

# Nanotechnologie und Umweltschutz – neue Lösungen, neue Fragen...

In den letzten Jahren wurde in den Medien immer wieder über Nanotechnologie berichtet, viele Konsumentenprodukte werden mit dem Wort «Nano» beworben. Es werden die wunderbaren, neuartigen Eigenschaften der Nanomaterialien gepriesen, aber auch Gefahren und Risiken gelangen in die Schlagzeilen. Auf beiden Seiten gibt es Reales, aber auch viel Spekulation. Ein Überblick.

Man verspricht uns transparente Sonnencremes, selbstreinigende Fenster, kratzfeste Brillengläser, Anti-Graffiti-Anstriche, ultraleichte Kunst- und Baustoffe, leistungsfähigere Batterien, wasserdichte, schmutzabweisende oder keimtötende Textilien, haltbarkeitsverlängernde Lebensmittelverpackungen, hochspezifisch wirkende Medikamente – und vieles mehr.

Vieles ist bereits auf dem Markt erhältlich, einiges ist nicht einmal neu, son-

dern wird jetzt unter neuem Namen vermarktet, vieles befindet sich noch in der Entwicklung. Nahm man anfangs meist nur die vielen Chancen und das Innovations- und Wirtschaftspotenzial der Nanotechnologie wahr, so hört man zunehmend Stimmen, die vor möglichen schädlichen Wirkungen auf Gesundheit und Umwelt warnen. Vor allem die Freisetzung künstlicher Nanopartikel bei der Herstellung, der Verwendung oder der Entsorgung von Produkten wird als kritisch angesehen. Deshalb befassen sich die Forscher und Behörden in der Schweiz und international zunehmend mit den Risiken der Nanomaterialien. Diese stellen einen Schwerpunkt des am 9. April 2008 vom Bundesrat verabschiedeten Aktionsplans «Synthetische Nanomaterialien» und des Nationalen Forschungsprogramms NFP 64 «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» dar.

**Dr. Jesper Hansen**  
Betrieblicher Umweltschutz  
und Störfallvorsorge  
Abfallwirtschaft und Betriebe  
AWEL Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft  
Postfach, 8090 Zürich  
Telefon 043 259 32 52  
jesper.hansen@bd.zh.ch  
www.awel.zh.ch

## Stoffe

### Was ist Nano?

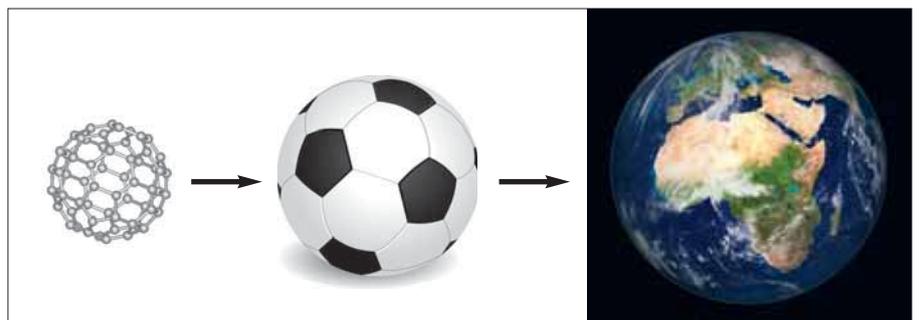
«Nano» kommt aus dem Griechischen und bedeutet Zwerg. Nano wird als Abkürzung für ein Milliardstel verwendet – 1 Nanometer (nm) = 0,000000001m =  $10^{-9}$ m. Zur Veranschaulichung: Das Molekül C<sub>60</sub>, auch als «Buckyball» oder «Buckminsterfulleren» bekannt, ist ein «Fussball» mit einem Durchmesser von 1nm. Seine Grösse verhält sich zur Grösse eines «richtigen» Fussballs etwa wie dieser zur Grösse der Erde.

Und: Nanotechnologie ist nicht die Technik zur Herstellung von Gartenzwergen, sondern die Technologie, die sich mit der Herstellung und der Untersuchung von Strukturen, Materialien oder Partikeln in der Grössenordnung zwischen 1 und 100 nm befasst.

Quelle: BAG

### Risiko von Nanomaterialien wird erforscht

Nanopartikel können auf vielfältiger Weise in die Umwelt gelangen: über die Abluft oder das Abwasser bei der Herstellung von Produkten, bei der (vorgesehenen oder falschen) Anwen-



Wie winzig Nanomoleküle sind, sieht man am Beispiel des sogenannten Buckminsterfullerens: Es ist so viel kleiner als ein Fussball – wie dieser kleiner als die Erdkugel ist.

Quelle: de.wikipedia.org



**Textilien können mit Nanomaterialien schmutz- und wasserabstossend ausgerüstet werden. Vorbild dafür war die hydrophobe Oberfläche der Lotuspflanze.**

Quelle: www.technoseum.de

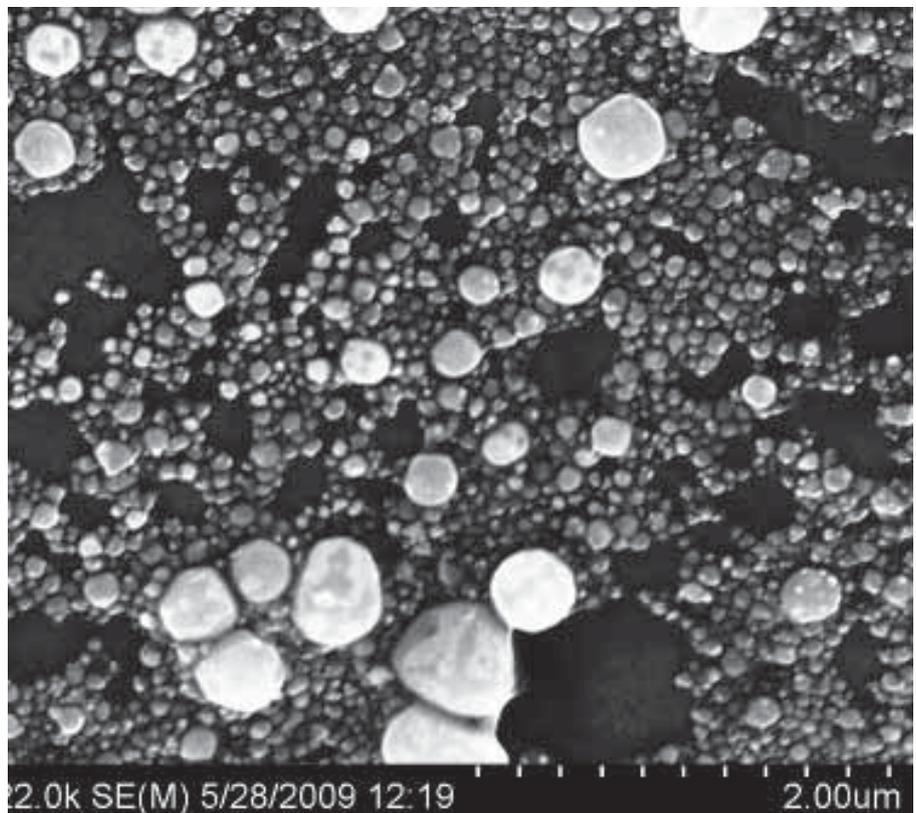
und bei der Entsorgung oder Wiederverwertung von Materialien. Über die tatsächlichen Einträge in die Umwelt, über das Verhalten der Nanopartikel in Umweltsystemen und über die möglichen Auswirkungen auf Organismen oder Ökosysteme ist das Wissen jedoch noch sehr gering. Abschliessende Beurteilungen der Risiken lassen sich noch nicht abgeben.

Bisher wurde in der Risikoforschung vor allem auf die Wirkung von Nanopartikeln auf Menschen fokussiert, während es noch wenige Studien zum Umweltverhalten gibt. In Laborversuchen konnte gezeigt werden, dass einige Nanopartikel, wenn sie in genügend hohen Konzentrationen vorhanden sind, auf Lebewesen in der Umwelt schädigende Wirkungen entfalten können, während andere unproblematisch scheinen. Die meisten bisherigen Studien konzentrieren sich auf Wasserorganismen wie Algen, Wasserflöhe, Krebse oder Fische, einzelne Untersuchungen befassen sich mit Bakterien oder Bodenorganismen. Untersucht wurden, auf Grund ihrer häufigen Verwendung, unter anderem Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Carbon-Nanotubes), Titandioxid (in Sonnencremes, Fassadenanstrichen usw. enthalten) und Nanosilber (z. B. in Textilien, Pflanzenschutzprodukten).

### Heikel sind persistente Partikel in der Umwelt

Die Resultate waren teilweise widersprüchlich, was damit zusammenhängen dürfte, dass die Umwelttoxizität

von Nanopartikeln von sehr vielen Faktoren abhängt. Einerseits verhalten sie sich je nach Umgebung anders – Wechselwirkungen mit anderen Stoffen, pH-Wert, Wasserhärte usw. spielen dabei eine grosse Rolle. Andererseits sind die genauen Eigenschaften, wie Oberflächenbeschaffenheit, Partikelgrösse, chemische Veränderungen der Partikel, entscheidend für ihre Reaktivität, ihre Löslichkeit, Abbaubarkeit und ihre Tendenz zur Agglomeration. Häufig sind diese Eigenschaften nur ungenügend bekannt und deshalb auch die einzelnen Studien schwer vergleichbar. Als besonders bedenklich werden aber grundsätzlich die sogenannten persistenten Nanopartikel eingestuft. Persistent ist ein Stoff, wenn er in der Umwelt oder von einem Lebewesen nicht oder nur schlecht bzw. sehr langsam abgebaut werden kann. Wird ein solcher Stoff stetig in die Umwelt eingetragen, kann er sich im Boden oder in Gewässern anreichern. Auch kann er sich über die Aufnahme mit der Nahrung in Organismen anreichern (Bioakkumulation)



**Silberchlorid-Nanopartikel werden in der Abwasserreinigung durch Einlagerung im Klärschlamm aus dem Abwasser eliminiert. Partikel von 20–500nm finden Anwendung in der Textilindustrie.**

Quelle: Eawag

und über die Nahrungskette weitergegeben werden. So können persistente Nanopartikel allenfalls z. B. mit Speisefischen wieder zum Risiko für die Menschen werden.

### Nanopartikel werden ausgewaschen

Studien zur Freisetzung von Nanopartikeln wurden nur vereinzelt durchgeführt. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass Titandioxid aus Fassadenanstrichen zu einem relativ grossen Teil schnell durch die Witterungseinflüsse aus diesen ausgewaschen wird. Es kann dann mit dem Regenwasser in die Umwelt eingetragen werden und sich im Gewässersediment einlagern. Ebenso können Silber-Nanopartikel aus Textilien und Haushaltgegenständen mit Wasser ausgewaschen werden und in das Abwasser gelangen. Allerdings zeigen Studien unter realen Bedingungen, dass diese im Industrieabwasser und in der Kanalisation schnell in andere Silberverbindungen umgewandelt werden, die dann in einer Kläranlage im Klärschlamm gebunden werden.

### Selbst beim Entsorgen können Partikel freigesetzt werden

Nicht nur der Gebrauch, sondern auch die Entsorgung nanopartikelhaltiger Produkte kann ein Umweltproblem darstellen. Häufig ist bei der Entsorgung oder beim Recycling eines Produktes nicht mehr klar, ob es Nanomaterialien enthält und in welcher Form. Das Verhalten solcher Produkte bzw. der Nanomaterialien z. B. in einer Kehrichtverbrennungsanlage oder bei einer Altstoffverwertung ist weitgehend unbekannt. Wesentlich ist insbesondere, ob bei der Abfallbehandlung Nanopartikel freigesetzt werden können oder ob sie gebunden sind oder z. B. durch Verbrennung, vernichtet werden. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) ist derzeit an der Ausarbeitung eines Konzepts für die Entsorgung von Abfällen aus der Herstellung und Verarbeitung von Nanomaterialien.

### Nanotechnologie bietet auch im Umweltschutz neue Chancen

Die Nanotechnologie birgt nicht nur neue Risiken, sondern auch neue Chancen im Umweltbereich. Durch neuartige Stoffeigenschaften erhofft

man sich, bessere Methoden der Umwelttechnologie und umweltfreundlichere Materialien entwickeln zu können. Erste erfolgversprechende Beispiele existieren bereits im Entwicklungsstadium. Hier sollen nur einige davon erwähnt werden:

- Spezielle nanostrukturierte Beschichtungen machen, nach dem Vorbild des Lotusblatts, Oberflächen schmutz- und flüssigkeitsabweisend. Oberflächen von Textilien oder Glas, die mit einem technischen «Lotuseffekt» versehen sind, können den Reinigungsaufwand vermindern und giftige Chemikalien einsparen.
- Als Alternative zu toxikologisch bedenklichen bromierten Flammenschutzmitteln können synthetische Nanopartikel dienen. Im Holzbau können beispielsweise Nanopartikel eingesetzt werden, die bei Hitze eine Schicht bilden, welche die Sauerstoffzufuhr einschränkt.
- Spezielle nanostrukturierte Materialien können den Verbrauch von Platin in Katalysatoren stark reduzieren.
- Solarzellen mit Nanostrukturen versprechen eine Erhöhung der Effizienz und damit eine grössere Energieausbeute pro Flächeneinheit.



Ein Empa-Forscher untersucht die Auswirkungen von verschiedenen Nanopartikeln auf Zellkulturen.

Quelle: EMPA



Standardtests für Umweltbewertung von Nanomaterialien sind ungenügend – Titandioxid-Nanopartikel können Wasserflöhe schädigen.

Quelle: Daphnia Genomics Consortium



**Nanowürfel dienen als Speichermedium für Wasserstoff. Was heute noch Akkus und Batterien leisten, könnte in Zukunft ein Einsatzgebiet von Minibrennstoffzellen sein.**

Quelle: BASF

- Auch Batterien lassen sich durch Nanotechnologie kompakter und energieeffizienter gestalten, was für die Energiespeicherung und besonders für die Entwicklung von Elektrofahrzeugen entscheidend ist.
- Durch den Einsatz von Nanomaterialien können leichtere und doch stabilere Baustoffe entwickelt werden, die z. B. in der Automobilindustrie oder im Bau eingesetzt werden können, um Energie und Material zu sparen.
- In der Medizin wird versucht, Nanopartikel auf der Basis von Biomolekülen gezielt für den Transport von Medikamenten zu nutzen, die an bestimmten Stellen im Körper ihre Heilwirkung entfalten sollen, und damit wirksamer sind, und weniger Nebenwirkungen erzeugen.

### Wie geht es weiter?

Im Rahmen des Aktionsplans «Synthetische Nanomaterialien» und des Nationalen Forschungsprogramms NFP 64 «Chancen und Risiken von Nanomaterialien» sind unter anderem Forschungsvorhaben geplant, die spezi-

fisch Antworten auf Fragen zum Umwelverhalten und zur Umwelttoxikologie von Nanopartikeln suchen sollen. Sie befassen sich vor allem mit persistenten Nanomaterialien, und laufen über die nächsten vier Jahre. Die schweizerischen Aktivitäten sind international verknüpft mit den Forschungsprogrammen der EU und der OECD, so dass in anderen Ländern zum Teil analoge Untersuchungen mit anderen Stoffen stattfinden.

Die Entwicklung neuer Materialien steht auch nicht still. Es ist damit zu rechnen, dass in den nächsten Jahren eine Vielzahl von weiteren Anwendungen von Nanomaterialien marktreif wird, auch ohne umfassende Risikoabklärungen im Vorfeld. In der Schweiz hat der Bund für Firmen, die Produkte oder Materialien auf der Basis von Nanotechnologie entwickeln, ein Vorsorgeaster entwickelt, mit dessen Hilfe eine relativ einfache, schnelle Einschätzung des potenziellen Risikos möglich ist. Solange noch keine verbindliche Regelung existiert, kann man nur hoffen, dass solche Instrumente Anwendung finden und dass das Vorsorgeprinzip zum Tragen kommt.

Als Konsument möglicher «Nanoprodukte» sollte man sich dann vielleicht fragen: ist «Nano» wirklich nötig? Müssen meine Socken mit Nanosilber «hygienisch» gemacht sein? Weiss ich wirklich, was im Produkt drin ist? Wenn «Nano» draufsteht, müssen noch lange nicht Nanopartikel drin sein – und wenn nichts deklariert ist, heisst es nicht, dass nichts drin ist. Einzig für Kosmetika gibt es (in der EU) verbindliche Vorschriften für die Deklaration von Nanopartikeln. Alles andere ist bisher auf rein freiwilliger Basis geregelt. Verfolgen Sie also aufmerksam die Entwicklung, vertrauen Sie weder Werbung noch Inhaltsangaben, glauben Sie weder Katastrophenschlagzeilen noch Wirtschaftseuphorikern. Nanotechnologie ist bereits ein etablierter Teil unseres Alltags, aber noch nicht allgegenwärtig, die Forschung ist den Risiken und Gefahren auf der Spur – wir stehen immer noch am Anfang der Entwicklung.

#### Links

##### Bundesamt für Gesundheit

[www.bag.admin.ch](http://www.bag.admin.ch) → Themen → Chemikalien → Chemikalien von A – Z → Nanotechnologie

##### Bundesamt für Umwelt

[www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch) → Chemikalien → Themen → Nanotechnologie

##### Swiss Nano Cube

Plattform für Wissen & Bildung zu Nanotechnologien: [www.swissnanocube.ch](http://www.swissnanocube.ch)

##### Wo ist Nano drin?

Woodrow Wilson Institute Datenbank: [www.nanotechproject.org/inventories/consumer](http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer)

##### AWEL

[www.ara.zh.ch](http://www.ara.zh.ch) → Bericht «Charakterisierung und Bilanzierung von Silberpartikeln in Abwasserreinigungsanlagen» (eawag/BAFU/AWEL 2010)