

# Unter Verdacht

Die grösste technologische Entwicklung seit der Erfindung des Rads oder die grösste ökologische Katastrophe aller Zeiten? An der **Nanotechnologie** scheiden sich die Geister.

VON SILVIA TSCHUI (TEXT)  
UND ALICE KOLB (ILLUSTRATION)

Ultraleichte Velorahmen und die neuste Krebsmedizin haben mehr gemeinsam, als wir denken. Sie sind mit Nanopartikeln angereichert. Diese Gemeinsamkeit teilen sie mit einer neuen Fassadenfarbe, die im Rotlichtviertel Hamburgs dafür sorgt, dass ein Urinstrahl eines Pinklers umgehend an dessen eigenen Hosenbeinen endet.

Der Begriff Nanopartikel heisst eigentlich bloss: Teilchen (Partikel), die ein Milliardstel eines Meters klein sind (Nano). Zu abstrakt? Stellen Sie sich die Erde vor. Und dann einen Fussball. Jetzt nehmen Sie den Fussball als Ausgangspunkt – voilà: Runde Nanopartikel stehen punkto Grösse im selben Verhältnis zum Fussball wie der Fussball zur Erde.

Was uns zum ersten grossen Mysterium der Nanotechnologie führt: Längst nicht alle Nanopartikel sind rund. Wissenschaftler können theoretisch jedes Material auf Nanogrösse verkleinern oder anordnen. Entsprechend vielfältig sind

die Formen der Partikel. Auch deren Eigenschaften sind grundverschieden. Silber-Nanopartikel haben komplett andere Wirkkräfte als Lithium-Nanopartikel, Gold oder eigens designte Partikel.

## Zauberteilchen für fast alle Problemstellungen

Nanopartikel gestalten längst unseren Alltag. Handys können immer mehr: Nanopartikel machens möglich. Leichte, stabile Velos: Kohlen-Nanoröhrchen sorgen für stärkere Rahmen. Socken stinken nicht: Silbernanopartikel auf dem Gewebe verhindern Gerüche. Über tausend Produkte werden weltweit vertrieben – von Sonnencreme bis zu Zahnpasta, viele davon werden auch in der Schweiz verkauft.

Insbesondere die medizinischen Anwendungen begeistern Forscher. Beispielsweise den emeritierten Professor der Uni Bern, Peter Gehr. Er ist Leiter des Forschungsprogramms «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» (NFP 64) des Schweizerischen Nationalfonds und spricht voller Begeisterung von der Nanotechnologie in der Krebstherapie. Sie soll die Behandlung revolutionieren – so wie in anderen

Forschungsfeldern auch. Etwa Nanopartikel als Transportcontainer, einer Art Miniatur-Kapseln. Sie sollen mit Wirkstoffen bestückt ins Blut eines Krebspatienten geleitet werden. Und sich – magnetisch gesteuert und mit Rezeptoren für die Krebszellen versehen – genau an der vorgesehenen Stelle im Körper öffnen und so ihren Wirkstoff gezielt freisetzen. So sollen Krebszellen zerstört werden, ohne dass der gesamte Organismus belastet wird

«**Was genau die Partikel im Körperinnern bewirken, nachdem sie ihre Aufgabe erfüllt haben, bleibt unklar**»

Prof. em. Peter Gehr

wie heute durch Chemotherapie. Wunderbar!

Wunderbar? Peter Gehr gilt international auch als Experte für die Frage, wie künstliche Nanopartikel mit der Lunge interagieren. Darauf angesprochen, wird der Fachmann etwas skeptischer: «Ein-

Fortsetzung auf Seite 18



## STOFF FÜR DIE NASE

### Textilien

Auf Textilien soll uns die Nanotechnologie trocken und frisch halten. Sprays sorgen dafür, dass die Oberflächen von Jacken und Hosen komplett wasserabweisend sind: der Lotusblüteneffekt. Beschichtungen mit Silber-Nanopartikeln wiederum wirken antibakteriell – und verzögern dadurch eine Geruchsbildung, beispielsweise bei Socken und T-Shirts. Ein kleiner Teil der eingesetzten Nanopartikel gelangt durch die Wäsche ins Abwasser und kann dort Mikroorganismen, Algen und Fische gefährden.

Fortsetzung von Seite 16

geatmete Partikel können über die Lunge ins Blut und in sämtliche Organe gelangen», sagt er. Auch die Blut-Hirn-Schranke können Nanopartikel durchstossen. «Was genau die Partikel im Körperinnern bewirken, nachdem sie ihre Aufgabe erfüllt haben, bleibt unklar», sagt Gehr. Immerhin relativiert er: «Momentan wird umfassend erforscht, was mit den Partikeln geschieht, die ihren Eratzweck erfüllt haben oder die eingeatmet wurden.»

**Versicherungen sehen grosse Risiken**

Fest steht bereits: Tierversuche der Universität Edinburgh in Schottland haben gezeigt, dass Karbon-Nanoröhrchen, wie sie unter anderem in den Rahmen von High-tech-Rennvelos zum Einsatz kommen, zu Lungenkrebs führen – falls sie eingeatmet werden. Andere Nanopartikel können Lunge, Hirn und Immunsystem angreifen. Forscher der Universität New Mexico stellten bei Mäusen, die Nanoteilchen eingeatmet hatten, eine veränderte Immunabwehr fest. Und US-Nanotoxikologen zeigten, dass Nanoröhrchen ins Hirngewebe von Ratten gelangen und dieses schädigen können. Zumindest etwas beruhigend: Diese Befunde liegen nur

«**Einige Studien zeigen, dass die meisten Nanopartikel in der Umwelt harmlos sind**»

Prof. Harald Krug, Empa

vor, wenn die Teilchen in der Luft schweben und eingeatmet werden. «In der Regel kommen die Teilchen aber gebunden vor», sagt Gehr.

Ein Warnzeichen vor Nanotechnologie setzten vor 15 Jahren Schweizer Versicherungen. Sowohl die Allianz als auch die Zurich stufen Nanotechnologie als «kommen des Risiko» ein. Und im Bericht der Zurich-Versicherung vom März 2014 steht: «Die Risiken dieser Technologie wurden (...) noch nicht richtig definiert.» Die Versi-



4 Nanotechnologie begleitet diese Experten in ihrem Berufsalltag: 5

- 1 Prof. Bernd Nowack untersucht Umweltrisiken von Nanopartikeln an der Eidgenössischen Materialprüfungsanstalt (Empa).
- 2 Dr. Josef Tremp leitet die Sektion Industriechemikalien des Bundesamtes für Umwelt.
- 3 Dr. Martin Brunner ist stellvertretender Leiter des kantonalen Labors Zürich.
- 4 Prof. em. Peter Gehr leitet das Nationale Forschungsprogramm NFP 64 zu «Chancen und Risiken von Nanotechnologie». Er ist zudem Lungenspezialist.
- 5 Prof. Harald Krug von der Empa überprüfte in einer grossen Metastudie rund 6600 Studien zum Thema Nanotechnologie.

cherung meint damit, dass sehr wohl Forschungsgelder in die Entwicklung von Nanopartikeln investiert wurden, es aber lange zu wenig Geld gab, um festzustellen, was nach dem Gebrauch mit den Partikeln eigentlich weiter passiert.

Ein Beispiel hierfür sind Cremes, die unsere Haut vor den Sonnenstrahlen schützen sollen. Bei den

Grossverteilern mittlerweile frei erhältlich, wurden die Produkte vorgängig fundiert darauf getestet, ob die darin enthaltenen Nanopartikel unsere Haut durchdringen können. Die wissenschaftliche Erkenntnis: Können sie nicht.

Doch wer sich mit Sonnencreme einschmiert, geht oft auch in Seen und Flüssen schwimmen. Was also

geschieht mit den Nanopartikeln im Wasser? Die Pressesprecher von Migros und Coop verweisen auf all die Studien, welche die Unbedenklichkeit der Partikel beweisen sollen.

Allerdings: Viele dieser Studien sind mangelhaft, weiss Toxikologe Prof. Harald Krug von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) in St. Gallen. Er arbeitet derzeit an einer Metastudie, wertet also rund 6600 Studien zur Gefährlichkeit von Nanopartikeln aus. Und Krug geht mit ihnen hart ins Gericht: «60 bis 70 Prozent sind für eine Risikoabschätzung unbrauchbar, da die Autoren der Studien oft keine toxikologischen Grundlagen beachtet haben – oder nicht nach toxikologischen Richtlinien vorgegangen sind.» Immerhin: «Einige Studien zeigen, dass die meisten Nanopartikel in der Umwelt harmlos sind.»

Wie Krug ausführt, werden die Fördergelder im Nationalen Forschungsprogramm 64 des Schweizerischen Nationalfonds nur noch an Projekte vergeben, «wenn die Giftigkeit der Partikel miterforscht wird». Denn vor allem die Auswirkungen auf die Umwelt sind noch ungenügend untersucht. Glücklicherweise sieht das die EU ähnlich. Krug: «Die Umwelteinflüsse diverser Partikel werden aktuell in der EU in verschiedenen Studien geprüft.»

**Importeure von Nanoprodukten wittern das grosse Geld**

Die Gesetzgebung regelt das Kräfte-messen zwischen Forschung und Risiken nicht schlüssig. Exemplarisch hierfür steht der Fall der Firma Technoflex in Dietikon ZH. Sie importiert den Spray «Ultra Ever Dry» aus den USA. Einmal über Schuhe oder Bekleidung gesprüht, lässt dieser Wasser in grossen Tropfen einfach abfließen. Das Problem mit jener der Natur nachempfundenen Rezeptur aus der Spraydose: Sie wäscht sich aus in über rund 50 Waschgängen, wie der Mediensprecher der Firma bestätigt. Welche Partikel neben Xylene und Aceton genau in unser Wasser gelangen, ist auf Anfrage bei der Herstellerfirma Ultratech International mit Sitz in Florida «Betriebsgeheimnis».

Fortsetzung auf Seite 21



**Smartphones schlagen einen Bogen**

**Technik**

Biegsame Handybildschirme, Datenspeicher auf Molekularebene, ergiebigerer Raketentreibstoffe, Solarzellen, leistungsstarke Lithium-Ionen-Batterien für Elektroautos, härtere Autolacke: In der Welt der Technik sind Nanopartikel allgegenwärtig. Angesichts der knappen Rohstoffe sind technische Lösungen, die Energien besser nutzen oder schonen, grundsätzlich zu begrüssen. Ob und wie stark die eingesetzten Stoffe das Ökosystem gefährden, ist noch weitgehend unbekannt. Die Forschung steht hier erst am Anfang.



**WUNDER DER NATUR**

**Landwirtschaft**

Die Agroindustrie forscht intensiv nach neuen Düngemitteln und Pestiziden auf Nanoebene, um die Wirkstoffmengen zu verkleinern. Andererseits arbeitet sie an Nanokapseln, die, ähnlich wie in der Medizin, ihre Wirkstoffe erst unter bestimmten Bedingungen freisetzen – etwa in einem Insektenmagen. Entsprechende Präparate sollen punktgenaue Düngung garantieren oder Pflanzenschutz bieten. Noch sind die Risiken nicht abschätzbar, die Gesetzgebung hinkt der Forschung hinterher.

**WIRKSTOFFE VOR ORT**

**Medizin**

Nanopartikel sind so klein, dass unsere Immunabwehr sie nicht wahrnimmt. Das ist Segen und Fluch zugleich. Nanokapseln, welche gezielt geöffnete Wirkstoffe an einer exakten Stelle im Körper platzieren, sind nur eine grosse Hoffnung. Sie sollen in der Krebstherapie und bei Entzündungen oder bei Zuckerkrankheit zur Anwendung kommen. Andere Mittel sind die gezielte Hitzeentwicklung zur Zerstörung von Tumorzellen oder Bakterien durch magnetisch erhitzbare Eisennanopartikel. Nanopartikel können aber auch sämtliche Organe schädigen.





# Polizist für Bananen, Frischaalter für Salat

Nahrungsmittel

Fliessmittel auf Nanoebene machen Ketchup flüssiger, Gewürze rieseln dank Nanopartikeln besser – und damit beschichtete Verpackungen wirken antibakteriell, was Lebensmittel länger frisch hält. Wissenschaftler arbeiten zudem an Materialien mit Nano-Sensoren, die durch Farbänderung anzeigen, ob Salate & Co. noch frisch sind. Ausserdem überstehen sie so den Transport schadloser, es gibt weniger Waste Food. Was dagegen spricht: Die Giftigkeit der Partikel ist ungeklärt, Bakterien könnten Resistenzen entwickeln.

## LEICHTE STOFFE

Sportartikel

Kohlenstoff-Nanoröhren verbessern in Kunststoffen deren Robustheit und verringern gleichzeitig deren Gewicht. Solche Hightech-Materialien werden in Badminton- und Tennisschlägern eingesetzt, aber auch in Velos. Die Arbeiter der Herstellerfirmen müssen hermetisch versiegelte Schutzkleidung tragen – und für Hobbybastler empfiehlt es sich, nicht selber am Velo herumzuschleifen! Studien bestätigten, dass eingatmete Kohlenstoff-Nanopartikel zu Lungenkrebs führen können. Die Partikel in Sportgeräten sind in der Regel jedoch gebunden – also harmlos.



Fortsetzung von Seite 18

Im Wasser gelangen Nanopartikel auch zu Mikroorganismen und zu höher entwickelten Lebensformen wie Krebsen, Krabben und Fischen. Und wie Studien zeigen, interagieren sie, etwa die Silberionen aus den geruchsarmen Socken und T-Shirts. Die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) kam in ihren Untersuchungen zu zwei Einsichten: Gelöstes Silber und in geringerer Masse auch Silber-Nanopartikel schädigen Bakterien, Algen und Fische in der Entwicklung. Und: Glücklicherweise werden die meisten der Partikel in den Kläranlagen zurückgehalten. Bloss etwa fünf Prozent landen in den Gewässern.

### Justitia ist blind, und Chemiker streiten sich

Ein wichtiger Fakt: «Denn die Menge macht», sagt Professor Bernd Nowack von der Empa. Er untersucht, wie Nanopartikel sich in Böden und Gewässern verhalten. Fänden sich die Partikel in grösserer Konzentration, wäre nicht abzuschätzen, was sie in und mit uns anstellen würden. Global gesehen hat aber nicht jedes Land eine so gute Wasseraufbereitung wie die Schweiz.

Nowack gibt auch eine Teilentwarnung, was das Sprayprodukt «Ultra Ever Dry» betrifft. Auf einem Sicherheitsdatenblatt im Internet findet er eine ungefähre Zusammensetzung, er stuft diese als ungefährlich ein. Die genaue Zusammensetzung der Silica-Teilchen



Schüler informieren sich an der Wanderausstellung «Expo Nano».

kann aber auch der Experte nicht exakt bestimmen.

Hier sehen Experten auf politischer Ebene Handlungsbedarf: Sie fordern eine gesetzliche Deklarationspflicht der Inhaltsstoffe. Auch Dr. Josef Tremp, Leiter der Sektion Industriechemikalien des Bundesamts für Umwelt, sagt, es sei «oft ohne Abklärung beim Hersteller nicht festzustellen, was diverse Produkte genau beinhalten». Schlimmer noch: «Firmen unterliegen der Pflicht zur Selbstkontrolle.» Dies be-

### «Niemand kann die nötige Forschung bezahlen. Die Produkte werden trotzdem auf die Gesellschaft losgelassen»

Dr. Martin Brunner, Kantonschemiker Zürich

deutet: Importeure chemischer Produkte müssten diese nach gefährlichen Eigenschaften einstufen, verpacken und kennzeichnen. Zudem müssen sie das Produkt im Chemi-

kalien-Produktregister der Bundesbehörden registrieren. Was häufig nicht passiert. «Die zuständigen kantonalen Chemikalienfachstellen beanstanden immer wieder, dass Chemikalien vermarktet werden, die nicht gemeldet sind», sagt Tremp. Die Problematik sei längst bekannt. «Seit Jahrzehnten herrscht eine politische Diskussion darüber, ob das Chemikalienrecht und dessen Vollzug ausreichen oder nicht.»

Im Kantonalen Labor Zürich klingt es ähnlich. Dr. Martin Brunner, stellvertretender Kantonschemiker, geht mit Nano-Forschung und Gesetzgeber hart ins Gericht: «Niemand weiss, was mit diesen Partikeln in der Umwelt passiert, haben sie ihren Erstzweck erfüllt.» Es seien derart komplexe Interaktionen, deren Untersuchung weitreichende Forschung benötigten, um alle Risiken auszuschliessen, dass «niemand diese Forschung bezahlen kann». Die Produkte würden trotzdem auf uns losgelassen – «und das Risiko trägt die Gesellschaft!», sagt Brunner. «Uns sind aber die Hände gebunden!» So können Autogaragen weiterhin Nano-

sprays auf Windschutzscheiben und Felgen sprühen oder Bootsbesitzer Pflegemittel mit Nanopartikeln anwenden, ohne die Folgen für die Umwelt zu kennen.

### Unsere Grossverteiler setzen auf den Kunden

Doch was ist mit den Grossverteilern? Eine Deklarationspflicht existiert bei uns, anders als in der EU, nicht. Immerhin gibt es unter dem Stichwort «Nanoprodukte» und dem Namen des Grossverteilers Listen im Internet. Diese muss der Kunde aber erst suchen, um schliesslich mit der ausgedruckten Liste in der Hand einkaufen zu gehen – wer tut das schon? Gut zu wissen: Ungebundene Nanopartikel sind bei Grossverteilern hauptsächlich in Autopflege-Chemikalien und in Sonnencremes enthalten.

Abschliessend ist zu sagen, dass «grosser Bedarf an einer Änderung der Gesetzgebung besteht», meint Josianne Walpen von der Stiftung für Konsumentenschutz. Glücklicherweise könnte zumindest bei Lebensmitteln bald eine Änderung eintreten. «Zurzeit sind die Verordnungen zum Lebensmittelgesetz in Ausarbeitung.» Und Maya Graf, Nationalrätin der Grünen Partei Schweiz, reicht eine Motion an den Bundesrat ein, um die Nanotechnologie gesetzlich zu regeln. «Endlich», sagt sie, «die Zeit drängt, ein eigenes schweizerisches Gesetz zu Nanotoxizität zu entwickeln.» ●

Weitere Informationen zu Nanotechnologie finden sich unter [nanopartikel.info](http://nanopartikel.info). Eine Wanderausstellung zeigt die aktuellen Ergebnisse des Forschungsprojekts NFP 64 «Chancen und Risiken von Nanomaterialien». Ausstellungsorte und Sondervorträge von Experten unter [www.exponano.ch](http://www.exponano.ch).

## Nanotechnologie Schon die Römer schätzten und nutzten Minitelchen



4. Jh.

Der Becher des Lycurgus ändert je nach Lichteinfall die Farbe: von Rot auf Grün. Nanopartikel aus Silber und Gold sind dafür verantwortlich. Sie sind den römischen Glasmachern wohl aus Versehen in die Glasmasse geraten.

1959



Physiker Richard P. Feynman hält am kalifornischen Institut für Technologie seine berühmte Rede: «Es gibt genügend Platz nach unten». Diese gilt als Startschuss für die Entwicklung der modernen Nanotechnologie.

1974



Norio Taniguchi, ein japanischer Professor, prägt den Begriff Nanotechnologie. Er schliesst die Veränderung von Materialien mit ein – bis zu deren Atomen und Molekülen. Und deren Eigenschaften.

1985



Die Nobelpreissträger Sir Harold W. Kroto, Robert F. Curl Jr. und Richard E. Smalley (v.l.n.r.) entwickeln 1985 die ersten Kohlenstoff-Nanopartikel: Fullere. Sie kommen u. a. in leichten Tennisschlägern zum Einsatz.

1986



US-Ingenieur Eric Drexler motiviert mit seinem Buch «Engines of Creation» diverse Wissenschaftler und Mediziner, sich der Nanotechnologie zu widmen. Seither ist sie einer der innovativsten Forschungsgebiete.