

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 138 (2012)  
**Heft:** 24: Nanotechnologie

**Artikel:** Sind Nanomaterialien gefährlich?  
**Autor:** Grobe, Antje / Hansen, Jesper  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-283925>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 19.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# SIND NANOMATERIALIEN GEFÄHRLICH?

Mit den grossen, vielleicht zu grossen Erwartungen an die Nanotechnologie wurde bald auch die Frage nach den Risiken für Mensch und Umwelt laut. Eine pauschale Antwort darauf gibt es nicht, da viele Faktoren das Risiko von Nanomaterialien beeinflussen. Es ist Aufgabe der Hersteller, dies für jeden Einzelfall genau zu klären und zu kommunizieren. Der bereits früh einsetzende Risikodialog war zusammen mit der Risikoforschung die Grundlage für Verbesserungen beim Arbeitsschutz und beim Design von risikoarmen Nanomaterialien.

## AKTIONSPLAN DES BUNDES

Mit dem 2008 verabschiedeten «Aktionsplan Synthetische Nanomaterialien» will der Bundesrat den Nanostrand Schweiz und den sicheren Umgang mit synthetischen Nanomaterialien fördern und weiterentwickeln. Seine Ziele sind folgende:

- Erarbeiten regulatorischer Rahmenbedingungen;
- Schaffen wissenschaftlicher und methodischer Voraussetzungen, um mögliche schädliche Auswirkungen von synthetischen Nanomaterialien zu erkennen und zu vermeiden;
- Förderung des öffentlichen Dialogs über Chancen und Risiken der Nanotechnologie;
- bessere Nutzung der Förderinstrumente für die Entwicklung und Markteinführung nachhaltiger Anwendungen der Nanotechnologie.

## TA-SWISS-STUDIE

Mit den möglichen Risiken von Nanomaterialien befasst sich die Studie «Nanomaterialien: Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit» des Zentrums für Technologiefolgen-Abschätzung TA-SWISS. Ziel ist es, bis Ende 2012 einen Überblick über die derzeit oder zukünftig auf dem Markt erhältlichen Nanoprodukte zu liefern und darunter jene zu bestimmen, die sich auf Umwelt und Gesundheit auswirken können. Analysiert werden soll auch die aktuelle Diskussion über Risiken der Nanomaterialien sowie die derzeit bestehenden Bestimmungen im Bereich der Nanomaterialien in der EU und in der Schweiz. [www.ta-swiss.ch](http://www.ta-swiss.ch)

## NFP64

Ende 2010 startete das auf fünf Jahre angelegte nationale Forschungsprogramm «Chancen und Risiken von Nanomaterialien». Es erforscht die Chancen, die der Gebrauch von Nanomaterialien für die menschliche Gesundheit, die Umwelt und natürliche Ressourcen mit sich bringen kann, sowie die Risiken, die mit der Herstellung, dem Einsatz und der Entsorgung von künstlichen Nanomaterialien verbunden sind. [www.nfp64.ch](http://www.nfp64.ch)

Bereits 2004 stellte die Schweizer Rückversicherung Vergleiche von Nanomaterialien mit Asbest an und wies auf die fehlenden Langzeitstudien zu Nanomaterialien hin. Toxikologen veröffentlichten alarmierende Befunde aus Versuchen mit Ratten, die verschiedene Nanomaterialien inhaliert hatten. Auf die Frage «Sind Nanomaterialien gefährlich?» konnte und kann bis heute jedoch kein klares Ja oder Nein als Antwort gegeben werden. Nanomaterialien gerieten daher unter den Generalverdacht, «irgendwie gefährlich» zu sein. Gleichzeitig entwickelte sich eine intensive politische Debatte zu Risikofragen auf nationaler und europäischer Ebene, die bis heute anhält. Auch wurde eine Vielzahl von Forschungsprojekten initiiert, die möglichen negativen Effekten auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt nachgehen.

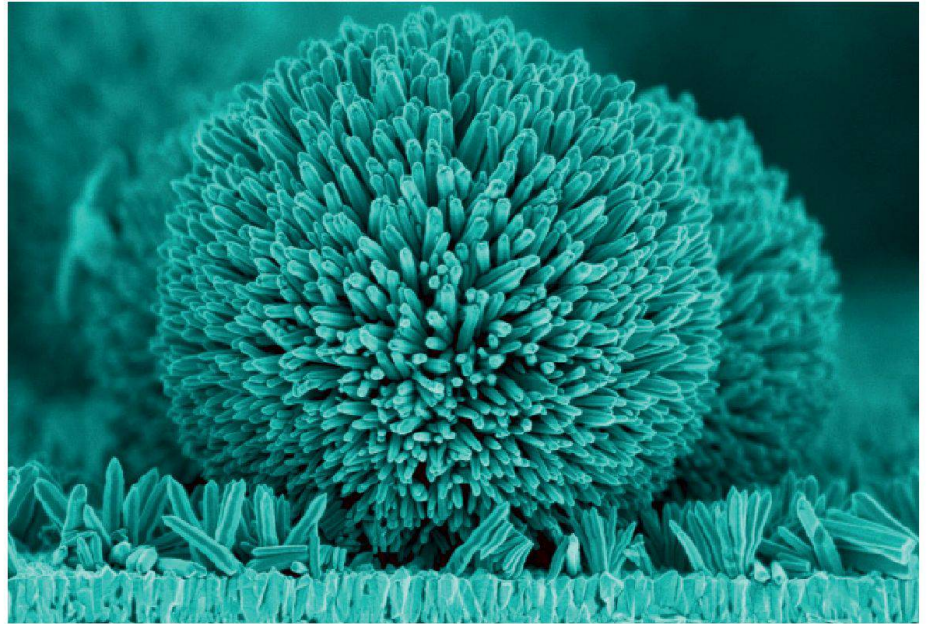
## HERSTELLER MÜSSEN ÜBER RISIKEN INFORMIEREN

Bei genauerem Hinsehen wird verständlich, warum sich die Risikofrage so pauschal gar nicht beantworten lässt: Der Begriff «Nanotechnologien» fasst eine Vielzahl von Materialien mit jeweils sehr spezifischen Eigenschaften, die sich bereits aufgrund kleiner Variationen stark verändern können, sowie eine ganze Bandbreite von Herstellungs- und Weiterverarbeitungsverfahren zusammen (vgl. «In der Welt der Zwerge», S. 16). Die generelle Frage nach der Gefährlichkeit wird sich also nie beantworten lassen. Bei der Risikobeurteilung kommt es vielmehr darauf an, welche Materialien und Technologien genau verwendet werden, in welcher chemischen Formulierung die Nanomaterialien eingebunden sind und ob ein Kontakt mit Mensch und Umwelt stattfinden kann oder nicht. Alle nationalen und internationalen Gremien, die sich mit der Bewertung von Nanomaterialien auseinandersetzen, empfehlen deshalb eine Einzelfallprüfung der verwendeten Materialien. Da die Hersteller für die Sicherheit ihrer Produkte haften, sind sie gut beraten, zu Exposition und Gefährdungspotenzialen entsprechende Daten aufzubauen oder vom Zulieferer einzufordern und gegebenenfalls im Sicherheitsdatenblatt an Weiterverarbeiter zu kommunizieren, so zum Beispiel die Empfehlung des Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR) der Europäischen Kommission.

Der Teufel steckt aber auch hier im Detail, denn die Messverfahren zur Bestimmung der Partikelanzahl und zur Risikobewertung sind zwar zwischenzeitlich entwickelt und zum Grossteil von den Arbeitsgruppen der OECD geprüft worden, sie sind aber noch nicht international standardisiert. Den herstellenden oder weiterverarbeitenden Unternehmen fehlt also hier ein Stück Handlungssicherheit.

## RISIKEN BEI DER HERSTELLUNG

Allerdings erneuert sich der Stand des Wissens zum verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien laufend. Vor allem zum Arbeitsschutz wurde eine Vielzahl von Studien ver-



01

öffentlich, da die Nanopartikel in erster Linie in der Herstellungsphase in einer Form vorliegen können, in der sie aufnehmbar sind. Toxikologen haben bei Untersuchungen der verschiedenen möglichen Expositionswege über die Lunge, die Haut und den Magen-Darm-Trakt festgestellt, dass insbesondere das Einatmen der kleinen Partikel problematisch werden könnte. Sind die Partikel im Herstellungsprozess jedoch in einer Matrix, also in einer Flüssigkeit oder einem festen Verbundstoff gebunden, sieht die Mehrheit der Wissenschaftler kein Gefährdungspotenzial für eine Aufnahme über die Lunge. Verschiedene andere Studien wie das Projekt NanoDerm<sup>1</sup>, an dem mehrere europäische Universitäten beteiligt sind, zeigten, dass die unverletzte Haut eine gute Schutzbarriere darstellt. Das Verschlucken von Nanomaterialien am Arbeitsplatz wurde bisher weniger stark berücksichtigt, da es aufgrund der normalen Vorschriften am Arbeitsplatz als nachrangig behandelt wurde. Gesicherte Daten zum Verhalten von Nanomaterialien im Magen-Darm-Trakt sind auch wegen der Problematik geeigneter vergleichbarer Tierversuche immer noch rar gesät. Dies könnte vor allem für den Einsatz im Lebensmittelbereich problematisch sein.

#### MASSNAHMEN ZUM ARBEITSSCHUTZ

Die bereits 2003 intensiv einsetzende Risikodebatte und -forschung zu Nanomaterialien in der Herstellungsphase ist heute Grundlage für einen sicheren Umgang damit. Verschiedene nationale und internationale Leitfäden sind entstanden, um eine Exposition mit luftgetragenen Nanomaterialien über die Lunge zu vermeiden. In der Schweiz veröffentlichte die Suva 2009 eine zusammenfassende Stellungnahme zum Arbeitsschutz. Auf internationaler Ebene wurde die ISO-Norm ISO/TR 27628:2007 zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien verabschiedet. Demnach sind die Arbeit in geschlossenen Systemen, Absaugungen oder personengetragener Atemschutz einfache Massnahmen, die auch bei Nanomaterialien gut greifen. Verschiedene Studien der deutschen Berufsgenossenschaftlichen Institute zeigten, dass konventionelle Masken und Filter hier einen guten Schutz bieten und Nanomaterialien ausreichend abscheiden. Viele Hersteller liefern Nanomaterialien zwischenzeitlich statt in Pulverform in flüssigen oder pastösen Zubereitungen oder bieten Pellets an, um das Risiko der Inhalation prinzipiell auszuschliessen. Bisher wurden – sicher auch infolge dieser Massnahmen – keine Unfälle mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz bekannt. Damit sich Hersteller und Weiterverarbeiter frühzeitig mit der Frage einer möglichen Exposition von Mensch und Umwelt mit Nanomaterialien auseinandersetzen, veröffentlichten die Schweizer Bundesämter für Gesundheit (BAG) und Umwelt (Batu) 2008 ein international viel beachtetes Vorsorgeraster, das eine vorläufige Risikobewertung in den Unternehmen und entsprechend frühzeitige Schutzmassnahmen unterstützt. Eine überarbeitete Auflage erschien 2011.

**01** Dank der Risikoforschung können Hersteller potenziell gefährliche Nanomaterialien durch ungefährliche ersetzen. Im Bild: strukturierte Oberfläche aus Zinkoxidnanodrähten, die Fotovoltaikanwendungen effizienter machen soll (Foto: Empa)

## RISIKEN FÜR DIE UMWELT

Nanopartikel können auf vielfältige Weise in die Umwelt gelangen: über die Abluft oder das Abwasser bei der Herstellung von Produkten, bei der Anwendung 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 weiss man jedoch noch sehr wenig. 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, aufgrund ihrer häufigen Verwendung, unter anderem Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Carbon-Nanotubes), Titandioxid (enthalten in Sonnencremes, Fassadenanstrichen usw.) und insbesondere Nanosilber (z. B. in Textilien, Pflanzenschutzprodukten), das durch die Freisetzung von Silberionen für viele Organismen stark giftig sein kann.

### Heikel sind persistente Partikel

Die Resultate waren teilweise widersprüchlich, was damit zusammenhängen dürfte, dass die Umwelttoxizität von Nanopartikeln von sehr vielen Faktoren abhängt. Einerseits verhalten sie sich nach Umgebung anders – Wechselwirkungen mit anderen Stoffen, pH-Wert, Wasserhärte usw. spielen dabei eine grosse Rolle. Andererseits sind die genauen Eigenschaften der Partikel – wie Oberflächenbeschaffenheit, Partikelgrösse, chemische

Veränderungen – entscheidend für ihre Reaktivität, ihre Löslichkeit, ihre 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, wie z. B. Titandioxid, Zinkoxid, Ceriumoxid oder Kohlenstoff-Nanoteilchen, 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) 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

Das Risiko, das von Nanopartikeln für die Umwelt ausgeht, hängt aber nicht nur von ihrer Toxizität, sondern auch davon ab, in welchem Masse sie in die Umwelt freigesetzt werden. Studien dazu wurden jedoch nur vereinzelt durchgeführt. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass Titandioxid aus Fassadenanstrichen zu einem grossen Teil schnell durch die Witterungseinflüsse aus diesen ausgewaschen wird. Es kann dann mit dem Regenwasser in die Umwelt gelangen und sich im Gewässersediment einlagern. Ebenso können Silbernanopartikel 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 der Kläranlage im Klärschlamm gebunden werden.

### Freisetzung bei der Entsorgung?

Nicht nur der Gebrauch, sondern auch die Entsorgung nanopartikelhaltiger Produkte kann ein Umweltproblem darstellen. Die wahrscheinlichsten Eintrittspfade in die Umwelt sind dabei Abwasser- und Abfallbehandlung. 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 in einer Kehrichtverbrennungsanlage oder bei einer Altstoffverwertung ist weitgehend unbekannt. Wesentlich ist insbesondere, ob bei der Abfallbehandlung Nanopartikel freigesetzt werden können, ob sie gebunden bleiben oder z. B. durch Verbrennung vernichtet werden. Studien zum Verhalten von Nanomaterialien bei der Entsorgung sind in Vorbereitung. Erste Ergebnisse zeigen, dass Nanopartikel in der Kehrichtverbrennung vermutlich effizient von der Rauchgasreinigung zurückgehalten werden, allerdings unverändert in der Schlacke zurückbleiben. Das Bundesamt für Umwelt (Bafu) hat ein Konzept für die Entsorgung von Abfällen aus der Herstellung und Verarbeitung von Nanomaterialien erarbeitet.<sup>1</sup> Bei Publikumsprodukten und Konsumgütern sind noch viele Fragen offen.

**Dr. Jesper Hansen**, Betrieblicher Umweltschutz und Störfallvorsorge Abfallwirtschaft und Betriebe Awel (Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft), Postfach, Zürich, jesper.hansen@bd.zh.ch

### Anmerkung

<sup>1</sup> [www.infonano.ch](http://www.infonano.ch) > Schutzmassnahmen > Entsorgung von industriellen Nanoabfällen

Der Text ist eine gekürzte Version eines Artikels, der in der Zeitschrift «Zürcher Umweltpraxis» Nr. 65 vom Juli 2011 erschienen ist.

## RISIKEN BEIM GEBRAUCH

Neben dem Arbeitsschutz interessiert auch die Frage, ob Nanomaterialien während des Gebrauchs austreten und so Mensch oder Umwelt gefährden könnten. Produkte mit Nanomaterialien, zum Beispiel für die Oberflächenbeschichtung, in Farben und Lacken oder auf Textilien, wurden daher in den letzten Jahren genaueren Prüfungen unterzogen. Zum Beispiel simulierte die Universität Dresden den Abrieb von sandigen Turnschuhen auf einem Nanoparkettlack. In anderen Studien wurden verschiedene Nanokomposite<sup>2</sup> über 1000 Stunden bewittert, abgeschliffen und in Windkanälen getestet, durchbohrt, zersägt oder thermischen Belastungstests ausgesetzt. Diese wissenschaftlichen Daten sind inzwischen verfügbar; die Expertinnen und Experten sind sich einig, dass beim Schleifen und in geringerem Umfang auch beim Bohren zwar Stäube entstehen, die eingeatmet werden können, dass sich diese Stäube in der Grössenverteilung aber nicht von vergleichbaren Produkten ohne Nanomaterialien unterscheiden. Ein Hinweis, dass sich Nanomaterialien aus einer ausgehärteten Matrix eines Nanokomposites lösen, findet sich in der wissenschaftlichen Literatur nicht.<sup>3</sup> Bei Fassadenfarben, bei denen Auskredungen<sup>4</sup> durchaus typisch für das Produkt sind, forschen Wissenschaftler des Instituts für Umwelt- und Verfahrenstechnik der Hochschule für Technik in Rapperswil gerade an der Frage, welchen Einfluss zum Beispiel nanoskalige Titandioxide auf die Umwelt haben.



02

### SIND NANOMATERIALIEN DAS NEUE ASBEST?

Das wohl am häufigsten in den Medien angeführte Szenario, Nanomaterialien verhielten sich wie Asbest, konnte 2008 von den Wissenschaftlern von Ken Donaldson und Craig Pohland von der University of Edinburgh differenziert werden.<sup>5</sup> Sie fanden heraus, dass Kohlenstoff-Nanoröhrchen (CNT: carbon nanotubes) – damals noch ein Material im Forschungsbereich – nur dann asbestähnliche Gesundheitsgefährdungen mit sich bringen, wenn sie in Länge und Festigkeit Asbestfasern ähneln. Dagegen zeigten sehr kurze Fasern oder lange, biegsame und geknäulte Fasern keine negativen Effekte. Genau hier zeigte sich, dass kleine Variationen einen grossen Unterschied auch bezüglich Sicherheit bedeuten können. Die Hersteller passten ihre eingesetzten Materialien entsprechend an. Dieses «Design-for-Safety»-Prinzip verdeutlicht, dass die frühzeitige Risikodebatte zwischen Wissenschaft, Politik, Wirtschaft, Verbraucher- und Umweltorganisationen auf nationaler und europäischer Ebene Früchte getragen hat. Heute benutzen zum Beispiel die Hersteller von grossen Windrädern Kohlenstoff-Nanoröhrchen, um die Steifigkeit zu erhöhen, aber eben solche, die als ungefährlich gelten.<sup>6</sup>

### DAS SCHWEIGEN BRECHEN

Einen Nachteil hatte die Risikodebatte allerdings: Sie bewirkte, dass Unternehmen zunehmend weniger mit dem Begriff «Nano» werben und aus Furcht vor möglichen negativen Reaktionen von Konsumentinnen und Regulatoren nicht mehr offen kommunizieren. Eine neue Studie im Auftrag des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) zeigt, dass das Wissen zu den Anwendungsbereichen und zum Nutzen von Nanomaterialien bei den Konsumentinnen und Konsumenten im Vergleich zu 2008 bereits deutlich gesunken ist.<sup>7</sup> Gleichzeitig hat die Unsicherheit hinsichtlich der Risiken zugenommen. 40% der Konsumenten fiel auf, dass inzwischen in den Baumärkten weniger Produkte mit «Nano» zu finden sind, und sie stellten die Hypothese auf, dass die Anwendungen wohl nicht «funktioniert haben» oder noch «im Forschungsstadium» sind. Die Unternehmen haben es hier versäumt, offen und verbrauchergerecht über ihre Innovationen und den sicheren Umgang damit zu kommunizieren. Schade eigentlich, denn ein Grossteil der Verbraucher ist trotz den Unsicherheiten gegenüber Nanoprodukten immer noch sehr aufgeschlossen: 64% würden gerne Nanoprodukte ausprobieren.

**Antje Grobe**, Dr. oec. M.A., Projektmanagerin am Interdisziplinären Forschungsschwerpunkt Risiko und Nachhaltige Technikentwicklung (ZIRN) der Universität Stuttgart, Managing Director von Dialog Basis und Expertin für Nanotechnologien bei der Stiftung Risiko-Dialog, St. Gallen. Sie ist Mitglied der Begleitgruppe zu Nanotechnologien des Schweizer Bundesrates, antje.grobe@dialogbasis.de

### Anmerkungen/Literatur

1 [www.uni-leipzig.de/~nanoder/m/](http://www.uni-leipzig.de/~nanoder/m/)

2 Nanokomposite oder Nanoverbundwerkstoffe bestehen aus Nanofüllstoffen, die in ein Matrixmaterial eingebettet sind

3 [www.lacke-und-farben.de/de/hintergrundwissen/untersuchungen-der-lackindustrie-zur-nt/](http://www.lacke-und-farben.de/de/hintergrundwissen/untersuchungen-der-lackindustrie-zur-nt/)

4 Auskredung umschreibt den Prozess der Verwitterung z. B. bei Fassadenfarben, bei denen sich nach einiger Zeit die Bindemittel durch die UV-Einstrahlung auflösen. Früher wurde vor allem Kreide als Bindemittel eingesetzt

5 Pohland et al.: Carbon nanotubes introduced into the abdominal cavity of mice show asbestos-like pathogenicity in a pilot study, in: Nature Nanotechnology 3, 423–428, 2008

6 Das Projekt InnoCNT hat Herstellungsverfahren und Sicherheitsstudien publiziert: [www.inno-cnt.de](http://www.inno-cnt.de)  
7 Grobe et al.: Nanotechnologien aus der Sicht der Konsumenten. Was Verbraucher wissen und was sie wissen wollen. Stiftung Risiko-Dialog St. Gallen, 2012. Download unter: [www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12197/index.html?lang=de](http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12197/index.html?lang=de)

– Informationsportal des BAG: [www.infonano.ch](http://www.infonano.ch)

**02** Nanopartikel können beispielsweise beim Waschen von entsprechend behandelten Textilien in die Umwelt gelangen. Bedenklich sind dort vor allem solche Nanopartikel, die nicht oder nur langsam abgebaut werden können (Foto: Keystone/Science Photo Library/Eye Of Science)