Formen können jedoch in die Gewässer gelangen und dort möglicherweise das Ökosystem gefährden. Die Forscher an der Eawag möchten nun mit detaillierten Messungen in der hauseigenen Pilotkläranlage herausfinden, in welche der verschiedenen chemischen Formen die Silberteilchen und das gelöste Silber umgewandelt werden.

## Boomende Industrie

Die Silbernanotechnologie steht noch am Anfang, ihr wird allerdings ein grosses Potenzial vorausgesagt: Unter allen Nanotechprodukten verzeichnen Konsumgüter mit Nanosilberanwendungen derzeit das grösste Wachstum. Laut Erhebungen des amerikanischen «Project on Emerging Nanotechnologies» waren 2008 neunmal mehr solche Produkte erhältlich als noch 2006 (siehe Kasten). Tendenz weiterhin stark steigend. Es sind denn auch nicht die relativ geringen Mengen an Silber, die derzeit in die Kläranlage gelangen, die den Umweltwissenschaftlern Sorge bereiten, sondern vielmehr die Aussicht auf einen Nanosilberboom, auf einen verschwenderischen Umgang mit Silber, etwa in Wasch- und Putzmitteln. Kaegi beurteilt einen solchen kritisch: «Silber ist ein Rohstoff mit begrenzten Ressourcen. Zurzeit verteilt man diesen feindispers in der Umwelt.»

In Schweizer Kläranlagen ist die Silberkonzentration in den vergangenen Jahren nicht systematisch gemessen worden. Ob und wie stark sie allenfalls in den letzten Jahren zugenommen hat, lässt sich daher nicht sagen. In einzelnen europäischen Kläranlagen wurde allerdings eine deutlich Zunahme von Silber verzeichnet, so etwa laut Medienberichten in der schwedischen Stadt Göteborg.

Wegen der zunehmenden Nanosilberanwendungen rechnen Experten aber für die kommenden Jahre mit einer merklichen Zunahme der Silberkonzentrationen in den Abwässern und in den Gewässern. Laut Prognosen dürften die Höchstwerte der 1970er-Jahre schon in wenigen Jahren deutlich überschritten werden. Damals, vor 30 Jahren, gehörte die mit Silber hantierende Fotoindustrie zu den Hauptverursachern der Silberbelastung. Dank strengerer Umweltschutzgesetzgebung in den Industrieländern konnte sie ab den 1980er-Jahren reduziert werden.

## Da wirkt Nanosilber

Nanofine Silberteilchen (kleiner als ein Zehntausendstel Millimeter) finden eine immer breitere Anwendung, um unerwünschte Bakterien abzutöten. In der Medizin werden mit Nanosilber beschichtete Implantate und Katheter verwendet, bei der Wasseraufbereitung kommen mit Nanosilber beschichtete Filter zum Einsatz. Ebenso sind Fassadenanstriche erhältlich, in denen Silberpartikeln vor Schimmel schützen.

Das grösste Wachstum hat Nanosilber jedoch bei Konsumgütern. Es tötet etwa Bakterien ab, die Lebensmittel verderben, oder solche, die in Socken oder unter den Achseln für einen unangenehmen Schweißgeruch sorgen würden. So gibt es

etwa mit Silber beschichtete Aufbewahrungsbehälter, Geschirr und Kühlschränke, zudem Wasch- und Abwaschmaschinen, die Silber ins Waschwasser abgeben. Ebenso Hausschuhe, Socken, Unterwäsche und Sportbekleidung, bei denen Nanosilber in die Textilien eingewoben wird. Ferner Seifen, Hygieneprodukte und Kosmetika mit Nanosilber (bei Letzterem als Konservierungsmittel). Im Internet werden auch Desinfektionssprays für Küche, Bad und Babykleider angeboten. Weitaus die meisten dieser Konsumgüter stammen aus den USA. Viele sind jedoch über das Internet weltweit erhältlich. (baf)

www.nanotechproject.org

## WISSENSTIPP

### Farben zum Pflücken

Pflanzen enthalten eine Vielzahl unterschiedlicher Farbstoffe, von denen manche von alters her zum Färben von Lebensmitteln und Textilien, als Körperfarbe oder zum Malen genutzt wurden. Im Zeitalter der synthetischen Farbstoffe sind viele dieser Kenntnisse in Vergessenheit geraten.

Die Basler Farbenforscherin und Künstlerin Kathrin Gerold-Spring tritt mit ihrer Arbeit dieser Entwicklung entgegen. Seit zehn Jahren bearbeitet und dokumentiert sie einheimische Pflanzen und deren Farbpigmente. Etwa den Färberkrapp, aus dessen getrockneten Wurzeln seit der Antike rote Farbe gewonnen wurde. Noch bis am 9. August zeigt Gerold-Spring in einer **Ausstellung im Naturmuseum Olten** die verborgenen Farben der Natur. **«Farbklänge – Pflanzenalchemie und Kunst»** lautet der Titel. Naturmuseum Olten, Kirchgasse 10. (pd)

## KÖRPERSPRACHE

### Der Nabel der Welt

Normalerweise geht es in dieser Kolumne darum, wie die Körperteile zu ihren Namen gekommen sind, welche Bedeutungen woher entlehnt worden sind und wie sie sich ins (damalige) medizinische Verständnis eingefügt haben. Dieses Mal drehen wir den Spieß mal um: Der Körper ist nämlich selbst auch ein Schatz, aus dem fleissig geschöpft wurde.

Das Wort haben die geschätzten Brüder Jacob und Wilhelm Grimm. Aus ihrem Wörterbuch: «Nabe, das hohle mittelstück des rades, wodurch die achse geht und in dessen mittleren erhaben theil die speichen eingelassen sind». Gleich drei technische Bezeichnungen in diesem Eintrag haben eine Entsprechung im menschlichen Körperbau: die Nabe, die Achse und die Speiche.

Tatsächlich leitet sich die Nabe vom Nabel ab, von unserer Mitte, dem körperlichen Dreh- und Angelpunkt. Es waren die Indogermanen, die ihr *nebh-* für «Nabel» auf das Mittelteil des Rades übertrugen, als sie den Wagenbau kennenlernten. Die indogermanische Wurzel ist in vielen europäischen Sprachen erhalten, das Englische *navel* kennen wir von der Orange (die am Scheitel einen nabelähnlichen Wulst hat, in dem sich eine weitere unterentwickelte Frucht befindet), und auch das sehr schöne italienische *ombelico* und das französische *nombil* haben dieselbe Herkunft.

Die «Nabelschau», die das Tun eines egozentrischen Wesens bezeichnet, kommt übrigens ursprünglich aus der Technik der Meditation, wo man sich, ebenfalls die eigene Mitte (das Ego-

Zentrum) suchend, auf den Nabel zu konzentrieren hat.

Weiter zur Achse. Die Verbindung ist leicht zu erraten: Auch hier braucht man bloss ein Körperteil



Im Zentrum der Orange. ZVG

um ein I zu kürzen, um zum Wagen teil zu kommen. Die indogermanische Wurzel *ages-* bezeichnete zunächst wohl nicht unsere anatomisch spezifische Achsel, sondern den «Drehpunkt (der geschwungenen Arme) oder die Schulter samt den geschwungenen Armen», wie der Herkunftsduden vermutet.

Zugrunde liegt dem Wort die Verbalwurzel *ag-*, die «treiben» bedeutet, und zwar eben, anschaulicherweise (man braucht nur einen Hirten vor Augen zu haben) und für die Achsel-Verbindung wesentlich, «mit geschwungenen Armen». Diese Wurzel hat sprachlich reich ausgeschlagen: Auf sie gehen so verschiedene Wörter wie Acker (wohin man das Vieh getrieben hat), Demagoge bzw. Pädagoge (griechisch *agein*, führen), agieren, Aktion usw. (von lateinisch *agere*, treiben, führen, handeln) zurück.

Fehlt noch die Speiche. Bei ihr zeigt sich, dass die Indogermanen wohl noch keine akribischen Anatomen waren. Das Wort geht auf die Wurzel *spei-*, «spitz, spitzes Holzstück», zurück. Hier haben sich die ersten Wagenbauer also vom Handwerk und nicht von Körperteilen inspirieren lassen.

Die Richtung der Bedeutungsübertragung war diesmal umgekehrt: Zum Zwilling der Elle im Vorderarm wurde die Speiche erst im 18. Jahrhundert, wegen ihrer «ähnlichkeit mit einer radspeiche», wie Johann Christoph Adelung in seinem Wörterbuch von 1811 schon richtig bemerkte. Im Lateinischen entstand aus derselben Wurzel übrigens *spina*, was «Dorn, Rückgrat» bedeutet und bis heute in der englischen Wirbelsäule (*spine*) überlebt hat.

Roland Fischer