

# 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](http://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. Die nachstehenden Beispiele sollen 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 ausgenutzt 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 ausgezeichnet 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 etliche Jahrzehnte zu spät erkannt 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.»

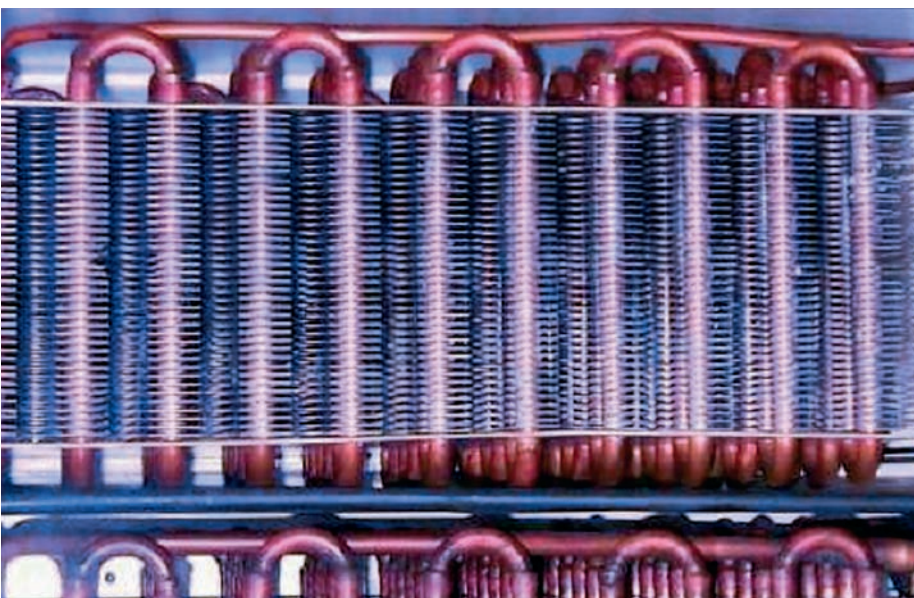
#### **Gebundene Nanopartikel sind ungefährlich**

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 Massnahmen 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](http://www.ta-swiss.ch))
- [2] Schweizerische Vereinigung der Lack- und Farben-Chemiker: Möglichkeiten und Grenzen der Nanotechnologie in der Lackindustrie ([www.svlfc.ch](http://www.svlfc.ch))

## Possibilità e rischi della nanotecnologia

Testo **Wolfram Selter, Heinz Kastien\***

Per le foto, vedere contributo originale in tedesco alle pagine da 6 a 10.

**La nanotecnologia viene presentata dai media e dai produttori di prodotti e applicazioni nanotecnologiche come una tecnologia promettente e innovativa. Tuttavia, in considerazione del numero crescente di fonti che mettono in guardia da possibili rischi e anticipano scenari apocalittici, siamo indotti a chiederci se il potenziale innovativo della nanotecnologia sia realmente così grande e se gli svantaggi di questa tecnologia finora poco conosciuta non superino i vantaggi.**

Per il settore svizzero delle vernici e delle pitture, da anni impegnato con serietà e successo a dare ai suoi prodotti nuove caratteristiche aggiuntive grazie alla nanotecnologia, i resoconti negativi dei media su questo tema rappresentano un duro colpo. Per tutti gli esperti che oggi nei loro laboratori sviluppano nuove soluzioni grazie a questa tecnologia, una trattazione seria del tema riveste una grande importanza. Questo vale in particolare per la vendita e il marketing. Oggi non c'è quasi più prodotto che non venga magnificato come «nanoprodotto» miracoloso. Persino i detersivi per WC sono diventati dei nanodetersivi. Non sorprende pertanto che nel consumatore l'entusiasmo per la nanotecnologia si trasformi in scetticismo e timore.

Solo chi possiede realmente un know-how nanotecnologico e lo sfrutta per sviluppare nuove soluzioni può anche utilizzare il termine per i suoi prodotti. Questo dovrebbe essere vietato invece a quei produttori che sfruttano questa denominazione solo per commercializzare i vecchi prodotti sotto un nuovo nome.

### Cosa significa «nano»?

Il prefisso nano deriva dalla lingua greca e significa gnomo. Un nanometro è pari a una milionesima parte di un metro. 1 metro corrispon-

de a 1'000'000'000 nm oppure a 10<sup>9</sup> nm.

Non si tratta dunque, come spesso si crede, di una denominazione commerciale, ma di una misura di lunghezza con la quale si indica il diametro delle particelle utilizzate.

Un nanometro è circa cinquantamila volte più piccolo del diametro di un capello umano. Questi ordini di grandezza definiscono un campo limite in cui le caratteristiche superficiali dei materiali rivestono un ruolo sempre più predominante rispetto alle caratteristiche volumetriche e possono produrre proprietà dei materiali completamente nuove.

Con il termine nanotecnologia si intende la creazione, l'analisi e l'utilizzo di strutture funzionali, molecole o anche superfici limite interne ed esterne la cui grandezza può variare da 1 nm a 100 nm. Le strutture di questa grandezza sono caratterizzate da nuove funzioni o proprietà direttamente connesse alla scala di grandezza e quindi non realizzabili nel macro-mondo.

Da decenni, le università e altri istituti di ricerca, ma anche alcuni fabbricanti di materie prime, dedicano una parte delle loro risorse allo studio di questa tecnologia. Oggi, grazie alla politica di ricerca dell'UE e della Svizzera, le scienze nanotecnologiche stanno acquisendo un ruolo di primo piano a livello internazionale. Attualmente l'UE stanziava ogni anno oltre 800 milioni di Euro per sostenere la ricerca nanotecnologica (una somma pari a quella investita dagli USA). In Germania, circa 500 aziende lavorano con questa tecnologia, mentre in Svizzera sono già circa 150.

La nanotecnologia viene considerata la tecnologia del 21° secolo. Per questo, i maggiori paesi industrializzati operano massicci investimenti nella ricerca di base e nella ricerca applicata. La Svizzera ha iniziato molto presto a promuovere la nanoscienza e la nanotecnologia e oggi occupa una posizione leader a livello mondiale grazie a nanoprodotto e nanoprocessi innovativi.

### La nanotecnologia nel settore delle vernici e delle pitture

La nanotecnologia offre un enorme potenziale per lo sviluppo futuro del settore delle vernici. Il settore lavora già da vari anni allo sviluppo dei cosiddetti smart coating.

La possibilità di migliorare e di impiegare in modo mirato le caratteristiche dei materiali da un punto di vista nanotecnologico è affascinante. Grazie a queste vernici e a questi pigmenti è possibile ottenere delle caratteristiche superficiali completamente nuove, già impiegate con successo in numerose applicazioni. Le nuove vernici possiedono delle caratteristiche che finora sembravano irrealizzabili. Le vernici antigraffio per le pellicole plastiche, i rivestimenti antibatterici per i beni di consumo, i rivestimenti murali cataliticamente attivi oppure i rivestimenti facili da pulire sono solo alcuni dei prodotti già disponibili sul mercato.

Le nanoparticelle inserite in modo mirato nei prodotti per rivestimento possono produrre numerose caratteristiche, come un'elevata resistenza all'abrasione, la protezione dai raggi ultravioletti o infrarossi, la conducibilità elettrica, l'attività catalitica o un'azione idroassorbente o idrorepellente.

I prodotti in commercio spaziano dai rivestimenti per frigoriferi alle pitture per pareti per gli ambienti ospedalieri, sanitari o per le cucine. Grazie ai nanorivestimenti, i tubi non si ostruiscono più, i forni diventano autopulenti e le abitazioni in legno non sono più a rischio di incendio.

Nel settore delle vernici e delle pitture, la nanotecnologia è appena all'inizio delle sue possibilità. Molte nuove applicazioni sono in fase di sperimentazione e potrebbero presto diventare realtà. Fra queste figurano tappezzerie che si colorano con diverse tonalità a seconda dell'umore, vernici per auto resistenti ai graffi, rivestimenti che cambiano colore premendo un pulsante, cerchi in alluminio che non devono più essere faticosamente puliti dalla polvere dei freni, e molto altro ancora.

### Esempi di vernici e pitture nanotecnologiche

Dal punto di vista della tecnica delle vernici, finora i maggiori sforzi di ricerca hanno interessato i pigmenti (contrariamente ai leganti, a cui è stata dedicata poca attenzione). Fra le numerosissime possibilità esistenti, con gli esempi seguenti si intende rappresentare gli orizzonti che la nanotecnologia può aprire al settore delle vernici e delle pitture:

\* Commissione per la tecnica e l'ecologia dell'Unione svizzera dei fabbricanti di vernici e pitture (USVP), [www.vslf.ch](http://www.vslf.ch)

- Le nanoparticelle di biossido di titanio vengono utilizzate per rimuovere grasso, sporco, alghe, batteri oppure odori o sostanze nocive dalla superficie dei rivestimenti. L'azione pulente si basa sull'effetto fotocatalitico delle nanoparticelle di biossido di titanio che, se sollecitate con un fascio di luce a onde corte, trasformano l'umidità in perossido di idrogeno che, a sua volta, è in grado di ossidare le sostanze organiche dannose.
- Speciali catalizzatori con particelle di dimensioni nanometriche sono in grado di degradare le sostanze nocive presenti nell'aria e quindi di ridurre sensibilmente la quantità di contaminanti dell'aria negli ambienti.
- Determinati pigmenti prodotti a partire da nanoparticelle di metalli e ossidi di metalli consentono di produrre nuovi effetti cromatici e di brillantezza delle vernici. Ad esempio, una vettura verniciata con questi prodotti può (a seconda della fonte luminosa e della posizione dell'osservatore) variare il suo colore («effetto Flip Flop»).
- Miscelando delle nanoparticelle d'argento nei rivestimenti, la nota azione antimicrobica degli ioni d'argento può essere sfruttata per produrre le cosiddette vernici igieniche.
- Grazie all'impiego di nanoparticelle di biossido di silicio, oggi i veicoli e i mobili possono essere rivestiti con vernici trasparenti nanotecnologiche caratterizzate da una resistenza all'abrasione e all'invecchiamento superiore alle vernici tradizionali.
- Nelle vernici automobilistiche e industriali, nelle vernici e nelle velature per legno, negli inchiostri per la stampa e nell'ambito della colorazione dei materiali plastici vengono utilizzati dei pigmenti a base di ossido di ferro con aghi di lunghezza compresa fra 50 e 100 nm e spessore di 2 nm al fine di migliorare, ad esempio, l'azione protettiva contro l'irraggiamento UV.

Tuttavia, è doveroso parlare anche dei limiti della nanotecnologia. Questi riguardano in primo luogo le vernici coprenti. I pigmenti con una grandezza media delle particelle inferiore a 400 nm non sono più coprenti, ma trasparenti.

#### **Leganti di dimensioni nanometriche**

Per quanto riguarda i leganti, ad oggi sono ancora pochi i prodotti conosciuti che presentano

particelle di grandezza nanometrica. I nanoleganti sicuramente più vecchi sono delle resine sintetiche in dispersione estremamente fini (idrosol) con particelle di grandezza pari a circa 30 nm. Essi vengono utilizzati, tra l'altro, per produrre fissativi che penetrano in modo straordinariamente efficace nel fondo.

Nei leganti in dispersione oggi comunemente utilizzati non è possibile realizzare un'ulteriore riduzione della grandezza delle particelle, in quanto questo produrrebbe un significativo peggioramento delle caratteristiche dei leganti. Non si deve dimenticare, tuttavia, che la ricerca sta lavorando a nuovi leganti su scala nanometrica. Questi sono costituiti soprattutto da resine con struttura ad albero o sferica, i cosiddetti dendrimeri e polimeri iperramificati. Devono essere citati anche gli strati extrasottili di polimeri o silani applicati sui metalli e caratterizzati da una sorprendente capacità adesiva e da un'eccellente azione protettiva contro la corrosione.

Se le possibilità offerte dalla nanotecnologia verranno sfruttate ponderando attentamente i potenziali rischi, la nanotecnologia potrà certamente diventare una tecnologia chiave dall'enorme potenziale innovativo per il settore delle vernici del 21° secolo.

#### **Quali rischi comporta la nanotecnologia?**

Nonostante l'enorme potenziale della nanotecnologia, è necessario valutare attentamente anche i possibili rischi che essa comporta per la salute umana, l'ambiente e la società. Lo sviluppo della nanotecnologia avanza a grandi passi, sebbene essa non sia una tecnologia così nuova come la pubblicità vorrebbe farci credere. I possibili effetti negativi devono essere individuati tempestivamente attraverso un'attività di ricerca parallela per poter essere controllati o completamente scongiurati. I critici individuano un parallelismo fra la nanotecnologia e l'ingegneria genetica e sostengono che anche la problematica dell'amianto è stata riconosciuta solo decenni più tardi.

In quest'ottica, un interrogativo centrale della valutazione delle conseguenze della nanotecnologia è costituito dai rischi per la salute e l'ambiente derivanti da particelle ultrasottili come quelle che si producono, anche senza nanotecnologia, dai processi di combustione

incompleta. Uno studio pubblicato nel 2005 dalla Allianz-Versicherungs AG sulle possibilità e sui rischi della nanotecnologia è giunto alla seguente conclusione: «Il rischio insito nella nanotecnologia è rappresentato dal divario che esiste fra il suo rapido sviluppo e la conoscenza dei potenziali rischi e degli standard di sicurezza validi per evitare gli effetti negativi.»

#### **Le nanoparticelle legate sono innocue**

I materiali di rivestimento attualmente utilizzati contengono delle nanoparticelle che sono sempre legate ad altre molecole e non possono pertanto essere inalate o assorbite attraverso la pelle. Così, ad esempio, i nanopigmenti di ossido di ferro trasparenti, coloranti e con proprietà protettive contro i raggi UV che da decenni vengono utilizzati nelle velature per legno sono evidentemente innocui, poiché sono sempre avvolti da leganti e non possono essere in nessun caso rilasciati come particelle singole. Anche se queste superfici vengono levigate non si producono nanoparticelle.

I rischi correlati alle nanoparticelle che vengono denunciati pubblicamente si riferiscono in genere alle sostanze solide di grandezza nanometrica. Le nanoparticelle libere e in polvere sono potenzialmente pericolose.

Analogamente, anche l'utilizzo delle nanoparticelle nei cosmetici è intelligibile. Le sostanze che rientrano in questo intervallo di grandezze vengono aggiunte in modo mirato ai prodotti per la cura dei capelli, alle creme per la pelle e alle creme solari. I più diffusi sono i nanopigmenti del tipo biossido di titanio o ossido di zinco che vengono utilizzati come filtri UV nelle creme solari.

Il comportamento delle nanoparticelle applicate sulla pelle è stato oggetto di studi approfonditi sul modello dell'ossido di titanio e dell'ossido di zinco. Tutti i risultati presentati in occasione delle conferenze fra esperti del settore hanno dimostrato che le nanoparticelle non penetrano nelle cellule epidermiche sane. Esse tendono infatti a distribuirsi sulla superficie della pelle. Le nanoparticelle possono penetrare negli strati epidermici più profondi attraverso i follicoli piliferi (guaina della radice), dove permangono per qualche tempo. Successivamente, la crescita dei peli/capelli le trasporta nuovamente in superficie. Una penetra-

zione più profonda delle nanoparticelle è stata osservata in caso di microlesioni della pelle. Interrogandosi sulla pericolosità di questa penetrazione profonda, gli esperti sono giunti alla conclusione che l'assorbimento di nanoparticelle attraverso la pelle non porta attualmente a ipotizzare alcuna speciale «nanotossicologia».

Nel caso di alcuni oggetti di consumo, le nanoparticelle vengono utilizzate per le loro proprietà fisiche e chimiche. Negli imballaggi, esse esercitano un'azione protettiva contro l'ossigeno, l'anidride carbonica, l'acqua o la luce e migliorano le proprietà meccaniche e termiche dei materiali. Per questo, determinati nanocomposti vengono utilizzati ad esempio nella poliammide sintetica. La probabilità che queste particelle passino agli alimenti confezionati viene ritenuta molto bassa, in quanto

gli strati che contengono le nanoparticelle si trovano sul lato esterno della confezione. Su altre confezioni, invece, vengono depositati mediante vaporizzazione dei nanostrati di alluminio o ossido di silicio. Non è tuttavia ancora chiaro se questi strati inorganici siano in grado di rilasciare nanoparticelle.

Le nanoparticelle d'argento ad azione antimicrobica vengono già impiegate per la produzione di suole per scarpe e di alcuni tessuti per abbigliamento.

Per quanto riguarda la valutazione dei rischi, tuttavia, rimangono ancora molti interrogativi aperti. Una sfida particolarmente difficile è rappresentata dallo sviluppo di strategie di sperimentazione adeguate per la determinazione dei rischi per la salute. È pertanto sempre valido il comprovato procedimento «ricercare – riconoscere – prevenire».

### Un utilizzo responsabile della nanotecnologia

Il dibattito sui rischi della nanotecnologia (siano essi concreti o puramente teorici) non dovrebbe essere portato avanti solo fra scienziati, imprenditori e organi legislativi, ma dovrebbe coinvolgere l'intera società. Pertanto, in molti paesi i più disparati gruppi sociali stanno conducendo un dibattito precoce e aperto. Scambiano informazioni, analizzano i timori e spianano così insieme la via per un utilizzo responsabile della nanotecnologia. Grazie al precoce avvio di queste attività, con ogni probabilità la tragedia dell'amianto non si ripeterà per la nanotecnologia. I produttori seri di prodotti nanotecnologici sono già altamente sensibilizzati e contribuiranno attivamente a rendere la nanotecnologia una tecnologia chiave pienamente controllabile.

# A b o - B e s t e l l u n g

Ja, bitte senden Sie mir die Fachzeitschrift «applica» ab sofort bis auf Widerruf:

\_\_\_ Jahresabonnemente zu CHF 125.-, exkl. MWST (Ausland CHF 160.-)

\_\_\_ Zusatzabonnemente für Mitglieder des SMGV zu jährlich CHF 90.-, exkl. MWST

Die «applica» ist wie folgt zu adressieren:

Firma: \_\_\_\_\_

Name/Vorname: \_\_\_\_\_

Strasse: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Die Abonnementsrechnung geht an:

Firma: \_\_\_\_\_

Name/Vorname: \_\_\_\_\_

Strasse: \_\_\_\_\_

PLZ/Ort: \_\_\_\_\_

Unterschrift: \_\_\_\_\_

*Einsenden oder einfach faxen an: Verlag applica, Postfach 73, 8304 Wallisellen, Fax 043 233 49 50*