

Nanotechnologie



Seit einigen Jahren enthalten viele Sonnencremen Nanopartikel als Sonnenschutz.

Mit wissenschaftlicher
Mitarbeit von



„Sustainable Austria“
wird hergestellt



Wenn du bei einem Ausflug eine Sonnencreme mitnimmst, hast du wahrscheinlich ein Produkt der Nanotechnologie im Gepäck: Heute werden meist winzige Partikel aus Zink- oder Titandioxid verwendet, um die Haut vor dem schädlichen ultravioletten Licht zu schützen. Dank Nanotechnologie kann man solche Partikel gezielt herstellen. Der Vorteil gegenüber größeren Partikeln besteht darin, dass sie aufgrund ihrer Kleinheit kein sichtbares Licht reflektieren und man daher nach dem Eincremen nicht „weiß“ aussieht.

Tests haben ergeben, dass die Sonnenschutz-Partikel eine gesunde Haut nicht durchdringen können. Was aber passiert, wenn z.B. eine Mücke die mit Sonnencreme eingeschmierte Haut durchsticht, ist nicht erforscht. Wahrscheinlich ist das Ergebnis des Mückenstichs aber vernachlässigbar gegenüber den Nanopartikeln, die tagtäglich in unsere Lunge gelangen. Sie entstehen wie Feinstaub z.B. bei Verbrennungen. Von Feinstaub weiß man, dass gerade die kleinsten Partikel am gefährlichsten sind; sie werden in die Blutbahn aufgenommen und verteilen sich im ganzen Körper. Nanopartikel sind mit einer Größe von 1–100 Nanometer (= Millionstel Millimeter) der feinste Feinstaub. Ihre Wirkungen auf den Organismus sind aber noch umstritten. (Weiter auf Seite 2)

(Fortsetzung von Seite 1)

Mit diesem Heft lassen wir uns auf ein neues Thema und eine neue Technologie ein. Nachdem SOL noch keine abschließende Meinung zu dieser Technologie gefunden hat, haben wir die verschiedenen Standpunkte recherchiert und gegenübergestellt.

Wir als Team von FG-SOL möchten unsere LeserInnen vor der Lektüre gezielt darauf hinweisen, dass jemand, der einen industriellen Hintergrund und ein anderes wirtschaftliches Interesse hat, zu einer abweichenden Einschätzung der Risiken kommt als VertreterInnen von NGOs.

Generell herrscht im Reich der Nanotechnologie noch viel Unklarheit. Ein herzliches Dankeschön an alle Autorinnen und Autoren dieser Ausgabe dafür, dass sie für uns den aktuellen Stand des Wissens zusammengefasst haben.

Mario Sedlak



DI Mario Sedlak studierte Technische Mathematik und ist Teammitglied von FG-SOL und SOL

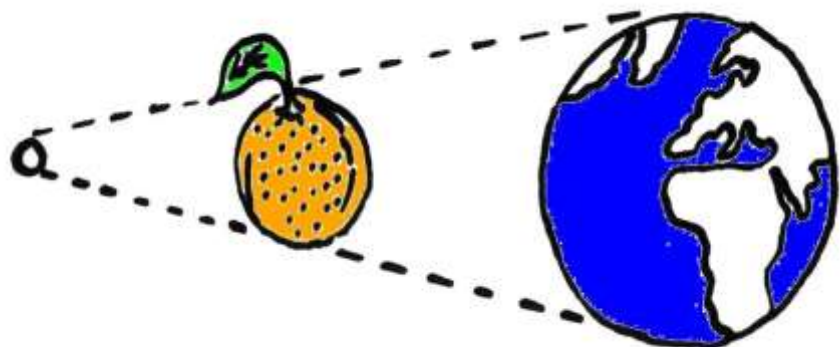
mario@sedl.at

Inhaltsverzeichnis

- 3 **Hilfreiche Zwerge für neue und etablierte industrielle Anwendungen** (Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie)
- 6 **Tätigkeiten des NANONET-Styria** (NANONET-Styria)
- 7 **Standardisierung von Testverfahren zur Charakterisierung der Nanotoxizität** (Euro-NanoTox)
- 10 **Small ist nicht nur beautiful – Bewertungen und Forderungen zu Nano-Konsumprodukten** (Verein für Konsumenteninformation)
- 13 **Nie mehr putzen! Nano sei dank?** (Umweltberatung)
- 15 **Nanosilber im Haushalt – Gewinn oder Gefahr?** (GLOBAL 2000)
- 18 **Nanomaterialien – eine Chance, aber auch eine mögliche Gefahr für Mensch und Umwelt** (Simone Mühlegger)
- 19 **Impressum, Fotonachweis**
- 20 **Nanotechnologie im Risiko:dialog von Radio Österreich 1 und Umweltbundesamt** (Umweltbundesamt)
- 21 **Regulierung von Nanomaterialien – Aktuelle Entwicklungen** (Lebensministerium)
- 23 **Nanomaterialien am Arbeitsplatz** (Christoph Streissler)

Was ist Nano?

Das Größenverhältnis eines Nanoteilchens zu einer Orange entspricht in etwa dem einer Orange zur Erdkugel, d. h. wenn man eine Orange auf die Größe der Erdkugel vergrößert, dann wird ein Nanoteilchen so groß wie eine Orange.



Nano beschreibt eine Größenordnung:

ein Nanometer (1 nm) ist 0,000 000 001 Meter (1×10^{-9} m).

Ein Milliardstel Meter, unvorstellbar? Da helfen Vergleiche: Ein Nanometer passt circa 300 000 Mal in den Punkt am Ende dieses Satzes.

Ein Mikrometer (1 μ m) ist ein Millionstel Meter.

Hilfreiche Zwerge für neue und etablierte industrielle Anwendungen

Ob in kratzfesten Lacken, Sonnencremes, Tennisschlägern, schmutzabweisender Farbe oder Computerfestplatten – Nanotechnologie macht neue Produkte möglich oder trägt entscheidend zur Verbesserung bestehender Produkte und Verfahren bei.

Einleitung

Der Begriff Nano leitet sich von dem griechischen Wort Nanos (Zwerg) ab. Ein Nanometer ist der milliardste Teil eines Meters. Dies ist ein Bereich oberhalb der Größe von Atomen und Molekülen, aber deutlich kleiner als alles, was wir im Alltag oder etwa aus dem Bereich der Mikrosysteme kennen. In diesem Übergangsbereich gelten die Gesetzmäßigkeiten von Atomen und Molekülen nicht mehr und die Physik der ausgedehnten Festkörper noch nicht. Eingeläutet wurde die nanowissenschaftliche Revolution 1981 mit dem Bau des ersten Rastertunnelmikroskops. Damit lassen sich nicht nur Atome beobachten, sondern mit Hilfe einer feinen Spitze auch verschieben. Heinrich Rohrer und Gerd K. Binnig vom IBM-Forschungslabor in Zürich erhielten 1986 für die Entwicklung des Rastertunnelmikroskops den Nobelpreis für Physik.

Nanoskaligkeit ist bei vielen biologischen und natürlich vorkommenden Systemen essentiell für ihre Funktion. Das Erbgut des Menschen setzt sich aus nanoskaligen einzelnen Bausteinen zusammen, deren Abfolge die genetische Information kodiert. Knochen, Zähne, Muschelschalen etc. zeigen bei näherer Betrachtung, dass die exzellenten mechanischen Eigenschaften auf der regelmäßigen Anordnung nanoskaliger Bausteine auf verschiedenen Hierarchieebenen basieren.

Nanotechnologie ist auf keine Branche oder Technologie beschränkt. Biologen, Chemiker, Physiker, Materialwissenschaftler, Informatiker und Mediziner arbeiten an Anwendungen. Das Schlagwort Nanotechnologie umfasst ein breites Spektrum von neuen Werkstoffen, Bauteilen und technischen Systemen, deren Funktion und Anwendung auf den besonderen Eigenschaften nanoskaliger (< 100 nm) Größenordnung beruhen. Experten erwarten wahre „Wunderdinge“ von den Winzlingen. Sie sollen Autolacke ermöglichen, die auf Knopfdruck die Farbe ändern, Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften versehen oder Krebsmedikamente direkt ins Tumorgewebe schleusen. Die Nanotechnologie wird unseren Alltag ähnlich revolutionieren wie die Dampfmaschine oder der Computer.

In der Nanowelt gelten andere Gesetze als in der Makrowelt. Materialien verändern in Nanogröße ihre aus dem Alltag bekannten Eigenschaften. Die Stoffe haben andere Farben, Schmelzpunkte, elektrische Leitfähigkeiten oder Härten. Keramik wird transparent, Gold hat eine rote Farbe, Metalle werden zu Halbleitern – um nur einige Beispiele zu nennen.

Kommerzialisierung und Marktpotenzial

Erste Nanoprodukte sind bereits seit einiger Zeit auf dem Markt: Nanoschichten machen Kunststoffgläser kratzfest, maßgeschneiderter Ruß sorgt für gute Haftung bei Autoreifen und neuartige Barrierefüllstoffe verhelfen Tennisbällen zu längerer Haltbarkeit. Der weltweite Umsatz mit Nanotechnologie beträgt nach Schätzung des Vereins Deutscher Ingenieure VDI schon heute mehr als 100 Mrd. Euro und wird in den nächsten fünf Jahren auf über 500 Mrd. Euro steigen. Um einen möglichst großen Anteil an diesem künftigen Markt zu erhalten, investieren die großen Industrienationen massiv in die neue Technolo-



Fraunhofer-Allianz
Nanotechnologie

Die Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie ist ein Zusammenschluss von 20 Instituten, in dem die Kompetenzen gebündelt werden, um die Wirtschaft bei der Entwicklung von Nanoprodukten zu unterstützen.

www.nano.fraunhofer.de

AutorInnen:

**Dr. Karl-Heinz Haas,
Birgit Niesing**

Was ist Nanotechnologie?

Bei der Nanotechnologie geht es – im Gegensatz zur Nanowissenschaft – um die technische Nutzung der größenabhängigen Effekte. Dabei müssen aus den nanoskaligen Objekten Systeme hergestellt werden, mit denen wir in unserer Makrowelt umgehen können.

Einige Begriffe

Nano: Größe

Nanowissenschaft: Größe + größenabhängige Eigenschaft

Nanotechnologie: Größe + Eigenschaft + gezielte Herstellung

Nanointegration: Größe + Eigenschaft + gezielte Herstellung + Integration in Makrowelt

nanoskalig: in der Größenordnung von 1-100 Nanometer

Nanokomposit

Material mit nanoskaligen Füllstoffen

Polymer

chemische Verbindung aus Ketten- oder verzweigten (Makro-) Molekülen (z.B. Kunststoff)

Hybridpolymer

Verknüpfung eines Polymers mit einem anderen Stoff (Glas/Keramik) auf molekularer Ebene

Sputtertechnik

Atome aus einem Festkörper durch Beschuss mit energiereichen Ionen herauslösen und auf Oberflächen abscheiden

Dispergierung

Verteilen/Vermischen von Stoffen, die sich nicht oder kaum ineinander lösen oder chemisch miteinander verbinden
Beispiel: Fassadenfarbe

Matrix

Ein Material, in das andere Werkstoffe/Füllstoffe eingebunden werden

gie. Die USA förderten im Vorjahr die Nano-Forschung mit etwa 850 Mio. Euro. Japan gab 800 Mio. Euro aus, und in Deutschland wird die Nanotechnik mit 300 Mio. Euro unterstützt.

Anwendungsbeispiele und Produkte

Die kommerzielle Umsetzung gelingt bisher vor allem bei Nanoschichten und polymeren Nanokompositen. Feinste Schichten veredeln Oberflächen, sodass sie fast jede gewünschte Funktion erfüllen – kratzfest, schmutzabweisend, elektrisch leitend oder antibakteriell. In Festplatten und Leseköpfen für die Datenspeicherung sind die wenige Nanometer dünnen Schichten bereits seit langer Zeit im Einsatz. So wurde 2007 der Nobelpreis für Physik u. a. an Prof. Peter Grünberg (Forschungszentrum Jülich) für die Entdeckung des Riesenmagnetwiderstandes (GMR) vergeben, Basis für moderne Festplattensysteme. An Bedeutung gewinnen optische Schichten. Winzige Strukturen verhindern störende Spiegelungen auf Bildschirmen oder erhöhen den Wirkungsgrad von Solarzellen. Hybridpolymere sind im Einsatz als optische Wellenleiter oder mikrooptische Bauteile. Vielfältige Einsatzmöglichkeiten der Nanotechnologie gibt es unter anderem in der Automobil-Industrie. Audi nutzt die Technologie für die Verglasung der Cockpit-Instrumente im Audi TT, um sie absolut blendfrei zu machen. Elektrochrome Rückspiegel tönen sich auf ein Signal hin. Die Veredelung von transparenten Kunststoffen mit Hybridpolymeren sorgt dafür, dass die Lichtausbeute von Scheinwerfern hoch bleibt und nicht durch Beschlagprozesse (Feuchte: Fogging) reduziert wird.

Nanopartikel machen Lacke kratzbeständiger. Dies wird seit einigen Jahren in Oberklasselimosinen von DaimlerBenz industriell genutzt. Hier werden silikatische Nanopartikel eingesetzt, die so klein sind, dass diese den hochglänzenden Klarlack im Auto optisch nicht beeinflussen, aber ihren Beitrag zur Erhöhung der Kratzbeständigkeit liefern. Und die Autoindustrie denkt schon weiter: Dank Nanotechnologie sollen Lacke künftig sogar selbstheilend sein. Aber auch in Motoren können Nanoteilchen schon bald ihren Dienst versehen. Feinste Metalloxide können helfen, den Kraftstoffverbrauch zu senken. Außerdem ermöglicht die Nanotechnologie wirksamere Katalysatoren.



Im Bereich der Dentalmaterialien bieten schon heute nanoskalige Hybridmaterialien (ORMOCER®e) die Möglichkeit, schrumpfungssarme plastische Füllungswerkstoffe zu realisieren. www.ormocere.de

Nanotechnologie kann vor allem auch die Medizin verändern. Medikamente, die sich selbstständig ihren Weg durch den Körper bahnen und, am Ziel angekommen, genau die kranken Zellen angreifen – das ist seit jeher der Traum der Mediziner und Pharmazeuten. Mit Hilfe der Nanotechnologie könnte diese Vision Realität werden. Synthetische Polymermaterialien, nach biologischen Bauprinzipien konzipiert, eignen sich hervorragend als Träger für medizinische Wirkstoffe. Durch maßgeschneiderte Oberflächen und Strukturen lassen sich diese Partikel zielgerichtet durch den Körper leiten.

Der Sprung von der Mikro- zur Nanoelektronik ist allerdings eine große Herausforderung vor allem auch für die Halbleiterindustrie. Am Fraunhofer-Center Nanoelektronische Technologien in Dresden entwickeln Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam neue Prozesstechnologien. Ziel ist es, innovative Einzelprozesslösungen und Analyse- sowie Messverfahren für die Fertigung nanoelektronischer Bauelemente (Chips), für Prozessoren und Speicher, schnell in die industrielle Fertigung zu übertragen.

Dünne Schichten basierend auf physikalischen, chemischen Abscheideverfahren oder Sputtertechniken werden seit Jahrzehnten industriell genutzt z.B. als Hartstoffbe-

schichtungen für hochbelastete Werkzeuge oder als hochreflektierende Schichten für die Röntgenstrahlolithographie. Die Weiterentwicklung dieser Nanoschichtsysteme wird vor allem in Dresden im „Innovationscluster Nanoproduktion“ vorangetrieben.

Herausforderungen

Um Nanopartikel leichter handhaben zu können, werden sie häufig in Polymere eingearbeitet. Diese funktionalisierten Nanokomposite können dann mit etablierten Fertigungsverfahren wie z.B. dem Spritzguss weiterverarbeitet werden. So können transparente Kunststoffe im Vergleich zu Mineralgläsern u. a. ihre leichte Formbarkeit, Verarbeitbarkeit und ihr geringeres Gewicht in die Waagschale werfen und in manchen Fällen Glas vollwertig ersetzen.

Für die Verarbeitbarkeit von Nanopulvern spielt dabei vor allem ihre Dispergierung in einer Matrix eine große Rolle. Dazu muss die Oberflächenenergie der Teilchen gezielt eingestellt werden. Ein Beispiel für eine Steuerung der Oberflächenenergie in sprühgetrockneten Pulvern zeigt nebenstehendes Bild.

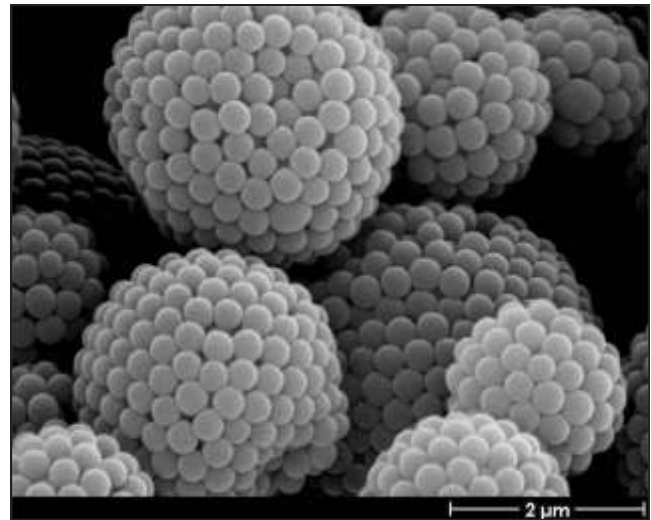
Dieses Pulver hat Verarbeitungseigenschaften vergleichbar mit einem mikroskaligen Pulver, kann aber bei der Dispergierung in einem Lösungsmittel bzw. in einer Polymermatrix relativ einfach wieder in die Primärpartikel zerlegt werden. So bleibt die Nanoskaligkeit des Pulvers in der Matrix erhalten und kann genutzt werden.

Neuer Liebling CNT

Die Fantasie der Materialentwickler regen vor allem Kohlenstoff-Nanoröhren (Carbon Nanotubes) an, kurz CNT genannt. Sie sind extrem elektrisch und wärmeleitfähig, stärker als Stahl und leichter als Aluminium. Die winzigen Röhren aus Kohlenstoffatomen entdeckte 1991 der japanische Forscher Sumio Iijima. Sie haben einen Durchmesser von ca. 2–10 nm und können in Längen bis zu einigen 100 μm hergestellt werden. Es gibt ein- oder mehrwandige Carbon-Nanoröhren.

Bislang gibt es jedoch nur wenige Produkte mit CNT, denn der Werkstoff hat einen gravierenden Makel: Kohlenstoffnanoröhren lassen sich nur schwer mit anderen Werkstoffen verbinden und sind bislang noch recht teuer. Ingenieure der Fraunhofer-Gesellschaft haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sich das eigenwillige Material kostengünstig verarbeiten lässt. Die CNT-Halbzeuge werden in Papierform hergestellt. Die Blätter sehen aus wie schwarzes Tonerpapier und kosten nur wenige Euro pro Quadratmeter. Eines der ersten Produkte, das CNT-Halbzeuge der Fraunhofer TEG enthält, sind die DNX-Tennisschläger der Firma Völkl. Die Nanoröhren verstärken den Rahmen an den besonders belasteten Stellen und verbessern die Dämpfungseigenschaften des Tennisschlägers. Das neue Modell kommt bei den Kunden gut an: 90 000 Rackets waren geplant, vermutlich müssen die Produktionszahlen aber aufgestockt werden.

CNT haben jedoch noch weitere interessante Eigenschaften: Sie dehnen sich reversibel aus, sofern in Gegenwart einer Salzlösung oder eines Gelelektrolyten eine elektrische Spannung angelegt wird. Werden aus CNT also Papiere hergestellt, so können sich diese durch die Variation der elektrischen Spannung bewegen: ein einfacher künstlicher Muskel. Der Weg zum praxistauglichen Einsatz ist noch weit, aber die ersten Ansätze dafür sind erfolgsversprechend.



Redispergierbares sprühgetrocknetes Pulver auf SiO_2 -Basis
(Fraunhofer ISC Würzburg)



DNX-Tennisschläger
mit Kohlenstoff-Nanoröhren

Ausblick

Unumstritten ist die Nanotechnologie allerdings nicht. Was passiert, wenn Nanopartikel in unseren Körper gelangen? Wie wirken sich die Winzlinge auf die Umwelt aus? Antworten auf diese Fragen sollen die vom deutschen Bundesforschungsministerium geförderten Projekte „NanoCare“, „INOS“ und „TRACER“ geben, an denen auch verschiedene Fraunhofer-Institute mitarbeiten. Eines ist schon jetzt klar: Nanoskalige Materialien kommen in Kontakt mit dem Menschen. Sie werden in Nahrungsmitteln, Kosmetik und vielen anderen Anwendungen bereits eingesetzt. Um die Risiken abschätzen zu können, ist eine umfassende Untersuchung des gesamten Lebenszyklus der neuen Materialien notwendig. Doch bei Nano bleibt die Entwicklung nicht stehen. Über die Grenzen zu blicken und zu forschen, wird in Zukunft immer wichtiger werden.

Tätigkeiten des NANONET-Styria



NANONET-Styria

Eine Kooperations- und Kommunikationsplattform, organisiert von der Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, der NanoTecCenter Weiz Forschungsgesellschaft mbH und der Montanuniversität Leoben.
www.nanonet.at
contact@nanonet.at

Das NANONET-Styria wurde im Herbst 2001 als steirisches Nanotechnologienetzwerk gegründet. Mittlerweile besteht das Netzwerk aus 30 Mitgliedern aus den Bereichen akademischer als auch außeruniversitärer Forschung sowie steirischen Unternehmen. Ziel ist eine gemeinsame Ausarbeitung entsprechender Pläne zur nachhaltigen Verankerung der Nanotechnologie in der Steiermark. Die öffentlichen Stellen sollen von der Sinnhaftigkeit einer langfristigen Unterstützung des Themenbereiches Nanowissenschaften und Nanotechnologien überzeugt werden.

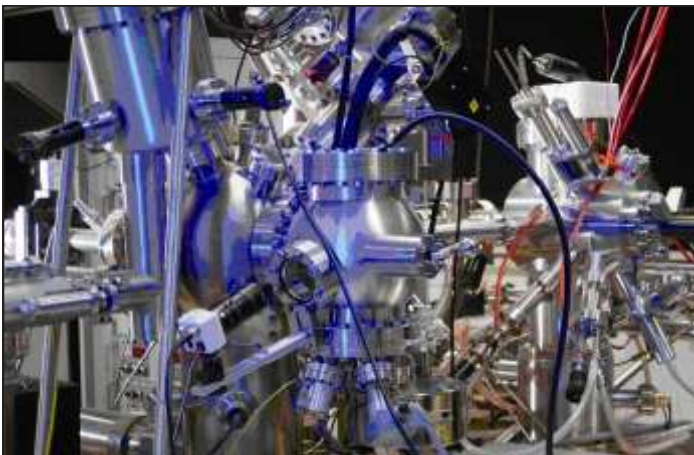
Zu den Forschungsschwerpunkten innerhalb des Netzwerkes zählen

- **Nanocoating:** In diesem Forschungsbereich wird versucht, Oberflächen von Materialien derart zu verändern, sodass sich ganz bestimmte Eigenschaften (z.B. Wasser und Schmutz abweisend) dieser Oberflächen einstellen.
- **Nanopulver / Nanocomposites:** Hier wird an Pulvern gearbeitet, welche als Basis in feuerfesten Werkstoffen, Hartmetallen und ähnlichem eingesetzt werden sollen, um ihre Werkstoffeigenschaften deutlich zu verbessern.
- **Organische und Nanoelektronik, Nanophotonik:** Dieses Forschungsfeld beschäftigt sich mit neuen organischen Halbleitern und deren Anwendung in opto-elektronischen Komponenten und Sensoren. Industriell werden bereits Bildschirme mit stromsparender organischer Elektronik hergestellt. Des Weiteren wird versucht, die Herstellung von organischen Solarzellen voranzutreiben,

da durch die Verwendung von organischen Materialien die Produktionskosten von Solarzellen massiv gesenkt werden könnten. Aufgrund der Möglichkeit, organische Solarzellen auf flexiblen Folien aufzubringen, lassen sich ganz neue Anwendungsgebiete für Solarzellen erschließen.

- **Bionanotechnologie:** Das BioNanoNet forscht an neuen Wirkstoffen und neuen Strategien, Medikamente mittels nanostrukturierter Materialien an ihren Zielort im Körper zu bringen.

- **Nanoanalytik:** Um die besonderen Strukturen, Funktionen und Wechselwirkungen von Nanomaterialien verstehen zu können, sind geeignete Untersuchungsmethoden von großer Bedeutung. Unser Nanoanalytik-Netzwerk ermöglicht die Neueinführung bzw. Weiterentwicklung von speziellen Methoden der Nanoanalytik und dient der Geräte-



Röntgen-Photoelektronenspektroskopie ist eine etablierte Methode im Bereich der Nanoanalytik, um die chemische Zusammensetzung vor allem von Festkörpern bzw. deren Oberfläche zerstörungsfrei zu bestimmen.

entwicklung mit dem Ziel der späteren Erzeugung und Vermarktung durch industrielle Partner.

- **Nanomagnetismus:** Dieser Bereich ist durch die Verbreitung von magnetischen Speichermedien (Computerfestplatten) ebenfalls bereits einer breiten Bevölkerungsschicht bekannt. Allerdings geht dieses Forschungsfeld noch weiter, indem versucht wird, z.B. magnetische Legierungen mit Gedächtniseffekten herzustellen. Hinzu kommt das Potential von magnetischen Nanopartikeln in der Medizintechnik für den Einsatz in der Krebstherapie und Kernspintomografie. Aber auch im Bereich Maschinenbau sind magnetische (Nano-)Materialien von Bedeutung. Sie können z.B. die Schmiereigenschaften von Kugellagern beträchtlich verbessern.
- **Nanogrowth:** Das Themengebiet von Nanogrowth beschäftigt sich mit dem Studium des Wachstums extrem dünner Schichten auf diversen Oberflächen. Dies ist ein wichtiger Bestandteil, um Oberflächenbeschaffenheiten besser verstehen zu können. Es hat sich gezeigt, dass die gängigen Mikroskopie- und Streumethoden für die Untersuchung von Strukturen auf der Nanometerskala nach dem Schichtwachstum nicht mehr ausreichen, sondern es von großer Bedeutung geworden ist, die Prozesse direkt während des Wachstums zu beobachten und zu beschreiben.

Weitere wichtige Punkte in der Arbeit des NANONET-Styria sind die Förderung der internationalen Zusammenarbeit, Bewusstseinsbildung in der Öffentlichkeit, Abschätzung möglicher Folgewirkungen auf unsere Umwelt sowie Erforschung und Diskussion von gesundheitlichen und sozialen Auswirkungen der Nanotechnologie.

Organische Elektronik

Unter organischer Elektronik versteht man die Verwendung von kohlenstoffbasierenden Materialien (Kunststoffe), die durch spezielle Maßnahmen elektrisch leitfähige Eigenschaften erhalten können, ähnlich denen von herkömmlichen elektronischen Bauteilen in Silizium-Chips. Der große Vorteil von organischen Materialien ist die kostengünstige (großflächige) Verarbeitung, der geringe Energieverbrauch und die Möglichkeit, diese Bauteile z.B. auf flexiblen Folien aufzubringen (einrollbare Displays oder Solarzellen).

Euro-NanoTox – Standardisierung von Testverfahren zur Charakterisierung der Nanotoxizität

Materialien im Nanobereich haben besondere Eigenschaften: z.B. gelten unterhalb einer Größe von ca. 50 nm die Gesetze der Quantenphysik verstärkt, was dazu führt, dass sie andere optische, magnetische oder elektrische Eigenschaften annehmen können. Diese neuen Materialeigenschaften eröffnen neue Anwendungen in vielfältigen Bereichen unseres Lebens, von ihrem Einsatz in der Autoindustrie, in der Elektronik, der Lebensmittelindustrie bis hin zur Medizin.

Doch wenn Materialien nur durch ihre Verkleinerung in den unteren Nanometerbereich ihre Materialeigenschaften ändern, ändern sich dann nicht vielleicht auch ihre toxischen Eigenschaften? Werden Materialien, die ungiftig sind, durch die Überführung in den Nanometerbereich giftig? Dieser Fragen nimmt sich die Nanotoxikologie an.

Eine wichtige Charakteristik von Nanomaterialien ist ihre extrem große Oberfläche. Z.B. weist die gleiche Masse an Material in Form von Nanopartikeln

AutorInnen:

Mag. Andreas Rudorfer, Joanneum Research,
Andreas.Rudorfer@joanneum.at

DI Helmut Wiedenhofer, NanoTecCenter Weiz Forschungsgesellschaft mbH,
Helmut.Wiedenhofer@ntc-weiz.at

Dr. Brigitte Kriszt, Außeninstitut Montanuniversität Leoben,
brigitte.kriszt@unileoben.ac.at

Vizerektorin Dr. Martha Mühlburger, Außeninstitut Montanuniversität Leoben,
martha.muehlburger@unileoben.ac.at



Flexibles Display hergestellt mit organischen Leuchtdioden

EURO
nanotox

Euro-NanoTox ist eine nationale Anlaufstelle für alle Aspekte der Humantoxikologie von nanostrukturierten Materialien.

www.euro-nanotox.at

Euro-NanoTox ist eine Initiative der BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH

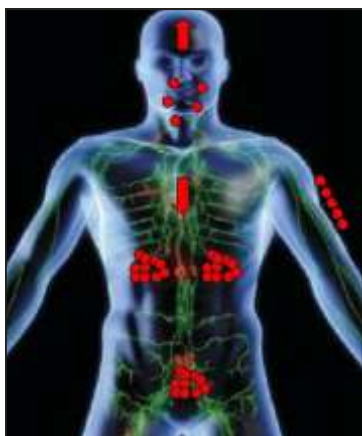
www.bionanonet.at

BIONANO
NET

eine vielfach größere Oberfläche als ein grobes Pulver auf. Diese extrem große Oberfläche kann Materialien chemisch reaktiv machen, die sonst nicht reaktiv und nicht toxisch sind. Doch ist es leider nicht die Größe allein, die zu einer eventuellen Giftigkeit von Nanomaterialien beiträgt. Vielmehr hat sich herausgestellt, dass die Toxizität von Nanomaterialien von vielen Parametern beeinflusst wird, deren Gewichtung untereinander noch nicht bekannt ist. So sind z.B. neben der Größe auch die Form, die Oberflächenladung und -beschaffenheit für eine potentiell toxische Wirkung verantwortlich. Doch es wird noch komplizierter: Nanomaterialien trachten danach, zu „verklumpen“. Das bedeutet, dass Nanomaterialien z.B. im Blut nicht frei vorliegen, sondern an Proteine gebunden sind. Diese „Zusammenschlüsse“ weisen nun aber wieder ein anderes toxisches Verhalten auf als das freie nanostrukturierte Material! Auch haften viele Stoffe gerne an der großen Oberfläche von Nanomaterialien! Wenn im Experiment Nanomaterialien giftig wirken, kann das auch von Verunreinigungen herrühren, die sich an der Oberfläche angelagert haben.

Jedes nanostrukturierte Material muss einzeln auf seine potentielle Giftigkeit überprüft werden, da das Wissen um die komplexen Zusammenhänge zwischen physikalischen und chemischen Parametern und einer eventuellen Giftigkeit fehlt.

Müssen wir uns jetzt vor der Nanotechnologie fürchten? Hier ist eine differenzierte und interdisziplinäre Herangehensweise essentiell. Nanostrukturierte Materialien sind nichts Neues! Nanopartikel kommen seit jeher in der Umwelt vor, und fast alle Nanopartikel, denen wir heute ausgesetzt sind, sind nicht willentlich vom Menschen produziert. Sie entstehen z.B. in Verbrennungsprozessen, seien es Brände, Vulkanausbrüche, Hausbrand oder aus Verbrennungsmotoren. Nanopartikel sind also im Alltag schon seit jeher existent.



Wege des Zuganges von Nanomaterialien in den Körper

Die Aufnahme von Nanopartikeln in den menschlichen oder tierischen Körper erfolgt vor allem über folgende vier Wege: 1. **inhalativ** über die Atemwege, 2. **dermal** über die Haut, 3. **oral** über den Magen-Darm-Trakt und 4. bei medizinischen Eingriffen¹. Hierbei besteht heutzutage weitgehende Einigkeit, dass der Eintritt von Nanopartikeln über die Lunge das größte Risikopotential aufweist, gefolgt von der oralen Aufnahme. Intakte Haut scheint eine sehr gute Barriere gegen den Eintritt von Nanopartikeln in den menschlichen Körper darzustellen.

Testverfahren in der Nanotechnologie

Trotz einer ständig steigenden Anzahl von Publikationen, die sich mit der potentiell gesundheitsschädigenden Wirkung von Nanomaterialien befassen, ist der Wissenszuwachs, der in den letzten Jahren erzielt wurde, vergleichsweise gering. Es ist keine Seltenheit, dass einander widersprechende Ergebnisse veröffentlicht werden. Toxikologische **Untersuchungen von Nanomaterialien sind komplexer** als die löslicher Stoffe (z.B. Medikamente) oder größer strukturierter Stoffe (z.B. Asbestfasern). Bihari et al.² untersuchten die Größen einer Reihe von Nanomaterialien in verschiedenen Medien und stellten fest, dass alle Nanomaterialien größer waren (in den meisten Fällen um mehr als das Zehnfache) als bei der Charakterisierung der Trockensubstanz. **Neben der Größe bestimmen des Weiteren Parameter wie Form, Oberflächenladung und -beschaffenheit die biologische Wirkung von Nanomaterialien.**

Schwierigkeiten in der Toxizitätsmessung

Durch die veränderten physikalischen und chemischen Eigenschaften von Nanomaterialien stören diese die Nachweismechanismen etablierter in-vitro Standardtests (Zellsysteme, keine Tierversuche) in der Toxikologie. So beruht z.B. die Testung auf Zellschädigung in der Regel auf Farbreaktionen, Änderungen von Fluoreszenz oder Aussendung von Lichtblitzen (Chemolumineszenz). Durch Nanomaterialien kann es zu einer Absorption oder Streuung des Lichtes kommen, die

¹ Roblegg Eva, Sinner Frank, Zimmer Andreas, *Health Risks of Nanotechnology*, Euro-NanoTox-Letters, 2009, in press

² Bihari P, Vippola M, Schultes S et al. Optimized dispersion of nanoparticles for biological in vitro and in vivo studies. *Part Fibre Toxicol* 2008;5;14.

beim gleichen größer strukturierten Material nicht zu beobachten ist. Aus diesem Grund müssen etablierte Tests hinterfragt und für Nanomaterialien neu standardisiert werden.

Bei der Medikamententestung können Versuche an den häufigsten Versuchstieren, den Nagern, immerhin etwa 40% der toxischen Zwischenfälle beim Menschen vorhersagen, bei der Verwendung von Primaten steigt die Vorhersagekraft auf 71%³. Bei Nanomaterialien sind wesentlich niedrigere Vorhersagewerte zu erwarten, da die Beschichtung der Nanomaterialien mit körpereigenen Proteinen eine bedeutende Rolle spielt⁴.

Außerdem ist beispielsweise unklar, ob die bei Ratten beobachtete Toxizität von inhalativ aufgenommenem Ultrafeinstaub nicht nur durch eine Verstopfung der Atemwege im Rahmen der Applikation hervorgerufen wurde⁵.

Ein bisher wenig untersuchtes Problem stellt die Persistenz (Akkumulation) nicht abbaubarer Nanomaterialien im Organismus dar. Als Folge daraus könnte es zu **eingeschränkter Zell- oder Organfunktion** kommen, chronische Entzündungsreaktionen auftreten und eine Veränderung des genetischen Materials mit der Gefahr der zellulären Entartung stattfinden. Einige Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Proteinabbau-Funktion von Zellen durch Nanopartikel gestört werden kann. Derzeit sind Langzeitveränderungen in Zellkulturen schlecht zu untersuchen, derartige **Methoden zur standardisierten Testung sind jedoch in Entwicklung**. Chronische Schäden sind auch in Tierversuchen schwer zu beurteilen, da der Stoffwechsel von Nagern und Menschen sich deutlich unterscheidet. Neben den potentiellen Gefahren, die von akkumulierten Nanomaterialien ausgehen können, besteht auch die Möglichkeit, dass Nanomaterialien nach Art der Alterspigmente in den Zellen verbleiben oder sich – ohne Entzündungen oder Immunabwehr zu erzeugen – in Lymphknoten oder Bindegewebe ablagern.

Nationale und internationale Expertenrunden sind mit dem Entwurf allgemeingültiger Richtlinien für die Testung von Nanomaterialien beschäftigt, aber die Heterogenität dieser Stoffe erschwert ein derartiges Unterfangen, und es ist daher noch unklar, ob es ein allgemeingültiges Toxizitätstestungsschema überhaupt geben kann.

Zukunftsausblick

Aufgrund des vorliegenden Spannungsfeldes zwischen dem enormen Potential der Nanotechnologien und einer möglichen Gefährdung in einzelnen Anwendungen haben sich österreichische Wissenschaftler im Bereich der Nanotechnologien und der Toxikologie unter der Federführung der BioNanoNet Forschungsgesellschaft im **Europäischen Zentrum für Nanotoxikologie** (EURO-NanoTox) zusammengeschlossen. Ziel ist, die vorhandene wissenschaftliche Expertise im Themenfeld zusammenzuführen, koordiniert weiter zu entwickeln, an die europäische Entwicklung anzukoppeln und hierdurch aussagekräftige und standardisierte in-vitro und in-vivo Tests anzubieten. Der Folder der verfügbaren Tests kann auf www.euro-nanotox.at heruntergeladen werden.

Fazit

Wie jede neue Technologie bergen auch die Nanotechnologien Gefahren. Das unvermeidbare Risiko soll bekannt, und in einem vertretbaren Verhältnis zum Nutzen neuer Produkte stehen. Der aktuelle Wissensstand muss leider als mangelhaft bezeichnet werden, doch die Chancen stehen gut, dass in wenigen Jahren ein ausreichendes Wissen zur Verfügung steht.

AutorInnen:

Mag. pharm. Dr. Eva Roblegg, Institut für Pharmazeutische Wissenschaften – Pharmazeutische Technologie, Karl Franzens Universität Graz

Prof. Dr.med.univ. Dipl.Biochem. Eleonore Fröhlich, Core Facility Mikroskopie, Zentrum für medizinische Grundlagenforschung, Medizinische Universität Graz

Bakk.rer.soc.oec. Andreas Falk, Netzwerkmanager BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH, Graz und Institut für medizinische Systemtechnik und Gesundheitsmanagement, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz

DI Dr. Frank Sinner, Institut für medizinische Systemtechnik und Gesundheitsmanagement, Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH, Graz und Geschäftsführer BioNanoNet Forschungsgesellschaft mbH, Graz

³ Olson H, Betton G, Robinson D et al. Concordance of the toxicity of pharmaceuticals in humans and in animals. *Regul Toxicol Pharmacol* 2000;**32**;56-67.

⁴ www.afssaps.fr/var/afssaps_site/storage/original/application/25aeb68a48df8d6b107433842a5b4def.pdf ; Stand vom 25.08.2009.

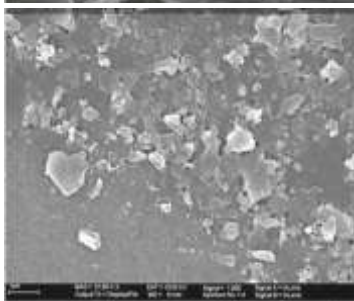
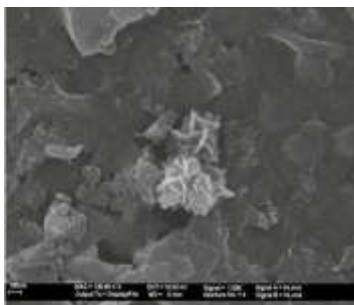
⁵ Stern ST, McNeil SE. Nanotechnology safety concerns revisited. *Toxicol Sci* 2008;**101**;4-21.



www.konsument.at

Der VKI teilt die Positionen vom Juni 2009 folgender Konsumentenorganisationen:

- BEUC („The European Consumer Organisation“), www.beuc.org
- ANEC („The European Consumer Voice in Standardisation“), www.anec.org/attachments/ANEC-PT-2009-Nano-002final.pdf
- Transatlantischer Konsumentendialog TACD, www.tacd.org



Zwei rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen von natürlichen Nanopartikeln wie sie häufig im Straßenablauf viel befahrener Straßen zu finden sind
Bildbreite oben ca. 2700 nm / unten ca. 10 µm

Small ist nicht nur beautiful

Bewertungen und Forderungen zu Nano-Konsumprodukten

iPod, Tennisschläger, Sportwäsche, Versiegelungen – bei immer mehr Produkten treffen wir auf das Wort „Nano“. Es soll auf Produktverbesserungen oder auf neue technologische Möglichkeiten hinweisen: Teilchen mit Größen von unter 100 nm können gezielt erzeugt und eingesetzt werden. Die anwendungsorientierte Forschung in diesen Bereichen wird von der öffentlichen Hand und der Industrie stark gefördert. Die Begleitforschung, zu der auch die Risikoforschung zählt, erhält weniger als 5% der Forschungsgelder.

Kein Wunder also, wenn die Entwicklung von Konsumprodukten viel schneller voranschreitet als das Wissen über die Risiken, die von diesen Produkten ausgehen könnten. Es fehlen nicht nur viele Messdaten zu den einzelnen Nanomaterialien, auch die passenden Messgeräte oder -methoden sind oft erst in Entwicklung.

Hier und dort und an jedem Ort: Nanomaterialien

Jede Statistik oder Aufzählung von Nanoprodukten ist lückenhaft und unsicher, da der Gehalt an Nanomaterialien nicht deklariert werden muss. Die Produktdatenbank des „Project on Emerging Technologies“¹ enthielt Ende August 2009 über 1000 Konsumprodukte weltweit mit Schwerpunkt USA. Bei den Produktkategorien lag die Kategorie „Health und Fitness“ mit 60%, bei den Nanomaterialien Nanosilber mit 26% der Produkte an der Spitze. Bei einer österreichischen nicht veröffentlichten Recherche wurden mit März dieses Jahres 450 hier erhältliche Nanoprodukte identifiziert², mit dem Schwerpunkt bei Kosmetika und Textilien.

Zwerge zum Frühstück?

Lebensmittel können synthetische Nanomaterialien enthalten, aufgrund der geringen Bereitschaft der Lebensmittelindustrie zur offenen Kommunikation bleibt vieles aber ungewiss. Nanopartikuläres Siliziumdioxid dient schon lange als Rieselhilfe z.B. in Kochsalz. Nano-Beta-Carotin ist als Zusatzstoff zugelassen und dient als Farbstoff für Getränke. In Nanokapseln werden Vitamine und andere Lebensmittelzusätze geschützt. Mehr noch als die Lebensmittel selbst sind deren Verpackungen ein großer Markt für nanotechnologische Innovationen. Nanomaterialien bewirken, dass die Verpackungen dichter werden, dadurch bleibt ein Lebensmittel länger haltbar oder der Gehalt an Kohlensäure in Getränken wird stabilisiert.

Relativ häufig sind Nanomaterialien in Sportbekleidung zu finden. Wasser abweisende Materialien enthalten Kunststoff-Nanofasern.

Seit einigen Jahren enthalten viele Sonnencremen den mineralischen UV-Filter Titandioxid in Nanoform. Diese Anwendung ist für intakte Haut recht gut abgesichert – ob sie auch beim Auftragen auf Sonnenbrand oder verletzter Haut harmlos ist, ist noch umstritten.

Als besonders bedenklich gelten Nanomaterialien, die biologisch nicht abbaubar und unlöslich bis schwerlöslich sind – z.B. Metalle oder Metalloxide. Es wird angenommen, dass sie bereits in Lebensmitteln, Kosmetika und anderen Konsumprodukten eingesetzt werden, obwohl über ihre Verteilung und Wirkung im Körper und in der Umwelt noch wenig bekannt ist. Nanosensoren werden in der medizinischen Diagnose eingesetzt. Krankheiten können früher und mit sanfteren Methoden erkannt werden. Nanomaterialien sollen den künstlichen Gewebeaufbau verbessern.

Zahlreiche nanotechnologische Oberflächenbeschichtungen und -veredelungen sind bereits am Markt. Dazu zählen Fassadenfarben, Fliesen und Glasscheiben, die besonders schmutzabweisend sind. Nanopartikel verbessern auch die Härte und Verschleißfähigkeit von Metallen, Kunststoffen oder Keramiken.

¹ www.nanotechproject.org/inventories/consumer/

² Dossier 009 „Nanoprodukte in Österreich“ des Projektes Nanotruster: <http://nanotruster.ac.at/dossiers.html>

Eine klare und einheitliche Definition dringend nötig

Bis heute ist die Definition der Nanomaterialien umstritten. So sind in den Vorschlägen zur Kosmetik-Verordnung und der Novel-Food-Verordnung der EU zwei recht unterschiedliche Definitionen zu finden, die im März dieses Jahres an zwei aufeinanderfolgenden Tagen im EU-Parlament angenommen wurden. (siehe Kasten) Um Missverständnisse und weitere Verzögerungen in der Gesetzgebung zu verhindern, müssen sich die internationalen Gremien endlich auf eine einheitliche und umfassende Definition einigen.

Vorsorgende Gesetzgebung

In der Gesetzgebung sind rasche Maßnahmen erforderlich. Klare Regelungen zu Nanomaterialien und Nanoprodukten müssen z.B. in die Chemikaliengesetzgebung REACH, das Biozid-Produktengesetz und in den ArbeitnehmerInnen- und KonsumentInnenenschutz einfließen. Grundlage muss die Anwendung des Vorsorgeprinzips sein.

Mehr Geld in die Risikoforschung!

Wichtig ist dabei die internationale Koordinierung. Risiko setzt sich aus Gefahr und Exposition zusammen. Bei beiden Faktoren herrscht Nachholbedarf. Zur Bestimmung, in welchem Ausmaß wir oder die Umwelt synthetischen Nanomaterialien ausgesetzt sind, müssen spezifische Nachweisverfahren und passende Geräte zum Einsatz im ArbeitnehmerInnen-, KonsumentInnen- und Umweltschutz entwickelt werden. Und zur Bestimmung der Gefahren synthetischer Nanomaterialien müssen Testmethoden adaptiert und/oder entwickelt und angewandt werden.

Auch der Nutzen der Nanoprodukte muss genau betrachtet werden. Wie am Beginn jeder neuen Technologie werden manchmal Produkte auf den Markt gebracht, deren Nutzen (noch) zweifelhaft ist. So werden Innenraumwandfarben mit Titandioxid in Nano-Form dafür beworben, diverse Schadstoffe abzubauen – unter anderem Formaldehyd. Aber beim Abbau von Schadstoffen kann auch Formaldehyd *entstehen*. Laut einer Studie erreicht die Konzentration bis zu 24% des MAK-Wertes⁵ in geschlossenen Räumen⁶.

Mehr Informationen für die Bevölkerung

Wir haben das Recht darauf, zu wissen, welche Produkte Nanomaterialien enthalten. Im Bereich der Kosmetika wird eine Deklarationspflicht voraussichtlich im Jahr 2012 eingeführt, ebenso ist sie im Entwurf zur Novel-Food-Verordnung vorgesehen. Diese Verordnung betrifft (nur) „neuartige Lebensmittel“ – wann sie allerdings ausverhandelt ist, ist noch unklar, also auch, wann die Deklarationspflicht in Kraft tritt. Im Chemikalienrecht werden nur „gefährliche“ Chemikalien deklariert. Für Produkte, mit denen VerbraucherInnen nahe oder regulär in Kontakt kommen, und Produkte, welche Nanomaterialien in die Umwelt entlassen, sollte eine Deklaration der Nanomaterialien trotzdem eingeführt werden, obwohl – oder eher weil – über ihre Gefährlichkeit noch nichts Genaues bekannt ist. Ergänzend dazu sollte ein öffentlich zugängliches Verzeichnis von Nanomaterialien in allen Konsumprodukten aufgebaut werden. Dies ist für Nanomaterialien in Kosmetika und in neuartigen Lebensmitteln bereits vorgesehen. Als sinnvolle Ergänzung zur Deklaration können interessierte KonsumentInnen dann nähere Informationen zu den eingesetzten Nanomaterialien dort nachlesen.

Unterschiedliche Definitionen von Nanomaterialien

Vorschlag zur Novel-Food-Verordnung³

Der Begriff "konstruierte Nanomaterialien" bezeichnet absichtlich hergestellte Materialien mit einer oder mehreren äußeren Abmessungen in einer Größenordnung von höchstens 100 Nanometern oder mit funktionell getrennten Teilen im Inneren oder an der Oberfläche, von denen viele eine oder mehrere äußere Abmessungen in der Größenordnung von höchstens 100 Nanometern haben, einschließlich Strukturen, Agglomerate oder Aggregate, die mehr als 100 Nanometer groß sein können, jedoch für den Nanomaßstab kennzeichnende Eigenschaften haben.

Zu den für den Nanomaßstab kennzeichnenden Eigenschaften gehören:

- i) Eigenschaften, die mit der großen spezifischen Oberfläche der betreffenden Materialien zusammenhängen, und/oder
- ii) besondere physikalisch-chemische Eigenschaften, die sich von den Eigenschaften der nicht nanoformen Strukturen aus denselben Materialien unterscheiden.

Vorschlag zur Kosmetik-Verordnung⁴

"Nanomaterial": ein unlösliches oder biologisch beständiges und absichtlich hergestelltes Material mit einer oder mehreren äußeren Abmessungen oder einer inneren Struktur in einer Größenordnung von 1 bis 100 Nanometern.

Anmerkung: Sobald auch nur geringe Löslichkeit und biologische Abbaubarkeit nachgewiesen wird, sind die Chemikalien aus dem Schneider.

³ www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0171+0+DOC+XML+V0//DE&language=DE

⁴ www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+P6-TA-2009-0158+0+DOC+XML+V0//DE

⁵ MAK: maximale Arbeitsplatzkonzentration. Gilt für gesunde erwachsene Männer im erwerbsfähigen Alter bei einem Aufenthalt in den Räumen von 8 Stunden pro Tag.

⁶ www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/nanokomm_abschlussbericht_2008.pdf, S. 47

Mitsprache und Mitentscheidung

Die Öffentlichkeit muss in die Entscheidungen zu den Nanotechnologien einbezogen werden – in jene der Politik und der Forschungsaktivitäten. Dabei müssen auch breitere soziale und ethische Überlegungen in Betracht gezogen werden. Dazu zählen folgende Fragestellungen:

- Wer entscheidet darüber, welche Risiken in Kauf genommen werden?
- Wer könnte durch diese Entscheidungen möglicherweise gefährdet sein?
- Wer übernimmt dafür die Verantwortung?

Es ist auch zu beobachten, dass die Produktion und die Verarbeitung von potenziell gefährlichen Nanomaterialien zunehmend in Produktionsstätten außerhalb Europas, z.B. nach Asien, verlegt werden, die Endprodukte aber hier vermarktet werden.

Damit stellen sich Fragen zur Verteilungsgerechtigkeit: Wer profitiert davon, wer ist von den Vorteilen ausgeschlossen? Wird es – ähnlich dem sog. „Computer-Divide“ – eine Trennung geben zwischen den Menschen, die Zugang zu diesen neuen Technologien haben, und denen, die davon ausgeschlossen sind, sowohl innerhalb von Nationen, als auch zwischen Industrienationen und Entwicklungsländern?

Bei nanotechnologischen Anwendungen in der Medizin ist – ähnlich wie bei gentechnischen Anwendungen – zu befürchten, dass die Diagnostik sich weit rascher verbessern wird als die Therapie. Werden wir also womöglich mit hoffnungslosen Diagnosen konfrontiert werden? Erfahren wir Dinge über unseren Gesundheitszustand, nach denen wir nie gefragt haben und die wir womöglich auch nicht wissen wollten – und die auch missbraucht werden könnten?

Die Nanotechnologien in Kombination mit Biotechnologie, Medizin und den Kognitiven Wissenschaften könnten in Zukunft auch dazu eingesetzt werden, den menschlichen Körper zu „verbessern“. So wurden in einem US-amerikanischen Bericht aus dem Jahr 2002⁷ folgende Ziele formuliert:

- Erweiterung der physischen Fähigkeiten des Menschen, etwa der sensorischen Fähigkeiten
- eine direkte Ankopplung des menschlichen Gehirns an EDV-Systeme
- eine drastische Verlängerung der Lebensspanne des Menschen.

Wo also liegen die Grenzen zwischen Technik und Leben? Welche technischen Möglichkeiten sollen im und mit dem menschlichen Körper realisiert werden?

Nanotechnologien nachhaltig nutzen!

Nanotechnologien können Fortschritt im positiven Sinn bedeuten: in der Medizin z.B. durch verbesserte Diagnostik und Heilung, in der Umwelttechnik, durch schnelle und umfassende Schadstoffmessung und Schadstoffbeseitigung oder verbesserte Energieumwandlung und -speicherung zum Schutz unseres Klimas. Wichtig für eine sichere, nachhaltige und erfolgreiche Nutzung sind frühzeitige Risikoabschätzung und -beurteilung, die Überprüfung der „Nanotauglichkeit“ der gesetzlichen Rahmenbedingungen und die Bereitstellung von Informationen für die Bevölkerung, ArbeitnehmerInnen und UnternehmerInnen.



Autorin:

Dr. Susanne Stark, Chemikerin
im Team "Umweltzeichen" des
VKI – Verein für Konsumenteninformation, sstark@vki.at

⁷ Mihail C. Roco, William Sims Bainbridge: Converging Technologies for Improving Human Performance, National Science Foundation, Arlington, Virginia, Juni 2002, [www.wtec.org/Converging Technologies/Report/NBIC_report.pdf](http://www.wtec.org/Converging%20Technologies/Report/NBIC_report.pdf)

Nie mehr putzen! Nano sei dank?

Nie mehr putzen! Der Traum eines jeden Hausmannes und jeder Hausfrau. Häuser und Wohnungen, die sich wie von Zauberhand selbst reinigen. Reinigen ohne Chemie, ohne viel Zeitaufwand! Was für eine Vorstellung. Für den Erfolg der Reinigungsleistung stehen vier Faktoren: Chemie, Mechanik, Temperatur und die Einwirkungszeit. Kommt einer der vier Faktoren im Zuge des Reinigungsvorganges nur begrenzt zur Wirkung, müssen einer oder mehrere übrige Faktoren dies kompensieren, z.B. werden niedrige Temperaturen durch mehr Chemie (schärfere Mittel) ausgeglichen.

Die Ziele

Die Temperatur ist limitiert. Viel Zeit soll das Putzen auch nicht erfordern. Den Chemieeinsatz wollen wir aufgrund von Umwelt- und Gesundheitsrisiken niedrig halten. Bleibt noch die Mechanik. Wenn es Oberflächen geben würde, die ohne Einwirkung von Mechanik einfach den Schmutz wieder mit dem Wasser abfließen lassen, hätten wir einen optimalen Reinigungserfolg!

Genau an diesem Punkt kommt die Nanotechnologie ins Spiel. Die Werbung lockt mit Begriffen wie „NANO-Spray“, „NANO-Beschichtung“ oder „mit NANO-Technik“.

Die Lotusblüte als Symbol der Reinheit



Auch der heimische Frauenmantel besitzt den Lotuseffekt. Allerdings funktioniert er nicht so gut wie bei dem Lotusblatt.

Die Lotusblüte ist das buddhistische Symbol der Reinheit. An ihr haftet nichts, kein Staub, keine Pilzsporen, nicht einmal Wasser. Das ideale Vorbild für Oberflächen, wie wir sie uns wünschen. Die Ursache des Lotus-Effektes wurde durch Zufall entdeckt. Als vor Jahren verschiedene Pflanzen unter dem Elektronen-Mikroskop untersucht wurden, erhofften sich Biologen Hinweise auf die Verwandtschaft der Pflanzen. Sie fanden dabei kompliziert aufgebaute Wachsschichten

auf der Oberfläche der Blätter. Winzige Wackskristalle weisen Wasser und Schmutz ab und halten so die Blätter sauber. Ein Schmutzpartikel kommt nur auf den Spitzen der Kristalle, wie ein Fakir auf seinem Nagelbett, zu sitzen. Kommt nun ein Wassertropfen, kann er die wasserabweisenden Wackskristalle nicht benetzen, rollt über die Spitzen hinweg und nimmt den Schmutz gleich mit.

Diese Entdeckung, auch „easy to clean-Effekt“ genannt, bildet die Basis für ganz neuartige Beschichtungen.

Eine deutsche Firma entwickelte innerhalb von kürzester Zeit eine Beschichtung für Sanitärkeramik wie Waschbecken, Dusch- oder Badewannen. Zur Nachbildung des biologischen Vorbildes dient als Basis extrem feinkörnige und spröde Partikel aus Silizium- oder Aluminiumoxid in Abmessungen von 10 bis 20 Nanometer, die in eine kunststoffartige Matrix eingebettet sind. Diese Matrix besteht aus Silanen, Verbindungen mit einem anorganischen Anteil (Siliziumatomen) und einem organischen Anteil (Kohlenstoffatomen). Über die Kohlenstoffatome werden weiche flexible, über die Siliziumatome eher glasartige harte Netzwerke aufgebaut. Die Strukturen werden in einer alkoholhälti-



"die umweltberatung" Wien gibt Tipps zum ökologischen Lebensstil, die im Alltag leicht umzusetzen sind, und berät euch gerne:

01.803 32 32

service@umweltberatung.at

www.umweltberatung.at



Waschkreis nach Sinner: Die vier Faktoren Chemie, Temperatur, Mechanik und Zeit sind entscheidend für den Putzerfolg. Die Prozentsätze sind nicht statistisch berechnet. Sie dienen der Anschauung.



Nano leitet sich aus dem Griechischen ab: *Νάνος* - der Zwerg.

gen oder wässrigen Lösung gezüchtet und auf die Oberfläche aufgetragen. Nach dem Auftragen verdampft der Alkohol und die gewünschte netzartige Struktur bleibt übrig.

Eine andere Möglichkeit ist es, Schmutz und Öl abweisende Fluorpolymere in nanometerdünnen Beschichtungen auf Oberflächen aufzubringen. Dazu werden spezielle, in Wasser stabile, Fluorpolymer-Micellen entwickelt, die nach dem Aufbringen auf geeigneten Oberflächen unter kurzzeitigem Erhitzen (60°C – 150°C) sich selbst anordnen und dadurch eine permanente Beschichtung ausbilden.

Nanostrukturierte Oberflächen entstehen durch Beschichtungsprozesse. Aus den Elementen Titandioxid oder Siliziumdioxid werden Oberflächen geschaffen, auf welchen ein aufgebracht Tropfen die gesamte Oberfläche als Film benetzt.

Inzwischen gibt es eine breite Palette verschiedenster Nanopartikel, die zur Oberflächenbeschichtung herangezogen werden.

Die Beschichtungen haben ein vielfältiges Anwendungsgebiet:

- Oberflächen und Keramikbeschichtungen im Sanitärbereich
- Küchenoberflächen (Herdbeschichtungen, Kühlschränke)
- in der Industrie: Walzenoberflächen in Druckmaschinen (geringere Haftung von Farben bedeutet Kostensenkung und weniger Reinigungsbedarf)
- Fenster und Fassaden: Außenbeschichtungen von Gebäuden, Hallenbadbeschichtungen
- Lackbeschichtungen, Windschutzscheiben von Autos
- Selbstreinigende Stoffe: Lastwagenplanen, Outdoor-Bekleidungen
- viele neuartige Farben und Lacke, die selbstreinigend, desinfizierend oder sogar luftverbessernd wirken
- neuartige Oberflächen auf Böden (Parkett, PVC, ...)

Lotus-Oberflächen werden nur durch reines Wasser gereinigt. Übliche tensidhaltige Reinigungsmittel würden in die Oberflächen eindringen und somit den Lotuseffekt stören. Spezielle Reinigungsmittel haben die zusätzliche Aufgabe die beschichteten Oberflächen zu schützen und ihre Lebensdauer zu verlängern. Es wird laut Erfahrung bei der Reinigung von solchen Oberflächen etwa je die Hälfte an Zeit und Reinigungsmittel benötigt wie für herkömmliche Oberflächen.

So kommen wir unserem Traum des selbstreinigenden Hauses schon näher. Oberflächen mit Lotuseffekt reinigen sich praktischerweise fast wie von selbst, und wir brauchen viel weniger Zeit und Chemie.

Alles glänzend, oder?

Zur perfekten Abstimmung von Mechanik und Chemie kommt ein wichtiger zusätzlicher Faktor hinzu: der richtige Umgang mit der Beschichtung und die Schulung des Anwenders oder Anwenderin. Vor allem die korrekte Installation der Oberfläche ist nur mit dem geeigneten Know-how gewährleistet. Produkte, die eine nanoversiegelte Oberfläche aus der Sprühdose versprechen, bringen wohl nicht den gewünschten langfristigen Lotus-Effekt und sind dazu auch noch gesundheitsgefährdend.

Die Lunge gilt als das kritischste Organ für schädliche Wirkungen von Nanopartikeln. Das beruht zum einen auf der enormen Oberfläche des Lungengewebes, zum anderen auf der dünnen Gewebeschranke zwischen Luft und



Durch Sprays entstehen Aerosole, feinstverteilte Tröpfchen, die eingeatmet werden können und die Atemwege belasten.

Blut. Somit können die Nanomaterialien über die Atmung am leichtesten in den Körper gelangen. Gerade aus diesem Grund sind Nanomaterialien, die im Haushalt versprüht werden, zu vermeiden.

Über die Haut können ebenfalls potenziell Nanopartikel aufgenommen werden. Das Eindringen von Nanopartikeln durch die unversehrte menschliche Haut kann nach derzeitigem Stand des Wissens aber weitgehend ausgeschlossen werden.

Das Wissen über die Risiken freier Nanopartikel für die Umwelt ist noch äußerst mangelhaft. Es gibt nur vereinzelt Studien zur Giftigkeit von Nanomaterialien für Tier- und Pflanzenwelt, vor allem für Lebewesen im Wasser. Es fehlen entsprechende Methoden zur Messung von Nanopartikeln in verschiedenen Medien wie Boden, Luft, Wasser und Organismen.

Nano kaufen?

Mit Gesundheitsrisiken durch Nanoprodukte ist für KonsumentInnen immer dann zu rechnen, wenn sie mit freien Nanopartikeln direkt in Kontakt kommen. Das gilt für Hautkontakt, Verschlucken, vor allem aber durch Aufnahme über den Atemweg. Deshalb ist vor dem Einkauf immer zu überlegen, ob der zu erwartende Nutzen es wert ist, mögliche Risiken einzugehen. Das eigentliche Problem ist, dass der Begriff „NANO“ für sehr vieles als Modewort in der Werbung gebraucht wird, ohne dass das Produkt etwas mit eigentlicher Nanotechnologie zu tun hat.

In den Oberflächen mit sogenanntem Lotus-Effekt liegen die synthetischen Nanopartikel in gebundener Form vor. Sie sind im Material eingebettet oder chemisch fixiert. Es fehlen noch genauere Untersuchungen, ob aus diesen Produkten Nanopartikel freigesetzt werden. Die möglichen Gesundheitsrisiken für die KonsumentInnen sind aber insgesamt weit geringer einzuschätzen als bei Anwendungen mit ungebundenen Nanopartikeln.

Da fein verteilte Tröpfchen eingeatmet werden und für die Atemwege besonders gefährlich sind, sollten Sprays prinzipiell so weit als möglich vermieden werden. In Reinigungsmitteln liegen enthaltene Nanopartikel meist in ungebundener Form vor. Reinigungsmittel, die mit „NANO“ angepriesen werden oder antibakterielle Wirkung versprechen, sollten nicht gekauft werden. Produkte wie Textilien, Kühlschränke oder vorimprägnierte Oberflächen, die antibakterielle Wirkung versprechen, sind mit Vorsicht zu betrachten.

Fazit

Nanotechnologie wird uns das Putzen nicht ersparen, könnte aber den Bedarf an Chemie und Zeit reduzieren. Der korrekte Umgang mit Nanoprodukten, insbesondere mit den richtigen Arbeitsschutzrichtlinien bei der Herstellung, ist besonders wichtig. Es fehlen Studien zu den möglichen Gesundheits- und Umweltrisiken. Konsumprodukte mit frei zugänglichen Nanopartikeln sollten auf jeden Fall vermieden werden.

Nanosilber im Haushalt – Gewinn oder Gefahr?

Eine neue Mode setzt sich durch – immer mehr Produkte, die wir im Haushalt nutzen oder als Kleidung tragen, werden antibakteriell ausgerüstet, und zwar auch mittels Nanotechnologie.



Autor:

DI (FH) Harald Brugger

harald.brugger@umweltberatung.at
tätig im Bereich "Chemie und Konsum" bei "die umweltberatung" Wien





GLOBAL 2000 hat eine aus den Mitteln des Lebensministeriums geförderte KonsumentInnen-Broschüre zum Thema Nanotechnologie erstellt, in der es um weitere Themen der Nanotechnologie und deren Einsatz in Produkten des täglichen Lebens geht. Sie kann bei GLOBAL 2000 unter 01.812 57 30 oder office@global2000.at gratis angefordert werden.

Weitere Infos zum Thema Nanosilber bieten die Partnerorganisationen von Friends of the Earth.

Studie von BUND Deutschland „Nanosilber – der Glanz täuscht. Immer mehr Alltagsanwendungen trotz ungeklärter Risiken“ (Download www.bund.net/bundnet/themen_und_projekte/chemie/service/materialien/broschueren/)

Englischsprachige Nanosilber-Report von Friends of the Earth Australien und USA (Download auf www.foe.org/sites/default/files/Nano-silverReport_US.pdf)

Englischsprachiges Hintergrundpapier zu diesem Thema auf www.nano.foe.org.au/filestore2/download/189/FoE/20Nanosilver/20report.pdf

Nanosilber gilt als „fortschrittlich“ und „traditionell“ zugleich. „Fortschrittlich“, weil Nano modern klingt, „traditionell“, weil die antibakterielle Wirkung von Silber schon seit langem bekannt ist und in der Medizin genutzt wird.

Silber wird als Wirkstoff gegen Schadorganismen als Biozid in verschiedensten Produkten eingesetzt, und zwar sowohl in Nanogröße als auch in größerer Form. Biozides Silber wird heute immer öfter bei der Herstellung von Produkten des täglichen Lebens angewendet, z.B. als antibakterielle Beschichtung im Haushaltsbereich, in Verpackungen, als Wand- und Fassadenfarben und sogar in Kinderspielzeug und Babyschnullern.

Die Wirkungsweise von Silber beruht auf der Bildung von metallischen Silber-Ionen an der Oberfläche, die keimtötende Eigenschaften besitzen. Silber wirkt in jeder Größe antibakteriell, nur: je kleiner, desto stärker die Wirkung. Bisher werden rund zehn Prozent des Silbers in Nanogröße eingesetzt – Tendenz stark steigend.

Wo ist Nanosilber überall drinnen?

Im Bereich der Nahrungsergänzungsmittel sind Produkte mit Nanosilber auf dem internationalen Markt. Der Nutzen dieser Präparate ist umstritten. Das Schweizer Institut für Technikfolgenabschätzung sieht eine erhebliche toxikologische Gefahr durch diese Mittel. Es empfiehlt daher ein Moratorium für solche Substanzen in Nahrungsergänzungsmitteln.

Ein weiterer Trend bei der Anwendung von Nanosilber liegt im Bereich von antibakteriell wirkenden Verpackungen. Solche mit Nanosilber beschichteten Verpackungen sollen die Haltbarkeit der Lebensmittel verbessern. In diesem Fall ist der Übergang von Nanosilber auf die Lebensmittel gewollt, um den konservierenden Effekt zu erzielen. Welche gesundheitlichen Risiken dies birgt, ist ungewiss.

Auch in Haushalts- und Küchenartikeln, wie etwa Kühlschränken, Zahnbürsten, Möbeln, Putzschwämmen, Weichspülern, Pfannen oder Frischhalteboxen sind häufig Nanomaterialien enthalten, die direkt als antibakterielle Wirkstoffe fungieren. Das Bundesinstitut für Risikoforschung in Deutschland hat die Wirkungsweise von mit Silber antibakteriell beschichteten Kühlschränken näher untersucht. Es kommt zu dem Ergebnis, dass abgesehen von den bestehenden Risiken nicht einmal sicher ist, dass diese antimikrobiellen Substanzen in den Kühlschrankwänden überhaupt desinfizierend wirken.

Auch Textilien werden antibakteriell mit Nanosilber ausgerüstet. Dazu zählen Decken, Kissen, Unterwäsche, Socken, Krawatten, Hemden, Berufsbekleidung und Outdoorbekleidung. Hier wird Nanosilber gegen Schweißgeruch eingesetzt. Solcherart ausgerüstete Textilien sollen auch besonders für AllergikerInnen geeignet sein. Die sich auf dem Markt befindlichen Textilien weisen sehr unterschiedliche Nanosilbergehalte auf und bleiben daher auch unterschiedlich lange wirksam.

Warum ein unnötiges Risiko eingehen?

Während HerstellerInnen und Handel neue Zielgruppen und Umsatzchancen sehen, stellt sich für VerbraucherInnen die Frage nach dem Risiko. Da über Gesundheits- und Umweltrisiken zur Zeit noch wenig bekannt ist, ist nach dem Vorsorgeprinzip hier Vorsicht geboten.

Gesundheitliche Auswirkungen

Silber ist ein Biozid, und als solches sollte es auch behandelt werden. Es ist in sehr hohen Dosen für den Menschen giftig. Bei oraler Aufnahme von silberhaltigen Nahrungsergänzungsmitteln in großen Mengen können blaugraue Verfä-

bungen der Haut, der Nägel, der Augen und der inneren Organe auftreten (Argyrie-Vergiftung).

Die Folgen einer dauerhaften Belastung mit niedrigen Silber-Konzentrationen über längere Zeiträume, wie beispielsweise durch Textilien, sind nicht weiter untersucht. Es gibt jedoch Hinweise, dass Nanosilber über die Haut vom Körper aufgenommen werden kann.

Resistenzbildung

Immer wieder wird Silber als besonders positiv in der Gruppe der Biozide hervorgehoben, weil angeblich bisher keine Resistenzbildung von Mikroorganismen bekannt ist. Das ist jedoch nicht richtig. Es gibt schon aus den 1950er-Jahren Berichte über silberresistente Bakterien und Viren. Zudem sind in Krankenhäusern und in Abwasserströmen silberresistente Keime gefunden worden. Wird Silber häufiger angewendet, werden sich vermehrt Resistenzen bilden. Ein wichtiges Desinfektionsmittel in Krankenhäusern und Arztpraxen könnte möglicherweise wirkungslos werden.

Silber in der Umwelt

Silber aus Textilien, Putzschwämmen oder anderen Produkten gelangt durch Waschen ins Wasser. Auch wenn zur Zeit im gesamten Silberabwasserstrom Nanosilber nur einen geringen Teil ausmacht, ist durch den steigenden Anteil dieser Produktpalette mit relevanten Anteilen im Abwasser zu rechnen.

Gelangt Silber ins Wasser, kann es in der Umwelt eine Vielzahl von Wechselwirkungen eingehen. Über die Mobilität und das Verhalten von Nanosilber liegen noch keine gesicherten Erkenntnisse vor. Da es aber antimikrobiell wirkt, ist zu erwarten, dass es sich auf die Mikroorganismen in Gewässern oder in Kläranlagen auswirkt. Über die Ausbringung von Klärschlamm in der Landwirtschaft kann Silber auch auf Ackerböden gelangen und dort auf Bodenorganismen wirken und so über die Nahrungskette auch beim Menschen landen. Trotz einer Vielzahl von Studien sind Details über die Prozesse in Gewässern und die Dosis-Wirkungsbeziehung noch weitgehend unbekannt.

Eine Untersuchung an sechs verschiedenen mit Nanosilber ausgerüsteten Socken hat gezeigt, dass bei der Hälfte schon nach vier Waschgängen kein Nanosilber mehr enthalten war. Das Nanosilber ist also im Abwasserstrom gelandet. In welchen Mengen aus anderen Produkten Nanosilber in die Umwelt gelangt, ist noch weitgehend unbekannt. Nur wenn hier genaueres Wissen existiert, kann abgeschätzt werden, wie viel Nanosilber in die Umwelt gelangt. Auch über die Toxizität von Nanosilber im Gegensatz zu anderen Silberverbindungen gibt es keine ausreichenden Erkenntnisse.

Da immer mehr Produkte mit Nanosilber auf den Markt gebracht werden, die am Ende ihrer Nutzung im Müll landen, ist auch das Verhalten von Nanosilber in Müllverbrennungsanlagen bzw. im Recyclingprozess zu untersuchen.

GLOBAL 2000 lehnt den Einsatz von Silber sowohl in seiner Nano- als auch in seiner Makroform für die Anwendung in Produkten des täglichen Lebens ab. Das Immunsystem eines gesunden Menschen kann und muss sich gegen Bakterien und Keime wehren, um stabil zu bleiben. Auch das Bundesinstitut für Risikoforschung in Deutschland hält den Einsatz von antibakteriell wirkenden Mitteln im Haushalt grundsätzlich für überflüssig. In der Medizin hingegen kann Silber durchaus gesundheitsgefährdendere und umweltschädlichere Desinfektionsmittel ersetzen.

Wie soll man sich nun verhalten?

Häufig, aber nicht immer, werden die antibakteriellen Eigenschaften von Produkten als „Mehrwert“ beworben und können so gemieden werden.



Schwere Form der Silber-Vergiftung
(Argyrie)

Autorin:

Dipl.-Umweltwissenschaftlerin

Ulrike Eickhoff

(u.eickhoff@gmx.at), seit 1999 im Bereich der kreislauffähigen Produktentwicklung tätig. Freie Mitarbeiterin bei GLOBAL 2000 (www.global2000.at). Des Weiteren tätig für EPEA GmbH und Obfrau von Omverden 3.0, Verein für Mensch und Umwelt. Dieser Artikel wurde im Auftrag von GLOBAL 2000 erstellt.

Nanomaterialien – eine Chance, aber auch eine mögliche Gefahr für Mensch und Umwelt

Nanotechnologie und synthetische Nanomaterialien stellen zweifelsfrei eine große Bereicherung und Chance für den Menschen dar: So könnten etwa durch Nanotechnologie ermöglichte innovative Ansätze in der Krebstherapie in Zukunft Leben retten. Auch die Umwelt und damit die Lebensumgebung des Menschen kann profitieren: Durch den Einsatz von Nanomaterialien können die eingesetzten Rohstoffe mengenmäßig vermindert werden – das schont Ressourcen sowie Energie und reduziert die Abfallmenge.

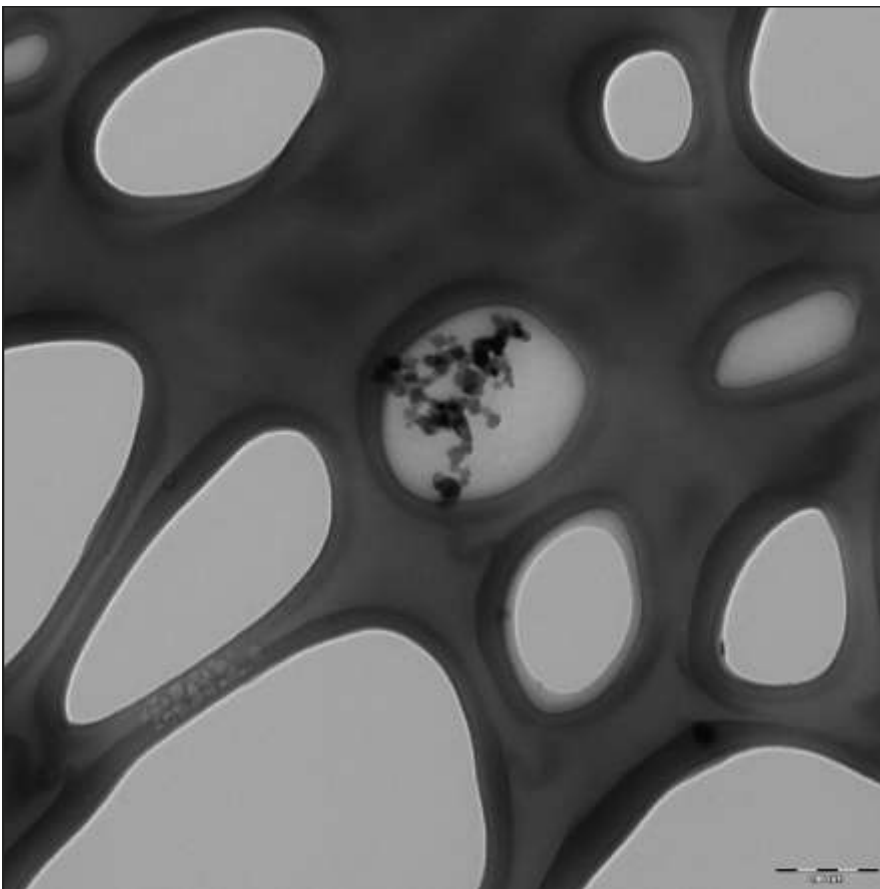
Innovative Verfahren in der Solarzellentechnik oder Windenergiegewinnung sowie Verfahren, um die Umwelt von Schadstoffen zu reinigen, haben das Potenzial, die Umweltsituation zu verbessern und einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz zu leisten. So können etwa selektive Membranfilter zur Wasseraufbereitung oder Meerwasserentsalzung eingesetzt werden. Durch innovative Werkstoffe wie Nanoschäume kann die Isolierleistung stark verbessert werden.

Auf der anderen Seite gibt es noch zahlreiche Wissenslücken zu den Gefahren dieser neuen Materialien. Ihre Kleinheit lässt Nanopartikel etwa leichter in Zellen und Organe vordringen als den Stoff in einer Nicht-Nanoform. Zudem ist häufig die Reaktionsfähigkeit mit Zellbestandteilen höher, da Nanomaterialien

pro Gewichtseinheit über weitaus mehr Oberfläche verfügen und dadurch einfach mehr Reaktionsfläche zur Verfügung steht. Auch Wechselwirkungen mit wichtigen Eiweißstrukturen – wie etwa Enzymen – können nachteilige Folgen haben.

Bei Nanofasern und Nanoröhrchen kommt ein weiterer Mechanismus durch die spezifische Form hinzu: Überschreitet deren Länge jene von bestimmten Fresszellen des Immunsystems, die quasi als „Gesundheitspolizei“ gegen Eindringlinge in unserem Körper vorgehen, so versuchen diese, die Nanofasern oder Nanoröhrchen aufzunehmen. Dies gelingt ihnen aber nicht ganz, da diese Nanomaterialien zu lang sind und dadurch die Fresszelle regelrecht aufspießen. In der Folge kann es zu oxidativem Stress und Entzündungsreaktionen im Körper kommen. Diese begünstigen wiederum die Entstehung von Krebserkrankungen.

Auch für die Umwelt zeichnen sich mögliche Gefahren ab: Titandioxid wird bereits im Millionen-



Titandioxid-Partikel (in der Mitte), das auf einem löchrigen Trägerfilm (gesamtes Bild) fixiert ist, damit es im Transmissionselektronenmikroskop betrachtet werden kann. Das Partikel besteht aus vielen kleineren, etwa 20 nm großen Nanotitandioxid-Partikeln, die aufgrund des Herstellungsverfahrens relativ fest miteinander verbunden sind. Bildbreite ca. 1600 nm

tonnen-Maßstab in unterschiedlichen Nanoformen hergestellt – besonders bei Fassadenanstrichen, Farben und Lacken aber auch in Sonnencremen kommt es zum Einsatz. Ein Grund dafür ist etwa, dass Titandioxid – in Nanoform verstärkt – photokatalytisch aktiv sein kann. Dies bedeutet, dass die Teilchen durch Licht angeregt werden und reaktionsfreudige Radikale bilden, die Organismen auf der Fassadenoberfläche (etwa Algen) abtöten.

Durch Verwitterungseinflüsse bzw. durch den Abfluss von Regenwasser an den Fassaden gelangen Nanotitandioxidpartikel bereits in nennenswerten Mengen in unsere Gewässer. Das Verhalten dieser unterschiedlichen Partikel ist hierbei allerdings noch kaum geklärt: Einzelne Partikel können sich aneinanderlagern, größere Strukturen bilden und absinken. Dabei könnten sich Gefährdungen für im Sediment lebende Organismen ergeben. Andererseits können die Partikel auch vom Gewässer mitgenommen werden und möglicherweise im Wasser lebende Organismen schädigen. Mit den stark zunehmenden Mengen, die verwendet werden, kann auch eine stetige Anreicherung in Gewässern, Böden oder Organismen nicht ausgeschlossen werden. Ebenso sind mögliche Auswirkungen auf die Funktionstüchtigkeit von Kläranlagen noch unzureichend erforscht.

Zum Einsatz von Nanotitandioxid in Sonnenschutzmitteln – diese Produkte sind in der Regel transparent – kann gesagt werden, dass die verwendeten Nanopartikel über eine Beschichtung verfügen, die gewöhnlicherweise die erwähnte Radikalbildung unterbindet. Es gibt hier bereits einige Studien, welche zeigen, dass die Nanopartikel wirksam die UV-Strahlung abhalten und nicht über die Haut aufgenommen werden. Dennoch sind auch hier noch einige Fragen zu den Gesundheitsauswirkungen offen – etwa inwieweit Partikel Kinderhaut oder etwa durch einen Sonnenbrand entzündete Haut zu durchdringen vermögen.

Weitere Nanomaterialien, bei denen negative Umweltauswirkungen befürchtet werden, sind Nanosilber und Zinkoxid in Nanoform. Auch hier ist das gesicherte Wissen noch unzureichend. Damit können auch nicht alle erforderlichen Maßnahmen zur Minimierung eines allfälligen Risikos bestimmt und umgesetzt werden.

Ein Problem bei der Gewinnung und Aussagekraft der Daten ist, dass Nanomaterialien selbst aus ein und demselben Material sehr verschieden sein können: So können sie veränderte Eigenschaften aufweisen, wenn die mittlere Partikelgröße geändert ist, die Form unterschiedlich ist (etwa kugel- oder nadelförmig) oder wenn die Ausgangspartikel mit organischen oder anorganischen Molekülen umhüllt werden (engl. Coating).

Ein weiterer Aspekt ist, dass jene Testmethoden, die zur Überprüfung von Gesundheits- und Umweltgefahren durch Stoffe angewendet werden, nur bedingt auf Nanomaterialien zugeschnitten sind. Hier sind Anpassungen notwendig – insbesondere bei der Angabe der zu verwendenden Prüfdosen – schließlich korreliert die Wirkung von Nanomaterialien viel eher mit der Partikelanzahl oder der Oberfläche aller Teilchen als mit der üblicherweise verwendeten Dosisangabe, die sich auf das Gewicht bezieht.

Insbesondere auf EU- und OECD-Ebene sind unter Beteiligung von Nanomaterialherstellern intensive Bemühungen am Laufen, Daten zur Abschätzung von Gesundheits- und Umweltgefahren zu gewinnen und relevante Testmethoden anzupassen. Das Department für Umweltgeowissenschaften der Universität Wien liefert hierfür Daten zum Verhalten verschiedener Nanotitandioxidpartikel in Oberflächengewässern, das Umweltbundesamt koordiniert diese OECD-Aktivität.



Autorin:

Mag. Simone Mühlegger,
Expertin für Nanomaterialien und
Chemikaliengesetzgebung (REACH,
CLP) an der Abteilung Chemikalien
des Umweltbundesamts und Dele-
gierte bei der OECD Working Party
on Manufactured Nanomaterials.

Impressum:

Medieninhaber, Herausgeber: SOL -
Menschen für Solidarität, Ökologie und
Lebensstil, 1140 Wien, Penzinger Str.
18/2. Redaktionsanschrift: 7411 Markt
Allhau 5. Druck: Europrint, Pinkafeld.
DVR 0544485. Wissenschaftliche Mitar-
beit: FG-SOL. Chefredaktion: Mario Sed-
lak. Gefördert aus Mitteln des Bundesmi-
nisteriums für Land- und Forstwirtschaft,
Umwelt und Wasserwirtschaft. ZVR Nr.
384533867. Namentlich gezeichnete
Artikel stellen die Meinung des Autors/der
Autorin dar.

Fotonachweis:

S. 10, 18, 24: Dr. Frank von der Kammer,
Universität Wien, Department für Um-
weltgeowissenschaften (mit Unterstützung
der Abteilung für Ultrastrukturforschung)
S.17: Wikipedia

S. 24 oben: Erwin Schuh

Problematisch ist zur Zeit auch noch, wie verschiedene Nanopartikel in der Umwelt aufgespürt und gemessen werden können: Hier muss noch stark geforscht werden, damit etwa die Nanomaterialien von ihrem Pendant in Nicht-nanoform unterschieden werden können. In der Regel sind nur sehr teure Verfahren bzw. Detektier- und Analysegeräte in der Lage, Nanopartikel aufzuspüren und in weiterer Folge zu messen.

Auch die Risikobewertungsmethoden mit den Modellen zur Abschätzung der Exposition bedürfen einer genauen Durchleuchtung, damit alle Aspekte von Nanomaterialien ausreichend berücksichtigt werden.

In gesetzlichen Regelwerken verursacht die oben erwähnte Unterschiedlichkeit von Nanomaterialien ebenfalls Unsicherheit – eine brauchbare und einheitliche Definition in gesetzliche Regelungen einzubauen sowie maßgeschneiderte Anpassungen durchzuführen, kann die Sicherheit zu erhöhen.

Nanotechnologie und der verstärkte Einsatz von Nanomaterialien haben eine neue Tür geöffnet – um sicherzustellen, dass diese Technologie und ihre Produkte einen Beitrag zu einer nachhaltigen Entwicklung leisten, ist es notwendig, damit verbundene Unwägbarkeiten und nachteilige Wirkungen und Risiken für Gesundheit und Umwelt so gering wie möglich zu halten. Es liegt nun an allen Beteiligten aus Industrie, Behörden und Gesellschaft, diesen Weg möglichst verantwortungsvoll und unter Anwendung des Vorsorgeprinzips zu beschreiten. Eine sachlich orientierte Information sowie eine offene und glaubwürdige Diskussion mit allen Teilen der Bevölkerung ist notwendiger Bestandteil in diesem Prozess.

Risiko:dialog

Nanotechnologie im Risiko:dialog wurde mit dem Austrian Nano Award 2008 in der Kategorie nano-SOCIETY für Arbeiten zu Nanowissenschaften und Gesellschaft ausgezeichnet. Dieser Schwerpunkt wurde unterstützt und begleitet von BMVIT, Lebensministerium, BMGt, AGES, Joanneum Research/NANONET Styria/BioNanoNet GmbH und der Österreichischen Akademie der Wissenschaft. Weitere Informationen: www.risikodialog.at

Nanotechnologie im Risiko:dialog von Radio Österreich 1 und Umweltbundesamt

Risikothemen haben in unserer Gesellschaft immer Relevanz. Der Risiko:dialog von Umweltbundesamt und Radio Österreich 1 widmet sich komplexen Fragestellungen, die einer allein nicht lösen kann. Er bietet interdisziplinäre Vernetzung und trägt zur verantwortungsvollen Meinungsbildung in spannenden gesellschaftlichen Prozessen bei.

2007 startete der Risiko:dialog einen einjährigen Dialogprozess zu Nanotechnologie. Diese gilt als Schlüsseltechnologie mit hohem Potenzial für Gesellschaft und Umwelt, über Risiken bestehen jedoch Unsicherheiten. Der Risiko:dialog verfolgte das Ziel, eine differenzierte Debatte über Nanotechnologie zu unterstützen und zu einem vorsorgenden Handeln beizutragen.

Um dies zu erreichen, veranstaltete der Risiko:dialog inhaltlich ineinander greifende Workshops und Podiumsdiskussionen. Auf www.risikodialog.at/nanotechnologie wurden Foren angeboten, um Diskussionsbeiträge von Interessierten einzubinden. Hintergrundinformation lieferte eine Reihe von Radiobeiträgen, gestaltet von der Wissenschaftsredaktion von Radio Österreich 1, und Daten- und Faktensammlungen auf der Website.

In den öffentlichen Dialogformaten wurde von nahezu allen Teilnehmenden Interesse an der Technologie und ihren Anwendungen bekundet. Es zeigte sich der Wunsch nach differenzierter und anschaulicher Information. Die meisten Fragen galten konkreten Produkten und dem derzeitigen Stand der Technik, dem Nutzen, möglichen Risiken der Nanotechnologie und Alternativen. Die Verantwortung der Industrie und Behörden, mit offenen Risikofragen umzuge-

umweltbundesamt^U

Das Umweltbundesamt ist die Institution für Umweltfragen und Umweltkontrolle in Österreich. Schwerpunkte der Aufgaben und Tätigkeiten liegen in der Entwicklung und Gestaltung umweltstrategischer Perspektiven zur Unterstützung der Umweltpolitik in Österreich. Das Umweltbundesamt hat die Rechtsform einer GmbH und steht zu 100% im Eigentum der Republik Österreich. Die Hauptaufgaben des Unternehmens sind im Umweltkontrollgesetz 1998 festgelegt.

Informationen zum Umweltbundesamt:

www.umweltbundesamt.at

Weitere Informationen zu Nanomaterialien und Nanotechnologie unter www.umweltbundesamt.at/nanotechnologie

hen, wurde eingefordert. In der Frage, wie Kommunikation über Nanotechnologie – trotz bestehender Wissenslücken – gelingen kann, wurde festgehalten, dass Transparenz eine differenzierte Meinungsbildung und Entscheidungsgrundlage für KonsumentInnen fördere.

Der Dialogprozess zu Nanotechnologie stärkte die Beteiligten in ihrem gemeinsamen Anliegen, ein qualifiziertes Informationsangebot für die Öffentlichkeit zu schaffen. Bereits jetzt bieten die NanoTrust-Dossiers (www.nanotrust.ac.at/dossiers.html) Information zu Nanotechnologie. Die Ergebnisse von Nanotechnologie im Risiko:dialog unterstützten den Prozess des nationalen Aktionsplans (über den Stand dessen Umsetzung berichtet der nächste Artikel).



Katja Lamprecht zeichnet zu Beginn der 3. Dialogveranstaltung, an der ExpertInnen aus Wissenschaft, Verwaltung, Wirtschaft, NGOs und Interessensvertretungen teilnahmen, ein Stimmungsbild der bisherigen Debatte über Nanotechnologie.

Autorin:

Dr. Katja Lamprecht, Umweltbundesamt

Regulierung von Nanomaterialien – Aktuelle Entwicklungen

Die einzigartigen Eigenschaften von Materialien in Nanometergröße eröffnen eine Fülle von Einsatzmöglichkeiten: Kosmetika, elektronische Geräte, Arzneimittel, Solarzellen, kratzfeste Autolacke, selbstreinigende Fassaden oder spezielle Lebensmittel. All diese Produkte bzw. deren Inhaltstoffe unterliegen verschiedenen Vorschriften. Diese regeln, welche Sicherheits-, Umwelt- oder Gesundheitsstandards bei Produktion, Verbrauch und Entsorgung eingehalten, welche Informationen an Behörden geliefert oder welche Kennzeichnungen am Produkt angebracht werden müssen. Dabei handelt es sich Großteils um europaweit einheitliche Regelungen, die an neueste Entwicklungen (z.B. Nanotechnologie) angepasst werden. Verschiedene Normen, beispielsweise die Tests, die chemische Stoffe durchlaufen müssen, bevor sie auf den Markt gebracht werden, sind oft sogar weltweit harmonisiert. Aber keine Sorge, auch Österreich kann mitbestimmen: in den Gremien, die oben erwähnte Gesetze bzw. Normen entwerfen, wirken auch Vertreterinnen oder Vertreter Österreichs (z.B. aus Ministerien) mit.

Die Frage, ob existierende Gesetze und Normen auch für Nanomaterialien genügen bzw. wenn nein, welche Anpassungen nötig sind, wird seit einigen Jahren intensiv in der EU und den Mitgliedstaaten diskutiert. In diese Diskussionen sind Vertreterinnen und Vertreter von Ministerien, EU-Kommission, EU-Parlament, Industrie und andere Organisationen beispielsweise aus dem Bereich Umwelt- oder Konsumentenschutz involviert. Aber auch die Meinung von Bürgerinnen und Bürgern zur Nanotechnologie wird regelmäßig erfasst, beispielsweise im Rahmen von Internet-Umfragen der Europäischen Kommission oder in Österreich im Rahmen des Risikodialogs.



lebensministerium.at



Autorin:

Renate Paumann, Lebensministerium,
renate.paumann@lebensministerium.at,

Seit rund 15 Jahren in den Bereichen Chemikalienpolitik und EU-Umweltpolitik tätig, davon mehrjährige Tätigkeit in Brüssel bei der Europäischen Kommission und als Umwelt-Attaché an der Ständigen Vertretung Österreichs bei der EU.

Die Europäische Kommission ist 2008 in einer Untersuchung zum Schluss gekommen, dass die derzeit vorhandenen Rechtsvorschriften zwar im Allgemeinen auch für Nanomaterialien genügen, man im Detail jedoch von Fall zu Fall Anpassungen vornehmen muss. Die aktuellsten Entwicklungen im regulatorischen Bereich sind:

Die **EU-Kosmetikverordnung** wurde kürzlich überarbeitet und enthält nunmehr auch einige Bestimmungen für Nanomaterialien. Demnach muss beispielsweise ab 2012 am Etikett (z.B. von Sonnen-Cremen) angegeben werden, ob bestimmte (unlösliche oder schwer abbaubare) Inhaltsstoffe in Nanoform im Produkt enthalten sind (erkennbar am Wort [Nano] in Klammer). Weiters muss der Einsatz eines Nanomaterials (z.B. als Farbstoff oder UV-Filter) in einem Produkt an die Europäische Kommission gemeldet werden und wird dann von einem wissenschaftlichen Komitee auf Sicherheit geprüft. Nicht zuletzt soll ein öffentlich zugänglicher Katalog erstellt werden, wo ersichtlich ist, in welchen Produktgruppen Nanomaterialien aktuell eingesetzt werden. Die Europäische Kommission schätzte im Jahr 2006, dass etwa 5 % der Kosmetikprodukte am Markt Nanopartikel enthalten.

Derzeit wird in EU-Parlament und EU-Ministerrat die Revision der EU-Verordnung über „**neuartige Lebensmittel**“ geprüft. Zu neuartigen Lebensmitteln zählen Lebensmittel oder Zusatzstoffe, die aus Mikroorganismen, Pilzen, Pflanzen, Tieren etc. bestehen bzw. daraus mit Produktionsverfahren gewonnen werden, die erst „seit kurzem üblich sind“ (Stichjahr ist dabei 1997). Nanopartikel in Lebensmitteln können die Stabilität der Produkte erhöhen, das Aussehen, den Geschmack oder die Konsistenz verändern oder die Aufnahme bestimmter Inhaltsstoffe im Körper steuern. Das EU-Parlament forderte, auf den Einsatz von Nanotechnologie in Lebensmitteln zu verzichten, bis die möglichen Folgen in der Nahrungskette und für die menschliche Gesundheit besser erforscht sind. Ebenso wie bei Kosmetika wird auch bei neuartigen Lebensmitteln eine Kennzeichnung für Bestandteile in Nanoform vorgeschlagen. Derzeit wird die Verordnung vom EU-Ministerrat geprüft.

Derzeit nicht in Diskussion ist eine **Kennzeichnung** von Nano-Bestandteilen bei Produkten, die nicht unter die oben erwähnten Produktgruppen fallen (beispielsweise Lacke, Farben, Reinigungssprays, Fensterscheiben, antibakteriell wirkende Textilien, Verpackungsmaterial, etc.).

Neben den Vorschriften für Kosmetika und neuartige Lebensmittel wird derzeit auch die allgemeine Vorschrift für die Registrierung, Bewertung, Beschränkung und Zulassung chemischer Stoffe, die **EU-Chemikalienverordnung REACH** angepasst. Dabei werden bis 2012 spezielle Umsetzungsleitlinien für Nanomaterialien erarbeitet. Diese werden beispielsweise festlegen, wie Firmen bei Registrierung und Sicherheitsbewertung von Nanostoffen vorgehen und welche Daten über Sicherheit und Anwendung sie in welcher Form bei den Behörden vorlegen müssen. Weiters hat sich die Europäische Kommission auf Aufforderung des EU-Parlaments und der Mitgliedstaaten verpflichtet, bis 2011 einen Überblick über Nanomaterialien, die sich am EU-Markt befinden, zu erstellen und öffentlich zugänglich zu machen.

Derzeit ebenfalls in Anpassung befinden sich die weltweit in allen OECD-Staaten gültigen **Testmethoden** zur Sicherheitsbewertung von Chemikalien, die sogenannten „OECD-Testmethoden“. Diese Normen finden beispielsweise auch in der REACH-Verordnung Verwendung. Ein Thema ist hier etwa, wie man Proben von Nanostoffen aufbereiten muss, damit dann auch aussagekräftige Testergebnisse erzielt werden können, oder die Frage, ob Nanostoffe spezielle Wirkungen auf Mensch/Umwelt haben, die beim selben Stoff in „Nicht-Nano-Form“ gar nicht auftreten würden. Österreich unterstützt die Arbeiten zu den Testmethoden aktiv beispielsweise durch Finanzierung einzelner Forschungsvorhaben, die Übermittlung von Daten bzw. Organisation von Treffen zum Erfahrungsaustausch.

Der Österreichische Aktionsplan Nanotechnologie

Das aktuelle Regierungsprogramm sieht die Erarbeitung eines **Aktionsplans zur Nanotechnologie für Österreich** vor. Dieser soll spezifische **Handlungsempfehlungen** zu einzelnen Bereichen der Nanotechnologie für Österreich beinhalten und Ende 2009 veröffentlicht werden. Der Aktionsplan wird vom Lebensministerium in Zusammenarbeit mit einem externen Beratungsunternehmen koordiniert. Für die Erstellung des Aktionsplans konnten alle in Österreich mit Nanotechnologie befassten Ministerien sowie zahlreiche Expertinnen und Experten von anderen relevanten Institutionen gewonnen werden.

Durch den Aktionsplan sollen einerseits die Chancen, die Nanotechnologie für Österreich bieten kann (z.B. für Umweltschutz, Gesundheit oder Wirtschaft) genutzt werden und gleichzeitig dazu beigetragen werden, mögliche Risiken nanotechnologischer Anwendungen frühzeitig erkennen und minimieren zu können (z.B. durch Mitarbeit bei Erstellung von Sicherheitsnormen, wissenschaftliche Studien über Umweltauswirkungen, etc.). Ein weiterer wichtiger Punkt wird sein, dem berechtigten Interesse der Bürgerinnen und Bürger an spezifischen Informationen zum Vorkommen und Einsatz von Nanomaterialien zu entsprechen. Die vor kurzem von Global 2000 mit Fördermitteln des Lebensministeriums erstellte Broschüre mit dem Titel „**Nanotechnologie – Was hat das mit mir zu tun?**“ (siehe Artikel von Global 2000, S. 15) ist ein erster Schritt in diese Richtung.

Nanomaterialien am Arbeitsplatz

Die Zahl der künstlich erzeugten Nanomaterialien und Nanoprodukte nimmt ständig zu, das Wissen um mögliche negative Auswirkungen hat jedoch mit der steigenden Verbreitung der Nanotechnologien bisher nicht Schritt gehalten. Das gilt auch für die Exposition der ArbeitnehmerInnen gegenüber Nanopartikeln, also für Art, Menge und Dauer der Belastungen am Arbeitsplatz.

Aufgrund des derzeitigen Wissensstands stehen in der Arbeitswelt vor allem freie, unlösliche und schwer lösliche Partikel unter 100 nm im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit. Das Einatmen von schwer löslichen bzw. unlöslichen Teilchen kann erfahrungsgemäß ernste Gesundheitsschäden verursachen, z.B. Lungenschäden und Herz-Kreislauf-Schäden. Manche Nanopartikel können Zellmembranen und sogar die Blut-Hirn-Schranke durchdringen.

Bei der Arbeit dürfte der inhalative Aufnahmeweg (Einatmen) am wichtigsten sein. Daher sind Nanomaterialien bei Arbeitsvorgängen vor allem dann zu beachten, wenn sie als Stäube oder als Aerosole auftreten. Zur Zeit gibt es jedoch insgesamt nur wenige gesicherte Expositionsdaten. Wegen dieses Mangels an Kenntnissen über die gesundheitlichen Gefahren von Nanopartikeln muss die Exposition soweit wie möglich verringert werden, um das Risiko (die Gefährdung) zu minimieren.



Die vierteljährlich erscheinende Zeitschrift der AK *Wirtschaft und Umwelt* hat sich in der Ausgabe 1/2009 schwerpunktmäßig dem Thema Nanotechnologie gewidmet:

www.wirtschaftundumwelt.at/3277



Autor:

Christoph Streissler, Chemiker in der Abteilung "Umwelt und Verkehr" der Arbeiterkammer Wien

Das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG) verpflichtet den Arbeitgeber dazu, zum Schutz der ArbeitnehmerInnen in erster Linie Risiken zu vermeiden. Unter anderem muss er dazu die Gefahren beurteilen, die von Arbeitsstoffen – z.B. Nanopartikeln – ausgehen können. Im Allgemeinen wird der Arbeitgeber dazu Informationen des Lieferanten bzw. Herstellers einholen müssen. Wenn aber auch dieser keine ausreichenden Daten über die möglichen Schädwirkungen eines nanoskaligen Produkts hat, bleibt theoretisch nur die Möglichkeit, die Exposition der Arbeitnehmer praktisch auf Null zu reduzieren.

Mit dem neuen EU-Chemikalienrecht, der 2008 in Kraft getretenen REACH-Verordnung, wird die Prüfung der gefährlichen Eigenschaften von Chemikalien neu organisiert. Im Zuge der sog. Registrierung werden dann auch für einige Nanomaterialien (diejenigen, die in großen Mengen hergestellt werden) Prüfungen durchgeführt, die Hinweise auf ihre Gefährlichkeit geben. In diesem Fall müssen wirksame Maßnahmen zur Risikominimierung für typische Arbeitsplätze bzw. Expositionssituationen ermittelt und in einem Anhang des Sicherheitsdatenblattes beschrieben werden. Da das Sicherheitsdatenblatt das wichtigste Informationsmittel über gefährliche Arbeitsstoffe darstellt, stehen diese Daten dann auch den Arbeitgebern zur Verfügung und ermöglichen ihnen, gezielt Schutzmaßnahmen zur Risikominimierung für die ArbeitnehmerInnen zu treffen.

Ob das auch in der Praxis ausreichend gut funktionieren wird, hängt davon ab, ob die Hersteller aussagekräftige Untersuchungen über die schädlichen Wirkungen von Chemikalien in Nanoform durchführen und ob sie die Erarbeitung von Risikominimierungsmaßnahmen ernst nehmen. Die bisherige Erfahrung mit Sicherheitsdatenblättern zeigt nämlich, dass ihre Qualität häufig zu wünschen übrig lässt. Praxisorientierte Leitfäden, die spezifisch auf die Untersuchung schädlicher Wirkungen von Nanomaterialien abzielen, können hier eine wertvolle Hilfestellung leisten.

Ein strukturierter Dialog für eine verantwortungsbewusste Nanotechnologie ist im europäischen Projekt NanoCap („Nanotechnology Capacity Building NGOs“) geführt worden, das vor kurzem abgeschlossen wurde. Daran waren Gewerkschaften, Umwelt-NGOs und Forschungsinstitute aus ganz Europa beteiligt. Sie befassten sich intensiv mit Gesundheits- und Sicherheitsfragen sowie ethischen Aspekten von Nanotechnologien und Nanomaterialien. Die Ergebnisse können auf der NanoCap-Homepage (www.nanocap.eu) nachgelesen werden.



Anlage zur automatisierten Testung des Umweltverhaltens von Nanopartikeln (Verfahren in Entwicklung)

Die gewerkschaftliche Gruppe war auch maßgeblich an der Ausarbeitung einer Resolution des europäischen Gewerkschaftsbundes (EGB) zu Nanotechnologien und Nanomaterialien beteiligt. Diese fordert unter anderem die Einbindung der Beschäftigten und ihrer Vertretungen ins Nano-Risikomanagement, die Erstellung nationaler Register zur Produktion, Einfuhr und Verwendung von Nanomaterialien und eine Mindestquote an öffentlichen Forschungsmitteln für die Risikoforschung (siehe www.etuc.org).

Damit die Wissenslücken rasch geschlossen werden und brauchbare Maßnahmen zur Risikominimierung getroffen werden, müssen Arbeitnehmer und Gewerkschafter dies immer wieder einfordern. Denn nur mit ausreichendem Wissen über die Gefahren können auch die adäquaten Schutzmaßnahmen getroffen werden.