

Chancen und Risiken der Nanotechnologie

Text und Bilder Wolfram Selter, Heinz Kastien*

Die Nanotechnologie wird in den Medien und von den Herstellern nanotechnologischer Produkte und Anwendungen als vielversprechend und zukunftsweisend propagiert. Allerdings stellt sich die Frage, ob ihr Innovationspotenzial wirklich so gross ist und ob nicht die Nachteile dieser bisher wenig bekannten Technologie die Vorteile überwiegen, werden doch immer mehr Stimmen laut, die auf mögliche Risiken der Nanotechnologie hinweisen und Schreckensszenarien aufzeichnen.

Für die Schweizer Farben- und Lackindustrie, die sich seit Jahren seriös und erfolgreich bemüht, mit Hilfe der Nanotechnologie ihren Produkten neue zusätzliche Funktionen zu geben, sind negative Medienberichte darüber ein Rückschlag. Für alle Fachleute, die gegenwärtig in ihren Laboratorien mit dieser Technologie neue Problemlösungen entwickeln, ist eine seriöse Behandlung des Themas Nanotechnologie sehr wertvoll. Das gilt insbesondere für den Verkauf und das Marketing. Was wird heute nicht alles zum «Nano»-Wunderprodukt erkoren. Selbst WC-Reiniger werden zu Nano-Reinigern. Es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn die Begeisterung für die Nanotechnologie beim Verbraucher in Skepsis und Verängstigung umschlägt.

Wer wirklich nanotechnologisches Know-how besitzt und es in seine Entwicklungen einfliessen lässt, darf den Begriff für seine Produkte auch verwenden. Versagt bleiben soll dies indes jenem Personenkreis, der mit dieser Bezeichnung lediglich seine alten Produkte neu vermarktet.

Was heisst eigentlich «nano»?

Die Vorsilbe nano ist der griechischen Sprache entnommen: nānos bedeutet Zwerg. Ein Nanometer ist der milliards-

te Teil eines Meters. 1 Meter entspricht 1'000'000'000 nm oder 10^9 nm. Es handelt sich also nicht, wie vielfach angenommen wird, um eine Produktbezeichnung, sondern um ein Längenmass, mit dem der Durchmesser der verwendeten Teilchen angegeben wird.

Ein Nanometer ist etwa ein Fünftausendstel des Durchmessers eines menschlichen Haars. Diese Grössenordnungen bezeichnen einen Grenzbereich, in welchem die Oberflächeneigenschaften gegenüber den Volumeneigenschaften der Materialien eine immer grössere Rolle spielen und zu völlig neuen Eigenschaften der Materialien führen können.

Unter Nanotechnologie werden der Aufbau, die Analyse und die Anwendung funktionaler Strukturen, Moleküle oder auch innerer und äusserer Grenzflächen verstanden, die sich im Bereich von 1 nm bis 100 nm bewegen. Strukturen dieser Grösse besitzen neue Funktionen oder Eigenschaften, die unmittelbar an die Grössenskala gekoppelt sind und so in der Makrowelt nicht realisierbar wären.

Universitäten und andere Forschungsanstalten, aber auch Rohstoffhersteller befassen sich teilweise schon seit Jahrzehnten mit dieser Technologie. Durch die Forschungspolitik der EU und der Schweiz nehmen heute die Nanowissenschaften international



Nanotechnologie sorgt zum Beispiel für kratzfeste Displays. Allfällige negative Folgen sind noch wenig erforscht.

* Kommission für Technik und Ökologie (KTÖ) des Verbandes Schweizerischer Lack- und Farbenfabrikanten (VSLF), www.vslf.ch



Nanoskaliges Titandioxid in Anstrichstoffen wirkt bei UV-Bestrahlung fotokatalytisch, was eine saubere Raumluft verspricht.

gesehen vorderste Plätze ein. Die EU gibt heute jährlich über 800 Millionen EUR an Fördermitteln für die Nanotechnologie aus (gleich viel wie die USA). In Deutschland beschäftigen sich ungefähr 500 Firmen, in der Schweiz bereits etwa 150 Unternehmen mit dieser Technologie.

Nanotechnologie wird als die Technologie des 21. Jahrhunderts angesehen. Entsprechend investieren führende Industrieländer massiv in die Grundlagen- und die angewandte Forschung. Die Schweiz förderte Nanowissenschaft- und technologie schon sehr früh und zählt heute mit innovativen Nanoprodukten und -verfahren zur Weltspitze.

Nanotechnologie in der Lack- und Farbenbranche

Die Nanotechnologie bietet ein grosses Potenzial für die zukünftige Entwicklung der Lackindustrie. Diese arbeitet bereits seit vielen Jahren an der Entwicklung sogenannter Smart Coatings.

Die Möglichkeiten, Werkstoffeigenschaften nanotechnisch zu verbessern und gezielt einzustellen, sind faszinierend. So lassen sich durch solche Lacke und Pigmente völlig neue Oberflächeneigenschaften erzielen, was in etlichen Anwendungen bereits erfolgreich genutzt wird.

Die neuen Lacke haben Eigenschaften, die bislang nicht realisierbar

waren. Hochkratzfeste Lacke für Kunststofffolien, antibakterielle Beschichtungen für Bedarfsgegenstände oder aber auch katalytisch aktive Wandbeschichtungen oder leicht zu reinigende Beschichtungen sind bereits am Markt erhältlich.

In Beschichtungsmittel gezielt eingebrachte Nanopartikel können zahlreiche Funktionen wie extrem hohe Abriebbeständigkeit, Schutz vor Ultraviolett- oder Infrarotstrahlung, elektrische Leitfähigkeit, katalytische Aktivität sowie Wasser anziehende oder abweisende Wirkung hervorbringen.

Kommerzielle Produkte reichen von Kühlschranksbeschichtungen bis zu Wandfarben für den Spital-, Sanitär- oder Küchenbereich. Nanobeschichtungen sorgen dafür, dass Rohre nicht mehr verstopfen, Backöfen sich selbst reinigen und Holzhäuser nicht mehr brennen können.

Dabei steht die Nanotechnik im Farben- und Lackbereich erst am Anfang ihrer Möglichkeiten. Viele neuartige Anwendungen sind in der Erprobung und können schon bald Realität werden. Dazu gehören Tapeten, die je nach Stimmung in verschiedenen Farben leuchten, Autolacke, die gegen Kratzer unempfindlich sind, Beschichtungen, die ihre Farbe auf Knopfdruck ändern, Alufelgen, die man nicht mehr mühsam von Bremsstaub befreien muss, und vieles mehr. →

Beispiele für nanobasierte Lacke und Farben

Lacktechnisch gesehen wurden die Pigmente bisher am intensivsten untersucht – im Gegensatz zu den Bindemitteln, die bisher kaum beachtet wurden. Aus der grossen Zahl der Möglichkeiten sollen die nachstehenden Beispiele zeigen, welche Möglichkeiten die Nanotechnologie bei Farben und Lacken eröffnet:

- Nanoskaliges Titandioxid wird eingesetzt, um Fette, Schmutz, Algen, Bakterien oder auch Geruchs- oder Schadstoffe auf der Oberfläche von Beschichtungen zu beseitigen. Die Wirkung beruht auf dem fotokatalytischen Effekt des nanoskaligen Titandioxids, das unter dem Einfluss von kurzwelligem Licht Feuchtigkeit in Wasserstoffperoxid umwandelt, das in der Lage ist, schädliche organische Substanzen zu oxidieren.
- Spezielle nanoskalige Katalysatoren können Luftschadstoffe abbauen und so die Schadstoffbelastung in Räumen deutlich reduzieren.
- Bestimmte, nanotechnisch aus Metallen und Metalloxiden hergestellte Pigmente ermöglichen neuartige Farb- und Glanzeffekte von Lacken. Ein damit beschichtetes Fahrzeug ändert beispielsweise – je nach Lichtquelle und Standort des Betrachters – seine Farbe («Flip-Flop-Effekt»).
- Die seit langer Zeit bekannte antimikrobielle Wirkung von Silberionen kann durch das Einmischen nanoskaliger Silberpartikel in die Beschichtung ausgenützt werden, um sogenannte hygienische Lacke zu erzeugen.
- Durch den Einsatz nanoskaliger Siliziumdioxide werden Fahrzeuge oder Möbel heute mit nanobasierten Klar-

lacken beschichtet, die eine höhere Kratzfestigkeit und Alterungsresistenz besitzen als herkömmliche Lacke.

- In Fahrzeug- und Industrielacken, in Holzlacken und -lasuren, in Druckfarben und bei der Kunststoffeinfärbung werden transparente Eisenoxidpigmente mit Nadellängen von 50 bis 100 nm und Nadeldicken von 2 nm eingesetzt, um beispielsweise die Schutzwirkung gegenüber UV-Strahlung zu verbessern.

Es sollen aber auch die Grenzen der Nanotechnologie aufgezeigt werden. Hier sind in erster Linie deckende Lacke zu nennen. Pigmente mit einer mittleren Teilchengrösse unter 400 nm sind nicht mehr deckend, sondern transparent.

Nanoskalige Bindemittel

Bei den Bindemitteln sind bisher nur wenige Produkte bekannt, deren Teilchengrösse sich im Nanobereich bewegt. Die sicherlich ältesten Nanobindemittel sind extrem feinteilige Kunststoffdispersionen (Hydrosole) mit Teilchengrössen von etwa 30 nm. Sie werden u.a. eingesetzt für Tiefgrundierungen, die ausserordentlich gut in den Untergrund eindringen.

Bei den heute üblichen Dispersionsbindemitteln ist eine weitere Reduktion der Teilchengrösse nicht realisierbar, da sich die Eigenschaften gravierend verschlechtern würden.

Man darf jedoch nicht vergessen, dass die Forschung an neuen nanoskaligen Bindemitteln arbeitet. Es sind dies in erster Linie Harze mit einer baumartigen oder kugelförmigen Struktur, sogenannte Dendrimere und hyperbranched Polymers. Zudem sind ultradünne Polymer- bzw. Silanschichten auf Metallen

zu erwähnen, die hervorragend haften und ausgezeichneten vor Korrosion schützen.

Wenn die Chancen, welche die Nanotechnologie bietet, unter sorgfältiger Abwägung potenzieller Risiken genutzt werden, wird sie zu einer Schlüsseltechnologie mit tief greifenden Veränderungen für die Lackindustrie des 21. Jahrhunderts.

Welche Risiken birgt die Nanotechnologie?

Trotz des enormen Potenzials der Nanotechnologie sollten auch mögliche Risiken für die menschliche Gesundheit, die Umwelt und die Gesellschaft genau untersucht werden. Die Entwicklung der Nanotechnologie schreitet sehr schnell voran, auch wenn sie nicht so neu ist, wie uns die Werbung glauben machen will. Mögliche negative Auswirkungen müssen durch begleitende Forschung rechtzeitig erkannt werden, um sie zu

beherrschen oder gänzlich zu vermeiden. Kritische Stimmen ziehen Vergleiche zwischen der Nanotechnologie und der Gentechnik und weisen darauf hin, dass auch die Problematik des Asbests erst Jahrzehnte zu spät realisiert wurde.

Eine zentrale Frage bei der Technologiefolgenabschätzung sind in diesem Zusammenhang Risiken für Gesundheit und Umwelt durch ultrafeine Teilchen, wie sie beispielsweise auch ohne Nanotechnologie bei unvollständiger Verbrennung entstehen. Eine von der Allianz-Versicherungs-AG veröffentlichte Studie über Chancen und Risiken der Nanotechnologie kam 2005 zu folgender Erkenntnis: «Das eigentliche Risiko der Nanotechnologie ist die Lücke, die zwischen ihrer dynamischen Entwicklung und dem Wissen um mögliche Gefahren und den gültigen Sicherheitsstandards zur Vermeidung negativer Auswirkungen besteht.»

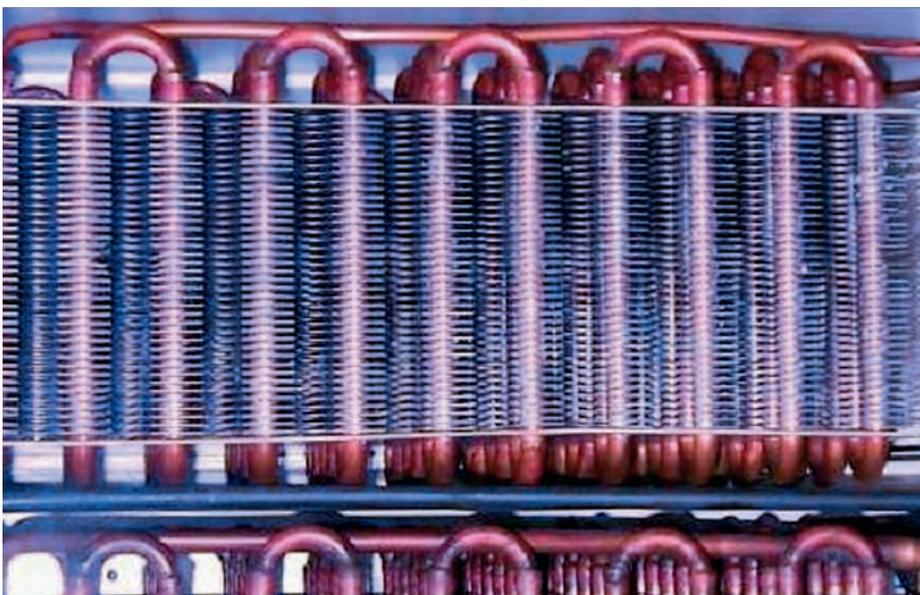
Gebundene Nanopartikel sind ungefährlich

In den gebräuchlichen Beschichtungstoffen liegen Nanopartikel immer gebunden vor und können deshalb nicht inhaliert oder über die Haut aufgenommen werden. So sind beispielsweise die transparenten, farbgebenden und UV-schützenden nanoskaligen Eisenoxidpigmente in Holzlasuren seit Jahrzehnten im Einsatz und nachweislich unproblematisch, da sie immer von Bindemittel umhüllt sind und niemals als einzelne Partikel freigesetzt werden können. Auch wenn solche Flächen geschliffen werden, entstehen keine Nanopartikel.

Was in der Öffentlichkeit über die Gefahren der Nanopartikel berichtet wird, bezieht sich im Wesentlichen auf die nanoskaligen Feststoffe. Lose, pulverförmige Nanopartikel sind potenziell gefährlich.

Der Einsatz von Nanopartikeln in Kosmetika ist vergleichsweise übersichtlich. In Haarpflegemitteln, Hautcremes und Sonnenschutzcremes werden Stoffe in diesem Grössenbereich gezielt zugesetzt. Am weitesten verbreitet sind Nanopigmente vom Typ Titandioxid oder Zinkoxid als UV-Filter in Sonnenschutzcremes.

Das Verhalten auf der Haut aufgetragener Nanopartikel ist am Beispiel von Titandioxid und Zinkoxid gut untersucht worden. Alle auf Expertentreffen vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass die Nanopartikel nicht in die gesunden Hautzellen eindringen. Hauptsächlich verteilen sie sich auf der Hautoberfläche. In tiefere Hautschichten gelangen sie über die Haarfollikel (Wurzelscheide), wo sie auch einige Zeit verbleiben. Das Haarwachstum befördert sie dann



Ultradünne Silanschichten auf Metallen wie auf diesem Kühler bieten einen hervorragenden Korrosionsschutz.



später wieder auf die Hautoberfläche. Ein tieferes Eindringen von Nanopigmenten wurde bei Mikroverletzungen der Haut beobachtet. Bei der Frage zum Risiko kamen die Experten zum Schluss, dass es für die Aufnahme über die Haut derzeit keine Hinweise auf eine spezielle «Nanotoxikologie» gibt.

Bei einigen Bedarfsgegenständen nutzt man Nanopartikel aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften. Bei Verpackungen dienen sie dem Schutz gegenüber Sauerstoff, Kohlendioxid, Wasser oder Licht und zur Verbesserung mechanischer und thermischer Eigenschaften. So werden bestimmte Nanoverbindungen zum Beispiel im Kunststoff Polyamid eingesetzt. Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Partikel auf darin verpackte Lebensmittel übergehen, wird als sehr gering eingeschätzt, da sich diese Schichten an der Aussenseite befinden. Andere Verpackungen wiederum werden mit Nanoschichten aus Aluminium oder Siliziumoxid bedampft. Ob aus solchen anorganischen Schichten Partikel freigesetzt werden, ist noch nicht geklärt.

Antimikrobiell wirkende Silber-Nanopartikel werden bereits für Schuhsohlen und in einigen Bekleidungstextilien verwendet.

Aus Sicht der Risikobewertung sind viele Fragen offen. Besonders die geeigneten Teststrategien zur Ermittlung gesundheitlicher Risiken stellen eine Herausforderung dar. Es gilt daher die bewährte Vorgehensweise «erforschen – erkennen – vorsorgen».

Nanotechnologie verantwortungsvoll nutzen

Die Diskussion über die Risiken der Nanotechnologie – gleich ob diese wahr-

Autofelgen mit einer nanoskaligen Beschichtung müssen seltener gereinigt werden.

scheinlich oder eher virtuell sind – sollte nicht nur zwischen Wissenschaftlern, Unternehmern und dem Gesetzgeber geführt werden, sondern ist Sache der gesamten Gesellschaft. Deshalb führen in vielen Ländern die unterschiedlichsten gesellschaftlichen Gruppen den frühzeitigen und offenen Dialog. Sie tauschen Informationen aus, gehen auf Befürchtungen ein und bereiten so gemeinsam den Weg für eine verantwortungsvolle Nutzung der Nanotechnologie. Die Tragödie Asbest wird sich aufgrund der bereits eingeleiteten Aktivitäten in Sachen Nanotechnologie mit grosser Wahrscheinlichkeit nicht wiederholen. Seriöse Hersteller von nanotechnologischen Produkten sind bereits hoch sensibilisiert und werden aktiv dazu beitragen, dass die Nanotechnologie eine beherrschbare Schlüsseltechnologie wird. ■

Literatur:

- [1] TA-Swiss – Zentrum für Technologiefolgen-Abschätzung: Nanotechnologie in der Schweiz: Herausforderung erkannt (www.ta-swiss.ch)
- [2] Schweizerische Vereinigung der Lack- und Farben-Chemiker: Möglichkeiten und Grenzen der Nanotechnologie in der Lackindustrie (www.svlfc.ch)