

Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche

Ein Betriebsleitfaden



An **Hessen** führt kein Weg vorbei.

Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche

Ein Betriebsleitfaden

Impressum

Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche - Ein Betriebsleitfaden

Band 11 der Schriftenreihe der Aktionslinie
Hessen-Nanotech des Hessischen Ministeriums für
Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Erstellt von:

Andreas Hermann, Peter Küppers,
Martin Möller und Rita Groß
Öko-Institut e.V.

Büro Darmstadt:

Rheinstraße 95, D-64295 Darmstadt

Geschäftsstelle Freiburg:

Merzhauser Straße 173, D-79100 Freiburg.

www.oeko.de

Redaktion:

Sebastian Hummel

(Hessisches Ministerium für Wirtschaft,
Verkehr und Landesentwicklung)

Alexander Bracht, Markus Lämmer

(Hessen Agentur, Hessen-Nanotech)

Herausgeber:

HA Hessen Agentur GmbH

Abraham-Lincoln-Straße 38-42

D-65189 Wiesbaden

Telefon 0611 774-8614

Telefax 0611 774-8620

www.hessen-agentur.de

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Herausgebers übereinstimmen.

© Hessisches Ministerium für Wirtschaft,

Verkehr und Landesentwicklung

Referat Öffentlichkeitsarbeit

Kaiser-Friedrich-Ring 75

D-65185 Wiesbaden

www.wirtschaft.hessen.de

Vervielfältigung und Nachdruck - auch auszugsweise -
nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Gestaltung: WerbeAtelier Theißen, Lohfelden

Druck: Druckerei ausDRUCK, Kassel

www.hessen-nanotech.de

September 2009



Daniel Oberbillig © www.fotolia.de

Abbildungen Cover
oben: Daniel Oberbillig, Fotolia.com
unten links: Melissa Schalke, Fotolia.com
unten mitte: Lioness, Fotolia.com
unten rechts: Evonik Industries AG

Inhalt

1	Übersicht zu den Handlungsempfehlungen	4
2	Einleitung	7
3	Nanomaterialien: Arten und Funktionalitäten	9
4	Toxikologische Effekte von Nanomaterialien und das Vorsorgeprinzip	13
5	Design for Safety	15
6	Arbeitsschutz in der Produktion	20
7	Lagerung von Rohstoffen und Endprodukten	30
8	Umweltschutzmaßnahmen	31
9	Kommunikation in der Wertschöpfungskette	36
10	Informationsquellen	42
	Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech	45



Melissa Schalle © www.fatalia.de



Dieter Posch
Hessischer Minister für
Wirtschaft, Verkehr
und Landesentwicklung

Liebe Leserinnen und Leser,

Die rund 230 Unternehmen der deutschen Lackindustrie produzierten 2008 mit etwa 20 000 Mitarbeitern Waren im Wert von 4,6 Milliarden Euro. Die Bedeutung der Branche ist aber viel größer, als es der bloße Warenwert vermuten lässt: Denn nicht erneuerte oder fehlende Beschichtungen verursachen nach Aussage des Deutschen Lackinstitutes einen volkswirtschaftlichen Schaden von mehr als 100 Milliarden Euro jährlich.

Um den Anforderungen an moderne Beschichtungen gerecht zu werden, muss die Lackindustrie ihre Erzeugnisse ständig verbessern. Die Nanotechnologie bietet dabei eine Reihe von Möglichkeiten – etwa, Oberflächen zu härten und sie sogar mit zusätzlichen Eigenschaften auszustatten. Rund 40 Prozent der Unternehmen forschen und entwickeln bereits auf diesem Gebiet. Experten erwarten, dass die Lackindustrie im Jahr 2015 rund 30 Prozent des Umsatzes mit nanobasierten Produkten erzielt.

Hessische Unternehmen stehen bei solchen Entwicklungen an der Spitze. So hat zum Beispiel die Alfred Clouth Lackfabrik GmbH & Co. schon 2004 für ihren antibakteriellen Klarlack den Hessischen Innovationspreis gewonnen.

Die Nanotechnologie wird sich aber nur dann dauerhaft durchsetzen können, wenn sie verantwortungsvoll verwendet wird. Wir haben daher das Öko-Institut in Darmstadt beauftragt, den vorliegenden Betriebsleitfaden zu entwickeln. Er soll den Unternehmen praxisorientierte Handlungsempfehlungen für die sichere Verwendung der Nanotechnologie geben. Weiterführende Fragen zum verantwortungsvollen Umgang mit der Nanotechnologie beantwortet unsere Informationsplattform Nano-Sicherheit.de.

Ich wünsche eine anregende Lektüre und hoffe, dass die Nanotechnologie auch in Ihrem Unternehmen ihr Potenzial entfalten kann.

Ihr

Dieter Posch



Alfred Clouth
Geschäftsführender Gesellschafter der
Alfred Clouth Lackfabrik GmbH & Co. KG
und Präsident der IHK Offenbach am Main

Meine sehr verehrten Damen und Herren,

Nanotechnologie und Umweltschutz - für fortschrittsfeindliche Sceptiker und Besserwisser, die sich gern mit Halbwahrheiten schmücken, sind das zwei typische Gegenpole. Wie „plus“ und „minus“ oder „heiß“ und „kalt“. Ich bin jedoch überzeugt, dass wir mit einem verantwortungsvollen Umgang mit der Nanotechnologie in der Lack- und Farbenbranche ein Mehr an Umweltschutz schaffen können.

Wie, das möchte ich Ihnen gern anhand eines Blicks hinter die Kulissen unseres Unternehmens - der Alfred Clouth Lackfabrik GmbH & Co. KG in Offenbach / Main - verdeutlichen. Umweltschutz haben wir schon immer als ganz selbstverständlichen Teil unserer Verpflichtungen gegenüber der Gesellschaft verstanden - weit über das hinaus, was der Gesetzgeber vorschreibt. Weil wir davon überzeugt sind, dass sich das langfristig auszahlt. Darum haben wir uns auch dieses Jahr wieder freiwillig nach den besonders strengen EMAS-Vorschriften zertifizieren lassen. Übrigens zum wiederholten Mal seit 1997.

Positiv bewertet wurden dabei unter anderem auch unsere innovativen Nano-Holzlacke und -Öle, die wir in den vergangenen Jahren eingeführt haben. Sie enthalten Nano-Teilchen auf Zink- oder Silber-Basis, die Pilze, Schimmel, Moder, Salmonellen und sogar die gefährlichen Coli-Bakterien abtöten, sobald diese mit der lackierten oder geölten Holzoberfläche in Berührung kommen.

Egal ob auf Stühlen, Tischen, Schränken, Handläufen, Arbeitsplatten, Türen, Wickelkommoden oder Holzspielzeug. Das schafft nicht nur ein Plus an Hygiene, es kommt auch der Umwelt zugute. Denn nach der Anwendung bedarf es keiner weiteren Desinfektionsmaßnahmen. Auf die Umwelt belastende Desinfektions- oder Reinigungsmittel kann also gänzlich verzichtet werden. Eine „normale“ Haushaltsreinigung reicht vollkommen aus.

Auch unsere gemeinsam mit Merck realisierte Lackentwicklung für kratzfestere Beschichtungen ist ein Beitrag dazu, die Lebensdauer und Werthaltigkeit von Produkten zu verbessern. Produkte müssen nicht so häufig nachbehandelt oder ausgetauscht werden, wodurch Material und Energie eingespart wird. Ebenfalls also ein praktischer Beitrag im Sinne der Nachhaltigkeit.

Sie sehen: Nanotechnologie kann die Umwelt schützen. Darum und weil sich Deutschland als Innovationsstandort nicht weiteren Zukunftstechnologien verschließen darf, fordere ich Sie auf: Forschen Sie weiter im Nano-Bereich.

Ihr

Alfred Clouth

1 Übersicht zu den Handlungsempfehlungen

Die wichtigsten Handlungsempfehlungen in dieser Broschüre für die Herstellung und Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche sind:

- 1** Bei der Verwendung, aber auch bei der Herstellung oder dem Einsatz von Nanomaterialien sollte eine weite Definition der Materialien zugrunde gelegt werden, die weniger die Größe der Nanomaterialien als deren größenabhängige Eigenschaftsänderung und die damit verbundenen Risiken berücksichtigt.
- 2** Da es insbesondere für neue Nanomaterialien (noch) signifikante Wissens- und Informationslücken hinsichtlich möglicher Expositionsdaten sowie human- und ökotoxikologischer Effekte gibt, sollten sich bei Verwendung dieser Materialien die Sicherheitsmaßnahmen am Vorsorgeprinzip orientieren.
- 3** Vorrangiges Ziel muss es sein, inhalative Exposition zu vermeiden. Maßnahmen dazu sind:
 - a** Verwendung von Nano-Objekten (z. B. Nanopartikel, Nanostäbe) in flüssiger Phase statt als Pulver. Dies wird von den Herstellern für bestimmte Nanomaterialien schon praktiziert (z. B. bei Silber-Nanopartikeln);
 - b** Einsatz geschlossener Anlagen, zumindest Kapselung von Herstellungs- und Verwendungsanlagen;
 - c** Optimierung der Lagerungs- und Umfüllprozesse, z. B. durch wieder verschließbare und portionierbare Gebinde.
- 4** Ist eine Vermeidung von inhalativen Expositionen nicht möglich, sollten folgende Maßnahmen zu ihrer Verminderung angewendet werden:
 - a** bestimmte Arbeiten (z. B. Portionieren) nur in abgetrennten Räumen oder Kabinen durchführen;
 - b** Betreiben von Quellenabsaugungen bei allen Tätigkeiten, bei denen eine Exposition nicht ausgeschlossen werden kann;
 - c** persönliche Schutzmaßnahmen nanospezifischen Risiken anpassen, indem z. B. Atemmasken mit geeigneten Filtern verwendet werden;
 - d** das Betreten expositionsgefährdeter Bereiche nur befugten Personen gestatten;
 - e** im Lager keine beschädigten Gebinde, insbesondere keine beschädigte Sackware belassen.

- 5** Der Eintrag in die Umwelt sollte so gering wie möglich gehalten werden. Hierzu werden u. a. folgende Empfehlungen gegeben:
- a** Abfälle, die Nanopartikel enthalten, sollten vorsorglich als gefährliche Abfälle eingestuft werden;
 - b** die o. g. Abfälle sollten zur Information des Abfallentsorgers zusätzlich entsprechend gekennzeichnet werden;
 - c** gemeinsam mit dem Abfallentsorger sollte für diese Abfälle ein Entsorgungsweg abgesprochen und vereinbart werden, der einen möglichst geringen Eintrag von Nanopartikeln in die Umwelt gewährleistet;
 - d** bei der Abgabe dieser Abfälle zur stofflichen Verwertung (direkt oder über einen Abfallentsorger) sollte besonders darauf geachtet werden, dass bei der Verwertung keine Nanopartikel in Produkte gelangen, aus denen sie wieder freigesetzt werden können, und dass keine Anreicherung im Produkt stattfindet;
 - e** Abwässer (Abwasser, belastetes Regenwasser und Löschwasser) sollten nicht in die Kanalisation, ein Gewässer oder den Boden gelangen können. Maßnahmen sind: keine direkten Einlaufmöglichkeiten, Einlaufsperrern, Aufkantung von Bereichen, Löschwasserrückhaltung;
 - f** auch betriebsintern geklärtes oder vorgereinigtes Abwasser sollte nicht in eine Gemeindekläranlage eingeleitet werden, die ihren Klärschlamm noch zur Düngung abgibt;
 - g** die Abluft der Quellenabsaugungen darf nur über geeignete Abluftreinigungssysteme mit hohen Abscheidegraden ins Freie geleitet werden. Für feinste Stäube (Nanopartikel) sollten dabei nur HEPA- und ULPA-Filter zum Einsatz kommen.
- 6** Verbesserung der Transparenz und Kommunikation innerhalb der Wertschöpfungskette, z. B. durch Ergänzung nanospezifischer Informationen im Sicherheitsdatenblatt.



Michael Möller © www.totolia.de



imgelibrary



Deutsche Amphibienwerke



Melissa Schulte © www.fotolia.de

2 Einleitung

Während die praktische Anwendung der Nanotechnologien in manchen Branchen und Anwendungsfeldern noch in den Kinderschuhen steckt, gehört die Lack- und Farbenbranche zu den bereits weit vorangeschrittenen Anwendungsfeldern. Mit Hilfe von Nanomaterialien werden schon heute in der Formulierung von Zubereitungen wie Lacken und Farben völlig neue oder verbesserte Funktionalitäten erzielt, z. B. neuartige Farb- und Glanzeffekte („Flip-Flop-Effekt“) durch nanotechnologisch hergestellte Metalle und Metalloxide, verbesserte photokatalytische Wirkung von Substanzen wie Titandioxid (TiO_2) oder antibakterielle und fungizide Wirkung von nanoskaligen Silberteilchen. Da der Einsatz von Nanomaterialien in Massenprodukten wie Lacken und Farben stattfindet, kommt der Lack- und Farbenbranche eine besondere Verantwortung für einen sicheren Umgang bei der Herstellung und Weiterverarbeitung von Nanomaterialien zu. Denn ein verantwortungsvoller Umgang beim Einsatz von Nanomaterialien in verbrauchernahen Produkten trägt dazu bei, die Realisierung der Chancen dieser Materialien – auch über die branchenspezifische Verwendung hinaus – langfristig zu sichern.

Zahlreiche vorwiegend mittelständische Unternehmen der Lack- und Farbenbranche sind in Hessen ansässig und setzen an unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfungskette bei ihren Produkten auch auf nanotechnologische Anwendung. Der Leitfaden soll diesen Firmen, aber auch solchen, die den Einsatz von Nanomaterialien erst planen, in Fragen des innerbetrieblichen Arbeits- und Umweltschutzes eine Orientierung zu kritischen Punkten bieten und Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Nanomaterialien geben.

Damit ergänzt dieser Betriebsleitfaden die bereits vereinzelt existierenden Leitfäden und Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Nanomaterialien (siehe die Informationsquellen in Kapitel 10) um weitere Aspekte zur Nano-Sicherheit. Ausgangspunkt sind dabei hier vor allem die Arten und Funktionalitäten der derzeit auf dem Markt verfügbaren nanoskaligen Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe (siehe Kapitel 3).

Anschließend werden Maßnahmen vorgestellt, um schon bei der Planung von Farben- und Lackprodukten die Forschung und spätere Herstellung so auszurichten, dass Expositionen der Mitarbeiter, der Umwelt und der Bevölkerung sowie das (human- und öko-) toxikologische Risiko der verwendeten Nanomaterialien reduziert werden (siehe Kapitel 5).

In den weiteren Kapiteln stellt der Leitfaden anlagen- und produktbezogene Prozessoptimierungen sowie personenbezogene Vorsorge- maßnahmen vor, die Arbeitnehmer an exponierten Arbeitsplätzen schützen sollen. Zudem werden Maßnahmen beschrieben, um den Eintrag von Nanopartikeln in die Umweltkompartimente Luft, Wasser und Boden zu vermeiden oder zu vermindern. Die Darstellungen konzentrieren sich auf den Arbeitsschutz in der Produktion (Kapitel 6), die Lagerung von Rohstoffen und Endprodukten (Kapitel 7) sowie das Recycling und den Umgang mit Produktionsabfällen und -abwässern (Kapitel 8).

Die Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen in diesem Betriebsleitfaden orientieren sich an einem vorausschauenden und vorsorgeorientierten Handeln. Während man für bestimmte freie Nanopartikel ein relativ hohes gesundheitliches Risiko annimmt, wird ein geringeres Besorgnispotenzial bei Nanomaterialien vermutet, die fest in einer Produktmatrix eingebunden sind. Eine generelle Gefährdungsbeurteilung bzw. Risikoabschätzung und damit eine Festsetzung von begründeten Grenzwerten zum Schutz von Menschen und Umwelt ist derzeit in der Regel aber noch nicht möglich. Ungeachtet dessen reichen aber die vorliegenden Hinweise auf schädliche Wirkungen aus, um die Erforderlichkeit von technischen, organisatorischen und personenbezogenen Schutzmaßnahmen unter Vorsorgegesichtspunkten zu begründen (siehe Kapitel 4).

Eine zentrale Rolle für die Umsetzung von Arbeitsschutz- und Umweltschutzmaßnahmen spielt angesichts der derzeit noch vorhandenen Wissensdefizite die Kommunikation der bereits verfügbaren sicherheitsrelevanten Informationen innerhalb der Wertschöpfungskette. In Kapitel 9 werden deshalb die Informationsdefizite eines typischen nachgeschalteten Anwenders innerhalb der Produktionskette beschrieben und Empfehlungen abgeleitet.

Zur Vorbereitung des Leitfadens wurden Lack- und Farbfirmen besucht. An dieser Stelle danken wir diesen Unternehmen für die Möglichkeit zu Betriebsbesichtigungen und zum fachlichen Austausch.

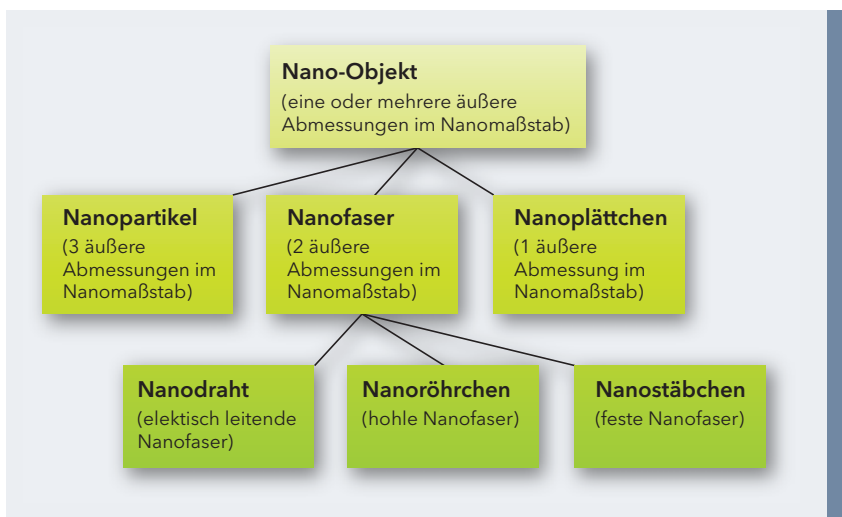


Reisch-Haus GmbH

3 Nanomaterialien: Arten und Funktionalitäten

Die Diskussion um die Chancen und Risiken von Nanomaterialien ist eng verbunden mit der Frage, welche Substanzen der Begriff der Nanomaterialien überhaupt umfasst.

Seit August 2008 liegt in Form der Technischen Spezifikation „ISO/TS 27687:2008, Nanotechnologies - Terminology and definition for nano-objects - Nanoparticle, nanofibre and nanoplate“ eine erste Norm zur Definition von Nanomaterialien vor. Diese wurde von dem Technical Committee ISO/TC 229 Nanotechnologies erarbeitet und beinhaltet ein hierarchisches System von Definitionen. Im Zentrum dieser Technischen Spezifikation steht der allgemeine Begriff des Nano-Objekts. Dabei handelt es sich um ein Material, welches sich mit seinen äußeren Abmessungen in einer, zwei oder drei Dimensionen im Nanomaßstab befindet. Als Nanomaßstab wird gemäß ISO/TS 27687:2008 der Größenbereich von etwa 1 bis 100 Nanometer verstanden. Wie der folgenden Abbildung entnommen werden kann, umfassen Nano-Objekte neben Nanopartikeln (dreidimensional nanoskalig) auch Nanofasern (zweidimensional nanoskalig) und Nanoplättchen (eindimensional nanoskalig).



Fragment einer Hierarchie von Begriffen im Hinblick auf Nano-Objekte [nach ISO/TS 27687:2008]

Somit sind in der Farben- und Lackbranche sowohl die rohstoffseitig relevanten Nanopartikel als auch die produktseitig relevanten Nano-beschichtungen eindeutig den Nano-Objekten zugeordnet.

Sowohl bei der ISO-Definition als auch bei der Arbeitsdefinition der OECD gehören Agglomerate und Aggregate zu den Nano-Objekten, sobald sie kleiner als 100 nm sind. Liegen ihre Abmessungen oberhalb von 100 nm, zählen diese zu den nanostrukturierten Materialien, die ebenfalls den Nanomaterialien zuzurechnen sind.

Die Möglichkeiten, die Eigenschaften von Lacken und Farben nanotechnisch zu optimieren und gezielt einzustellen, sind sehr groß. Dem entsprechend kommen bei der Lack- und Farbenherstellung zahlreiche nanoskalige Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe zum Einsatz. Die mengenmäßig wichtigsten – Titandioxid, Siliziumdioxid, Carbon Black, Zinkoxid und Silber – werden im Folgenden kurz beschrieben. Dabei wird neben bereits auf dem Markt verfügbaren nanoskaligen Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen auch auf kurz- bis mittelfristig zu erwartende Produktinnovationen eingegangen.

Es lassen sich durch den Einsatz von Nanopartikeln völlig neue Oberflächeneigenschaften erzielen, was in etlichen Anwendungen bereits erfolgreich praktiziert wird:

- Nanomaterialien werden z. B. eingesetzt, um die Wirkung von photokatalytischen Substanzen wie Titandioxid (TiO_2) zu verbessern. Dadurch können anhaftende Fette, Schmutz, Algen, Bakterien oder auch Geruchs- oder Schadstoffe in Oberflächenbeschichtungen beseitigt werden.
- Durch transparente Eisenoxidpigmente (TEO) mit Nadellängen von 50 bis 100 Nanometer und Nadeldicken von 2 Nanometer können z. B. Kunststoffe vor UV-Strahlung geschützt werden.
- Pigmente mit nanometerdünner Beschichtung zeigen in Lacken neuartige Farb- und Glanzeffekte, die z. B. je nach Lichtquelle und Standort des Betrachters ihre Farbe wechseln („Flip-Flop-Effekt“).
- Der Einsatz von nanoskaligen Silberteilchen in Lacken und Farben verleiht diesen u. a. eine antibakterielle und fungizide Wirkung.

Nano-Titandioxid

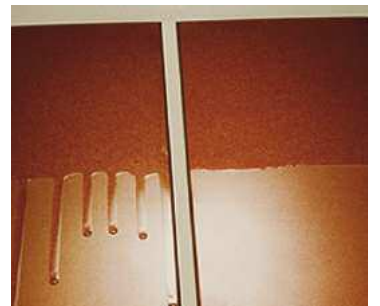
Bei Nano-Titandioxiden handelt es sich i.d.R. um Pulver, die als Sackware angeliefert und als Pulver eingesetzt werden. In wenigen Fällen werden Nano-Titandioxide auch in Form flüssiger oder pastöser Zubereitungen eingekauft und verwendet.

Für Wandfarben genutzt wird hier die photokatalytische Eigenschaft des Titandioxids, die durch die Verwendung von Nano-Titandioxiden aufgrund der größeren Oberfläche verstärkt wird. So werden anhaftende organische Verbindungen (Fette, Algen, Bakterien, Geruchs- oder Schadstoffe) durch Licht und die in die Wandfarbe eingebrachten Nano-Titandioxidpartikel gespalten und in Kohlendioxid und Wasser umgewandelt. Giftige Stickoxide aus der Luft werden in unschädliche Stickstoffverbindungen umgesetzt.

Im Bereich der Holzlasuren werden in geringem Umfang ebenfalls Nano-Titandioxide verwendet. Es geht dabei um die UV-absorbierenden Eigenschaften und damit um die Verbesserung der Wetterbeständigkeit bei gleichzeitiger Transparenz. Außerdem können bestimmte Nano-Titandioxid-Typen die Farbe von Autolacken variieren.



Evonik Industries AG



Nano-Siliziumdioxid

Nanostrukturierte Materialien auf Basis von Siliziumdioxid werden seit langem als rheologische Hilfsmittel, zur Thixotropierung und als Anti-Absetzagentien zum Verhindern von Läufern sowie zur besseren Stabilisierung von Pigmenten und Füllstoffen eingesetzt. Außerdem kommen sie als Schicht- und Blattsilikate zur Verhinderung von Rissbildungen bei Dispersionsfarben zum Einsatz (z. B. Mica).

Bei neu entwickelten Dispersionen handelt es sich um Kunstharzdispersionen, bei denen während der Herstellung Kieselsole in die Kunstharzteilchen einpolymerisiert wurde (z. B. Mowilith Nano). Daraus resultieren Dispersionen, in denen nanoskalige Silikateilchen fest in die Kunstharzteilchen und später in die Beschichtungsoberfläche eingebettet sind. Anwendungsbereiche für diese Dispersionen sind wasser- und schmutzabweisende Fassadenfarben. Außerdem dienen sie dem Schutz vor Algen- und Pilzbefall.

Nanostrukturierte Materialien auf Basis von Siliziumdioxid und Dispersionen werden als Sackware (Pulver), aber auch in pastöser oder flüssiger Form angeliefert und entsprechend eingesetzt.

Carbon Black

Bei Carbon Black handelt es sich um synthetisch hergestellte Ruße. Sie dienen insbesondere als Farbpigmente (Vollton und Abtönen) und zur Erzielung optischer Effekte. Bei Lacken liegen schwarze Töne im Trend und durch nanostrukturiertes Carbon Black können beispielsweise die Effekte von Metallpigmenten und der Blaustich der Farbe Schwarz verstärkt werden. Die Anlieferung von Carbon Black erfolgt i.d.R. als Sackware und wird in Pulverform eingesetzt.

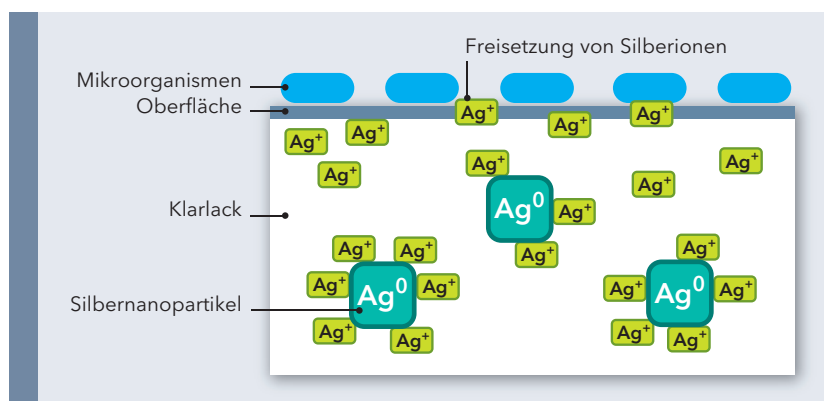
Nano-Zinkoxid

Zinkoxid (Zinkweiß) ist ein klassisches Weißpigment, hat aber auch eine gewisse Wirksamkeit gegen Algen und Schimmelpilze. Dieser Effekt wird bei Nano-Zinkoxiden durch die größere Oberfläche bei feiner Verteilung verstärkt. Nano-Zinkoxide werden daher in Schimmelschutzfarben und Fassadenfarben verwendet. Weiterhin kommen Nano-Zinkoxide in UV-beständigen Holzschutzlacken für Außenanwendungen, in UV-absorbierenden transparenten Topcoats und zur transparenten Verbesserung der Lichtechtheit von Farbpasten zum Einsatz. Nano-Zinkoxide werden als Pulver (Anlieferung als Sackware), aber auch in Form wässriger Zubereitungen den Farben und Lacken zugegeben.

Nano-Silber

Nano-Silber dient in Lacken und Farben der antimikrobiellen Ausrüstung, um die Ansiedelung und das Wachstum von Bakterien und Pilzen z.B. auf Holzoberflächen langfristig zu verhindern. Nano-Silber wird in kleinen Flaschen in flüssiger Phase angeliefert und verwendet.

An der Oberfläche von Silber-Nanopartikeln entstehen, gesteuert durch Oxidationsprozesse, kontinuierlich Silberionen (Ag^+). Diese reduzieren die Zahl der Bakterien, Pilze und anderer Mikroorganismen auf der Oberfläche des Materials (z. B. Klarlack), in das die Silber-Nanopartikel fest eingebunden sind.



4 Toxikologische Effekte von Nanomaterialien und das Vorsorgeprinzip

Die in der Lack- und Farbenbranche verwendeten Stoffe werden bislang nach den Standardanforderungen für Chemikalien geprüft, also insbesondere nach der chemikalienrechtlichen EU-Verordnung REACH¹. Es herrscht jedoch Unklarheit, ob mit den bestehenden Mess- und Prüfmethoden auch die potenziellen Risiken von Nanomaterialien ausreichend erfasst werden können². Deshalb schlägt u. a. die EU-Kommission³, die OECD⁴ sowie die NanoKommission der deutschen Bundesregierung⁵ vor, die Messmethoden zum Nachweis und zur Charakterisierung von Nanomaterialien anzupassen bzw. zu entwickeln sowie Messstrategien am Arbeitsplatz und in der Umwelt unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung⁶ zu erarbeiten. Ein entsprechendes Arbeitsprogramm zur Überprüfung der Eignung konventioneller Testmethoden für Nanomaterialien läuft derzeit bei der OECD.

Zudem hat die OECD für eine Anzahl als repräsentativ angesehener Nanopartikel (darunter auch Carbon Black, SiO₂, ZnO und Silber) ein Testprogramm aufgestellt, im Zuge dessen neben spezifischen physikochemischen Eigenschaften wie z. B. dem Agglomerationsverhalten und der spezifischen Oberfläche auch (öko-) toxikologische Endpunkte sowie das Umweltverhalten dieser Nanomaterialien bestimmt werden.⁷ Ziel ist es, spezifische Endpunkte zusammenzustellen, die für Expositions- und Effektabschätzungen von Nanomaterialien relevant sind. In Anbetracht der derzeit noch existierenden Wissens- und Informationslücken hinsichtlich möglicher Risiken von Nanomaterialien wird von Seiten des Europäischen Parlaments empfohlen, den Umgang mit Nanomaterialien am Vorsorgeprinzip zu orientieren und die Herstellerverantwortung zu betonen.⁸

Das Vorsorgeprinzip ist ein international und national anerkannter Grundsatz, der in der Praxis insbesondere in Fällen anzuwenden ist, in denen aufgrund einer objektiven wissenschaftlichen Bewertung Grund für die Besorgnis besteht, dass die möglichen Gefahren für die Umwelt und Gesundheit von Menschen, Tieren oder Pflanzen nicht hinnehmbar oder mit einem hohen Schutzniveau unvereinbar sein können. Droht also die Gefahr irreversibler und schwerer Schäden für die Gesundheit von Menschen, Tieren oder Pflanzen sowie die Umwelt, und ist der Ursache-Wirkungs-Zusammenhang oder Umfang der Risiken eines Produktes oder Prozesses noch nicht nachgewiesen, so kann dies nicht als Grund für die Verzögerung von Maßnahmen angeführt werden. Gleichwohl können Vorsorgemaßnahmen nicht völlig grundlos erlassen werden, sondern für die Anwendung des Vorsorgeprinzips müssen zumindest erste wissenschaftliche Hinweise auf mögliche ernste oder irreversible Schäden oder eine wissenschaftlich plausible Risikohypothese vorliegen.

- 1 Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH); die Vorschrift kann u. a. heruntergeladen werden auf der Website „Reach-Helpdesk“ der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: www.reach-helpdesk.de.
- 2 Siehe dazu ausführlich zuletzt: Royal Commission on Environmental Pollution Novel Materials in the Environment: The case of nanotechnology, November 2008, S. 27 ff. Eingehender die Empfehlungen des wissenschaftlichen Beratungsgremiums der EU SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) aus dem Jahr 2005.
- 3 SCENIHR (2009), Risk assessment of products of nanotechnologies; Opinion adopted on 19 January 2009, http://ec.europa.eu/health/ph_risk/committees/04_scenihr/docs/scenihr_o_023.pdf.
- 4 OECD Working Party on Manufactured Nanomaterials (WPMN), Subgroup (SG) 4.
- 5 Die NanoKommission wurde Ende 2006 als zentrales nationales Dialoggremium der Bundesregierung geschaffen. Stakeholder aus Wissenschaft, Unternehmen, Umwelt- und Verbraucherorganisationen, Gewerkschaften, Ministerien und Behörden arbeiten gemeinsam an konkreten Lösungsansätzen zum verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien.
- 6 Vgl. hierzu auch den Bericht und die Empfehlungen der NanoKommission der deutschen Bundesregierung 2008 „Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien“, S. 38; Download unter www.bmu.de/gesundheits_und_umwelt/nanotechnologie/nanodiag/doc/print/42655.php.
- 7 OECD (2008): List of manufactured nanomaterials and list of endpoints for phase one of the OECD testing programme. Series on the safety of manufactured nanomaterials, number 6.

- 8 European Parliament (2009): Report on regulatory aspects of nanomaterials (2008/2208(INI); Committee on the Environment, Public Health and Food Safety; Rapporteur: Carl Schlyter.
- 9 SCENIHR (2009): Risk Assessment of Products of Nanotechnologies.
- 10 Einen Überblick über die Wirkungen auf aquatische und terrestrische Ökosysteme bieten die Ausführungen des Umweltbundesamtes, unter: www.photokatalyse.fraunhofer.de/Images/Leuschner_Rappolder_UBA_tcm24-2810.pdf.
- 11 Umweltbundesamt: Nanotechnik: Chancen und Risiken für Mensch und Umwelt, Hintergrundpapier, August 2006.
- 12 Siehe Fußnote 10.
- 13 Zhang, X., Sun, H., Zhang, Z., Niu, Q., Chen, Y. and Crittenden, J.C. (2007), Enhanced bioaccumulation of cadmium in carp in the presence of titanium dioxide nanoparticles, *Chemosphere*, 67, 160-166.
- 14 Siehe Fußnote 10.
- 15 Siehe Fußnote 10.
- 16 Die OECD hat 2006 eine „Working Party on Manufactured Nanomaterials (WPMN)“ gegründet, um die internationale Kooperation bei der Sicherheitsforschung zu Nanomaterialien im Hinblick auf Umwelt und Gesundheitsfragen zu fördern. Dazu wurde ein gerade beginnendes Untersuchungsprogramm „Safety Testing of a Representative Set of Manufactured Nanomaterials“ gestartet, dessen Ziel es ist, ein repräsentatives Set von hergestellten Nanomaterialien im Hinblick auf ihre human- und ökotoxikologischen Effekte mit Hilfe von geeigneten Testmethoden zu untersuchen. Zu den insgesamt 14 Nanomaterialien gehören u. a. folgende Stoffe: Silber-Nanopartikel, Titandioxid, Aluminiumdioxid, Zinkdioxid und Siliziumdioxid.
- 17 Vorbau, M., et al., Method for the characterization of the abrasion induced nanoparticle release into air from surface coatings. *Journal of Aerosol Science* (2008), doi: 10.1016/j.jaerosci.2008.10.006.

Die noch am Anfang stehenden Forschungen zum toxikologischen und ökotoxikologischen Verhalten von Nanomaterialien zeigen Hinweise, dass es zu Wechselwirkungen mit biologischen Systemen kommen kann. Für bestimmte Nanopartikel scheinen nach bisherigen Kenntnissen auch biologische Barrieren (wie z. B. die Blut-Hirn-Schranke) keine Hindernisse darzustellen.⁹ Hinsichtlich des ökotoxikologischen Verhaltens von bestimmten Nanomaterialien weisen erste Studien¹⁰ darauf hin, dass

- Nanopartikel mit antibakteriellen Eigenschaften (z. B. Nanosilber) negative Effekte in Kläranlagen hervorrufen können¹¹,
- **in aquatischen Ökosystemen**
 - bereits geringe Konzentrationen von Titandioxid-Nanopartikeln das Sterben von Wasserflöhen verursachen¹²,
 - das Wachstum von Grünalgen durch Nanosilber und Titandioxid-Nanopartikel gehemmt wird
 - die Aufnahme von Cadmium bei Karpfen durch Titandioxid-Nanopartikel erhöht wird¹³,
- **in terrestrischen Ökosystemen**
 - Zinkoxid-Nanopartikel Wachstumshemmung bei Getreide verursachen,
 - Aluminium-Nanopartikel das Wurzelwachstum von Mais, Gurke, Soja und Karotte verringern¹⁴,
- Nanosilber aufgrund seiner bakteriziden Wirkung die Mikrobiologie im Boden empfindlich stören kann¹⁵.

Die Kenntnisse über die Wirkungen von Nanopartikeln in der und auf die Umwelt sind noch geringer als über die Wirkung auf den Menschen, so dass deren Hersteller und Verwender auch im Hinblick auf Luftemissionen, Abfälle und Abwässer das Vorsorgeprinzip anwenden und den Eintrag so gering wie möglich halten sollten.

Dies sind jedoch nur erste Erkenntnisse. Viele Fragen hinsichtlich der human- und vor allem der ökotoxikologischen Wirkung von Nanomaterialien bleiben offen und müssen dringend geklärt werden.¹⁶ Nach dem Prinzip der Vorsorge ist dabei der gesamte Lebenszyklus von Nanomaterialien auf mögliche Risiken für Mensch und Umwelt zu untersuchen. Das umfasst auch den Verbleib und eine mögliche Freisetzung von Nanopartikeln am Ende des Lebensweges. Erste Untersuchungen zur Freisetzung von ZnO-Nanopartikeln aus Lacken (Parkettlack, Möbellack) während der normalen Nutzung zeigen, dass in dieser Lebensphase keine Freisetzung von Nanopartikeln auftritt.¹⁷

5 Design for Safety

In diesem Abschnitt werden Ansätze vorgestellt, die der Herstellung inhärent sicherer Substanzen bzw. Produkte und deren risikoarmer Verwendung dienen. Inhärent sicher bedeutet, bereits beim Design der Substanzen bzw. Produkte das human- und ökotoxikologische Risiko während des gesamten Produkt-Lebenszykluses zu minimieren.

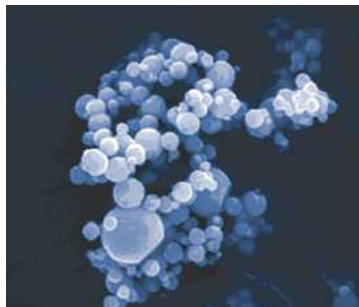
Da Risikominimierung immer eine integrierte Betrachtung aus Schadenswahrscheinlichkeit und Schadensausmaß erfordert, muss ein solcher Ansatz immer sowohl die Exposition von Mensch und Umwelt als auch das toxikologische Gefährdungspotenzial der verwendeten Nanomaterialien berücksichtigen. Aufgrund des derzeit noch lückenhaften Kenntnisstandes bezüglich des toxikologischen Gefährdungspotenzials von Nanomaterialien verfolgen die hier skizzierten Primärmaßnahmen zur Risikominimierung in erster Linie die Zielstellung, die Exposition der Menschen und der Umwelt und in zweiter Linie auch das (human- und öko-) toxikologische Wirkungspotenzial der verwendeten Nanomaterialien zu reduzieren.

5.1 Prozessführung in geschlossenen Anlagen

Durch eine geschlossene Betriebsführung von Anlagen bzw. Anlagenteilen, in denen Nanomaterialien entstehen oder verarbeitet werden, kann eine Exposition am Arbeitsplatz während des Normalbetriebs vermieden werden. Bestehende Anlagen mit offener Betriebsführung können durch eine Kapselung entsprechend nachgerüstet werden.

Auch bei einer Prozessführung in geschlossenen Systemen ist jedoch zu beachten, dass geschlossene Anlagen üblicherweise in regelmäßigen Abständen gereinigt und gewartet werden müssen. Hierbei ist in der Regel ein zeitweises Öffnen der Anlagen erforderlich, wodurch eine Exposition von Mensch und Umwelt prinzipiell möglich wird. Vor diesem Hintergrund ist bei Störungen einer geschlossenen Anlage besondere Sorgfalt geboten. Falls eine vollautomatische Reinigung bzw. Wartung nicht möglich ist, sollten beim Einsatz von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern die Maßnahmen zum Arbeitsschutz in der Produktion (vgl. Kapitel 6) berücksichtigt werden.

18 Im Internet abrufbar unter:
[www.vci.de/template_downloads/
tmp_VCIInternet/122306Nano_
Responsible_Production.pdf?DokNr=
122306&p=101](http://www.vci.de/template_downloads/tmp_VCIInternet/122306Nano_Responsible_Production.pdf?DokNr=122306&p=101).



Umicore AG & Co. KG



Evonik Industries AG

Darüber hinaus sollte ein ggf. erforderliches Aufwischen von Reststoffen grundsätzlich feucht oder im flüssigen Medium erfolgen, um ein Aufwirbeln von Staub und damit eine inhalative Exposition zu vermeiden.

Die Empfehlung einer Prozessführung im geschlossenen System ist auch ein wesentlicher Bestandteil bereits bestehender arbeitsschutzorientierter Leitfäden, z. B. des Leitfadens zur sicheren Herstellung von und bei Tätigkeiten mit Nanopartikeln an Arbeitsplätzen der BASF AG sowie des VCI-Leitfadens zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien¹⁸.

Zusätzlich zu den Unterbrechungen einer geschlossenen Prozessführung durch Reinigung und Wartung ist jedoch zu beachten, dass auch bei der Produktion in geschlossenen Anlagen Abfälle oder Nebenprodukte anfallen können, die kontinuierlich abgezogen werden müssen. Insofern kann es im Zuge der anschließenden Entsorgung dieser Abfälle zu einer Exposition von Menschen und insbesondere der Umwelt kommen. Problematisch können hier vor allem getrocknete Nanomaterialien sein, da sie bei Umfüll-, Transport- und Aufbereitungsprozessen ggf. staubförmige Emissionen verursachen und so möglicherweise die Arbeitssicherheit während der Entsorgung negativ beeinträchtigen.

Besonderes Augenmerk verdient ferner auch der Einsatz neuartiger Nanomaterialien, bei denen in der Regel noch nicht überprüft wurde, ob diese mit den vorhandenen Entsorgungsprozessen kompatibel sind. In diesem Zusammenhang ist es ratsam, vor dem Einsatz von neuen Substanzen bzw. Zubereitungen, die Nanomaterialien enthalten, gemeinsam mit dem jeweiligen Entsorgungsdienstleister eine geeignete Entsorgungsstrategie festzulegen.

5.2 Substitution pulverförmiger Stoffe und Zubereitungen

Falls eine geschlossene Betriebsführung nicht möglich ist, sollten materialbezogene Maßnahmen zur Expositionsminimierung ergriffen werden. Im Vordergrund steht hier die Vermeidung des inhalativen Expositionsweges, vor allem bei Nano-Objekten, deren toxikologisches Gefährdungspotenzial noch nicht abschließend geklärt ist.

Im Zuge einer vorsorgenden Expositionsminimierung sollten daher alle pulverförmigen Materialien und Zubereitungen mit relevanten Anteilen freier Nano-Objekte identifiziert werden, die neue oder unzureichend toxikologisch charakterisierte Nanomaterialien enthalten. Diese sollten nach Möglichkeit durch Pulver ohne freie Nano-Objekte, Granulate, Pasten oder Dispersionen substituiert werden. Ob in den vorliegenden pulverförmigen Stoffen oder Zubereitungen tatsächlich Nano-Objekte enthalten sind, kann dem Sicherheitsdatenblatt entnommen werden bzw. beim Hersteller erfragt werden (vgl. hierzu auch Abschnitt 6.1).

Wenn flüssige Dispersionen zum Einsatz kommen, sollte ferner darauf geachtet werden, dass beim Ein- und Umfüllen in die verfahrenstechnischen Geräte eine Aerosolbildung unterbunden wird.

5.3 Expositionsminimierung bei pulverförmigen (Roh- / Hilfs-) Stoffen

Ist eine Substitution pulverförmiger Stoffe und Zubereitungen nicht möglich, sollte bei allen offenen Arbeitsschritten wie Ein- und Umfüllen sowie Konfektionieren mittels technischer bzw. organisatorischer Maßnahmen die Exposition so weit wie möglich minimiert werden.

So kann bei den Arbeitsschritten zur Portionierung pulverförmiger Stoffe durch den Einsatz automatischer Sackentleerungsstationen die Exposition für die Mitarbeiter/innen minimiert werden. In diesem Zusammenhang empfiehlt sich auch eine Anfrage beim Hersteller, ob pulverförmige Stoffe bzw. Zubereitungen auch in kleinen Gebinden oder in Gebinden mit einzelnen Kammern geliefert werden können, um die Portionierung soweit wie möglich überflüssig zu machen.

Sollte dies nicht möglich sein, kann auch versucht werden, die Pulveranteile, die portioniert werden müssen, in wieder verschließbaren Gebinden zu ordern, beispielsweise in Säcken mit dem Reißverschlussystem „Rip’n’Zip“.



5.4 Verwendung von Substanzen mit einem niedrigen toxikologischen Risikopotenzial

In Ergänzung zu den genannten Maßnahmen zur Expositionsminimierung besteht ein weiterer Risikomanagement-Ansatz darin, Substanzen zu verwenden, die sich durch ein besonders niedriges toxikologisches Risikopotenzial auszeichnen.

Einen besonders hohen Stellenwert erhält dieser Ansatz vor allem dann, wenn eine Exposition von Mensch und Umwelt aus technischen oder organisatorischen Gründen nicht oder nicht ausreichend vermieden werden kann.

Nach derzeitigem Wissensstand ist ein vergleichsweise niedriges toxikologisches Risikopotenzial bei Nano-Objekten vor allem dann zu erwarten, wenn diese entweder ihre Nanoskaligkeit rasch „verlieren“ oder aber dauerhaft in einer Matrix fest eingebunden sind.¹⁹ Ein rascher „Verlust“ der Nanoskaligkeit erfolgt beispielsweise bei Substanzen, die

- sich in Wasser oder biologischen Medien in ihre atomaren, molekularen oder ionischen Bestandteile auflösen, d. h. über eine gute Löslichkeit verfügen bzw.
- durch biochemische oder physikalische Prozesse leicht in unbedenkliche Stoffe abgebaut werden können.

In diesem Zusammenhang wird empfohlen, bei den verwendeten Stoffen zu überprüfen, ob diese über eine so genannte „GRAS-Zertifizierung“ verfügen. GRAS steht für „generally recognized as safe“ (deutsch: „allgemein anerkannt als sicher“) und ist eine Bezeichnung der US-amerikanischen Lebensmittel- und Arzneibehörde FDA für Stoffe, die sich in umfangreichen Tests oder in einer langjährigen Praxis als gesundheitlich unbedenklich erwiesen haben. Eine Einstufung unter GRAS erfolgt nur dann, wenn unter den Experten Konsens bezüglich der Anwendungssicherheit besteht.



Melissa Schalkke © www.fotolia.de



Yuri Acuns © www.fotolia.de

¹⁹ Vgl. hierzu auch den Bericht und die Empfehlungen der Nano-Kommission, siehe Fußnote 4.

Die Liste der Substanzen mit GRAS-Status kann im Internet auf der Homepage der amerikanischen Federal Food and Drug Administration (FDA) eingesehen werden.²⁰ In der Regel handelt es sich bei diesen Stoffen um vergleichsweise naturnahe Chemikalien, die über eine gute Löslichkeit verfügen und / oder leicht abgebaut werden können.

Zweifelsohne handelt es sich bei der Empfehlung zur Verwendung von GRAS-Substanzen um ein sehr hohes Schutzniveau, das eine ganze Reihe von Substanzen von vornherein ausschließt. Es wird auch zur Kenntnis genommen, dass Wasserlöslichkeit bzw. leichte Abbaubarkeit für Lackinhaltsstoffe, welche auf die Funktionalität Substratschutz und Langzeitbeständigkeit zielen, eher kontraproduktiv ist. Kommen die Farben, Lacke oder Beschichtungen jedoch in Produkten zur Anwendung, bei denen ein direkter Lebensmittel- oder Hautkontakt nicht ausgeschlossen werden kann, ist ein solch hohes Schutzniveau durchaus angezeigt. Es wird in diesem Zusammenhang auch darauf hingewiesen, dass im Rahmen eines Risikodialogs zu Nano-Carrier-Systemen bei kosmetischen und medizinischen Anwendungen bereits gute Erfahrungen mit der Verwendung von Substanzen mit GRAS-Zertifizierung gesammelt werden konnten.²¹

Sollte aus funktionalen Gründen eine Beschränkung auf leicht lösliche bzw. abbaubare Substanzen nicht möglich sein, kommt der Matrixeinbindung der Nanomaterialien die entscheidende Rolle zu. Für eine ausreichende Risikovorsorge ist es dann unerlässlich, die Stabilität der Matrixeinbindung gegenüber diversen Umwelteinflüssen während der Nutzung (z. B. Abrasion, Temperatur, UV-Strahlung, Chemikalien, etc.) zu überprüfen und sicherzustellen.

²⁰ Vgl. www.cfsan.fda.gov/~rdb/opagras1.html.

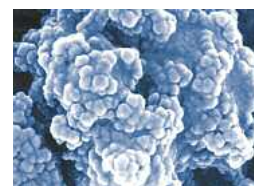
²¹ Vgl. www.oeko.de/conano.



Lioness © www.fotolia.de



Gleb Vinnikov © www.fotolia.de



Deutsche Amphibolin-Werke
von Robert Murjahn Stiftung & Co KG

6 Arbeitsschutz in der Produktion

Die Kenntnisse über die gesundheitlichen Auswirkungen von Nanopartikeln sind in den wenigsten Fällen ausreichend, um sichere Aussagen zu treffen, insbesondere hinsichtlich der langfristigen Wirkungen bei geringer aber andauernder oder häufiger Exposition. Daher sollte beim Arbeitsschutz das Vorsorgeprinzip Anwendung finden. Das bedeutet, es sollten beim Auftreten von Nanopartikeln möglichst weitreichende Schutzmaßnahmen ergriffen werden, solange keine gesicherten Erkenntnisse über die Ungefährlichkeit vorliegen.

6.1 Gefährdungsbeurteilung

Wird ein neuer Stoff bzw. ein Stoff mit neuen Eigenschaften hergestellt oder kommt ein bisher nicht verwendeter Stoff oder ein bereits eingesetzter Stoff, der aber neue Eigenschaften aufweist, zum Einsatz, ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen (siehe Gefahrstoffverordnung und TRGS 400). Das heißt, es ist zu beurteilen, welche möglichen Gefahren für die Beschäftigten mit diesem Stoff verbunden sind, um anschließend die entsprechenden Maßnahmen zum Arbeitsschutz festzulegen. Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung sind die Ergebnisse der Informationsermittlung. Bei der Informationsermittlung ist Folgendes in Erfahrung zu bringen:

- die Eigenschaften, die der Stoff aufweist, z. B. Neigung zur Staubbildung. Hierzu gehören bei oxidierbaren Materialien (z. B. bei Carbon Black) auch die Brand- und Explosionsgefahren.
- die Analysemethoden, z. B. zur Bestimmung der Belastung am Arbeitsplatz,
- die Stoffmenge, die anfällt, gelagert oder eingesetzt wird,
- die Art und Form, in der der Stoff anfällt, gelagert oder eingesetzt wird (Pulver, Paste, etc.). Bei Pulvern die Partikelgrößenverteilung und Struktur,
- die Tätigkeiten und Arbeitsschritte, bei denen es zu inhalativer, dermaler oder oraler Aufnahme durch Beschäftigte kommen kann oder bei denen andere Gefahren für Beschäftigte auftreten können, z. B. durch Brände oder Explosionen,
- die Substitutionsmöglichkeiten für gefährliche Stoffe oder gefährliche Verfahren, z. B. Verwendung von Granulaten, Pasten oder von Dispersionen anstelle von Pulvern,
- die Wirksamkeit der bereits getroffenen Schutzmaßnahmen gegenüber diesem Stoff.



Photobank © www.foto12.de

Als Quellen zur Informationsbeschaffung kommen insbesondere die Sicherheitsdatenblätter, die Mitteilungen des Herstellers (z. B. technische Merkblätter), die Angaben auf dem Produkt-Etikett, das technische und berufsgenossenschaftliche Regelwerk sowie Veröffentlichungen von Behörden und einschlägigen Organisationen (siehe Kapitel 10) in Betracht. Auch eigene Recherchen nach Literaturdaten sollten nicht vernachlässigt werden. Hilfreich ist sicher auch ein Blick in die Informationsplattform Nano-Sicherheit.de (www.nano-sicherheit.de) oder auf die Internetseite „www.nanopartikel.info“.

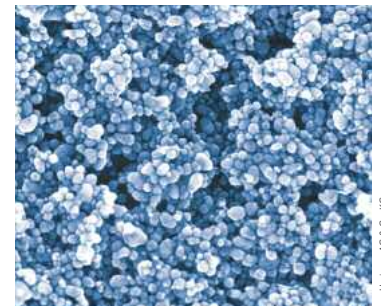
Allein auf die Angaben im Sicherheitsdatenblatt sollte man sich nicht verlassen, denn die Sicherheitsdatenblätter enthalten i.d.R. nicht alle erforderlichen Informationen. Um eine belastbare und nachvollziehbare Gefährdungseinschätzung vornehmen zu können, ist beispielsweise bei Pulvern die Kenntnis der Partikelgröße bzw. der Partikelgrößenverteilung erforderlich. Diese kann sich je nach Handhabung durch auftretende Scherkräfte verändern (Aggregate und Agglomerate brechen auf). Die erforderlichen Angaben sollten entweder ermittelt oder beim Hersteller nachgefragt werden.

6.2 Technische Maßnahmen

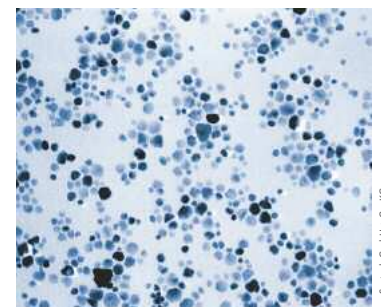
Bei den zu ergreifenden Maßnahmen stehen die technischen Maßnahmen an erster Stelle, da nach der Gefahrstoffverordnung/TRGS 500 prinzipiell die Vermeidung einer Exposition Vorrang hat vor dem Einsatz von persönlichen Schutzausrüstungen für die Beschäftigten.

Zu diesen Primärmaßnahmen gehören die Substitution von Stoffen mit gesundheitsgefährdenden Eigenschaften (z. B. die Verwendung von Granulaten, Pasten und Dispersionen anstelle von Pulvern) sowie der Einsatz von geschlossenen bzw. gekapselten Anlagen. Diese wurden bereits in Kapitel 5 ausführlich behandelt.

Werden Stoffe offen gehandhabt, z. B. beim Portionieren oder beim Einfüllen in einen Dissolver, und wenn die Freisetzung von Stäuben oder Dämpfen nicht ausgeschlossen werden kann, ist eine Quellenabsaugung mit anschließender Reinigung der Abluft vorzunehmen. Die Anlage sollte regelmäßig gewartet und deren Funktionsfähigkeit regelmäßig geprüft werden, damit ihre Wirksamkeit zum Schutz der Arbeitnehmer und der Umwelt ständig gewährleistet ist (siehe detaillierter in Abschnitt 8.2).



Umicore AG & Co. KG



Suretech GmbH + Co. KG

6.3 Organisatorische Maßnahmen

Die im Folgenden aufgeführten organisatorischen Maßnahmen sind als Ergänzung zu den technischen Maßnahmen zu betrachten:

- Um die Belastung der Arbeitnehmer zu dokumentieren (siehe auch Abschnitt 6.5), sollte eine Raumluftüberwachung (siehe auch Abschnitt 6.7) stattfinden, da für Nanopartikel noch keine gesundheitsbasierten Grenzwerte vorgeschrieben sind und die allgemeinen Staubgrenzwerte der TRGS 900 nicht zur Beurteilung ultrafeiner Stäube²² gelten. Einige Unternehmen führen solche Messungen regelmäßig durch, um Nachweise über die Belastung zu besitzen, falls ein Stoff zukünftig als gefährlich oder besonders gefährlich eingestuft werden sollte. Solche Nachweise helfen natürlich auch, falls bei Arbeitnehmern gesundheitliche Beschwerden auftreten sollten und Nanopartikel als Ursache nicht von vornherein ausgeschlossen werden können.
- Um die Anzahl der möglicherweise exponierten Arbeitnehmer so weit wie möglich zu begrenzen, sollten die einzelnen Arbeitsbereiche, in denen die Gefahr der Exposition mit Nanopartikeln besteht, abgegrenzt und entsprechend gekennzeichnet werden, z. B. durch das Anbringen von Warnhinweisen und Warnschildern (z. B. Bereiche, Räume und Kabinen, in denen gerade Pulver portioniert wird, mit dem Hinweis versehen: „Nur mit Atemschutz betreten!“). Außerdem sollte der Zutritt zu diesen Bereichen nur befugten Personen gestattet werden.
- Die Arbeitnehmer sind gezielt über die besonderen physikalischen Eigenschaften von Nanopartikeln, die möglichen Langzeitwirkungen von Stäuben und die Notwendigkeit von besonderen Maßnahmen aufzuklären. Dabei sind sie über die ergriffenen Maßnahmen zu unterrichten und auf die Pflicht zu deren Einhaltung hinzuweisen. Diese Unterweisungen sind regelmäßig zu wiederholen.
- Die Arbeitsplätze sind regelmäßig zu reinigen. Ablagerungen oder verschüttete Stoffe sind vorzugsweise feucht aufzuwischen. Bei größeren Mengen (z. B. Inhalt eines ganzen Sacks) kann auch aufgesaugt werden. Dabei sollten nur Industriestaubsauger mit entsprechend wirksamen Feinstaubfiltern zum Einsatz kommen (Wirksamkeit vom Hersteller bestätigen lassen).



Eve Deglajner © www.fotolia.de



Frank Peter Funke © www.fotolia.de

- Wie bei anderen Arbeitsstoffen ist auch beim Umgang mit Nanomaterialien eine Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen unerlässlich, z. B. durch Messungen der Exposition am Arbeitsplatz (siehe auch Abschnitt 6.7).
- Die notwendigen Maßnahmen und alle Hinweise, die für ihre Umsetzung und Einhaltung erforderlich sind, sind in die Arbeitsanweisungen, Betriebsanweisungen und Lagerregeln aufzunehmen.
- Da es sich bei Nanopartikeln um alveolengängige Stäube handelt, sind den exponierten Beschäftigten nach § 16 Abs. 3 der Gefahrstoffverordnung arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen anzubieten, und zwar unabhängig von der Höhe der Belastung bzw. vom Arbeitsplatzgrenzwert nach TRGS 900. Sollte für Arbeitnehmer, für die aufgrund bestimmter Tätigkeiten²³ eine besondere Gefahr der Exposition besteht, die Pflicht zur Durchführung arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen nicht bereits aus anderen Gründen bestehen, sollten sie zumindest für diese verpflichtend gemacht werden.

Außerdem sollte die Bereitstellung geeigneter Waschgelegenheiten, die Möglichkeit, die Straßenkleidung geschützt, also getrennt von der Arbeitskleidung, aufzubewahren sowie das Tragen sauberer Arbeitskleidung, die vom Arbeitgeber zu reinigen ist, selbstverständlich sein.

6.4 Personenbezogene Schutzmaßnahmen

Reichen die technischen Maßnahmen bei bestimmten Tätigkeiten nicht aus, um die Arbeitnehmer vor Expositionen mit synthetischen Nanopartikeln zu schützen, sind geeignete persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung zu stellen.

Zur Vermeidung inhalativer Exposition ist ein entsprechender Atemschutz vorzusehen. Für staubende Stoffe kommen Voll- oder Halbmasken mit P2- oder P3-Filtern, Partikelfiltergeräte mit Gebläse und Haube oder Helm (TH2P, TH3P), Partikelfiltergeräte mit Gebläse und Voll- oder Halbmaske (TM2P, TM3P), eventuell auch partikelfilternde Halbmasken FFP2 und FFP3 in Betracht.

Das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA) hat für P2-Filter eine Durchdringung von 0,2 % und bei P3-Filtern eine Durchdringung von 0,011 %, jeweils bezogen auf die Partikelzahl, gemessen. Die Tests wurden mit Natriumchlorid-Partikeln

22 Unter ultrafeinen Stäuben versteht man eine Staubfraktion mit einer Partikelgröße kleiner 0,1 µm Diffusionsäquivalentdurchmesser unter Einbeziehung ihrer Agglomerate und Aggregate.

23 Z. B. Portionieren von Pulvern, Einfüllen von Pulvern in Dissolver, bestimmte Reinigungs- und Instandhaltungsarbeiten.



zwischen 14 und 100 nm durchgeführt. Bei Versuchen mit Graphitpartikeln zwischen 12 und 100 nm wurden bei Faserfiltern Durchdringungen von ca. 8 % (Partikelgröße 100 nm) bis 0,00001 % (Partikelgröße 12 nm) gemessen, wobei Filter mit Cellulose geringere Durchdringungen aufwiesen als solche mit Glasfasern. Bei Tests von elektrostatischen Filtern (FPP3) mit Graphitpartikeln lag die MPPS (most penetrating particle size) bei rund 30 nm.

Die Ergebnisse lassen sich aber nicht generell auf andere Nanopartikel übertragen. Wirksamkeitstests für andere Nanopartikel wurden deshalb vom BGIA empfohlen. Diese Tests sollten durch die Hersteller von Filtern und Nanopartikeln durchgeführt werden. Es ist folglich zu empfehlen, bei der Anschaffung von Filtern und Filtermasken darauf zu achten, dass eine entsprechende Wirksamkeit gegenüber dem verwendeten Stoff vom Hersteller bestätigt ist. Voll- oder Halbmasken mit P1-Filtern, Partikelfiltergeräte mit Gebläse und Haube/Helm (TH1P), Voll- oder Halbmaske (TM1P) sowie partikelfilternde Halbmasken FFP1 werden allgemein als nicht geeignet zum Schutz vor Nanopartikeln angesehen, da die Durchlässigkeit zu hoch ist.

Bei der Verwendung von Atemschutzmasken sind die berufsgenossenschaftlichen Regeln „BGR 190 – Benutzung von Atemschutzgeräten“ zu beachten. Hier sind für die verschiedenen Filterklassen „Vielfache des Grenzwerts“ aufgeführt, bis zu deren Erreichen in der Luft ein Einsatz erfolgen kann. Da aber für Nanopartikel noch keine Grenzwerte aufgestellt sind, sollten die Schutzmaßnahmen besonders wirkungsvoll sein.

Da die Wirksamkeit insbesondere vom dichten Sitz abhängt, wird insbesondere die Verwendung von Masken empfohlen: Vollmasken mit P3-Filtern und Voll- oder Halbmasken mit Filtergerät und Gebläse (TM3P), wenn ein geringerer Einatemwiderstand gewünscht wird.

Hauben und Helme mit Filter und Gebläse (nur TH3P) können zwar auch Anwendung finden, dabei ist aber zu beachten, dass sie am Gesicht nicht so dicht abschließen wie Masken, so dass solche Systeme empfindlich sind gegen stärkere Umgebungsluftbewegungen sowie gegen Überatmen, d. h. das Einatemvolumen ist zeitweise höher als das vom Gebläse zur Verfügung gestellte Luftvolumen, besonders bei sehr schwerer Arbeit.

Sollten Hauben und Helme mit Filter und Gebläse TH2P verwendet werden, ist darauf zu achten, dass nur solche mit Warneinrichtung zum Einsatz kommen, da das Nachlassen der Gebläseleistung vom Träger ohne Warneinrichtung im Allgemeinen nicht zu bemerken ist. Bei deutlich reduzierter Gebläseleistung oder Totalausfall des Gebläses ist eine

nennenswerte Atemschutzfunktion nicht mehr zu erwarten. Die Kohlenstoffdioxidanreicherung unter dem Helm / Haube kann schnell so bedrohlich hoch werden und der Sauerstoffgehalt so stark absinken, dass Erstickungsgefahr entstehen kann.

Ein noch höheres Schutzniveau kann bei Bedarf durch umgebungs-luftunabhängige Atemschutzgeräte erreicht werden.

Sollten bei Tätigkeiten, bei denen ein Atemschutz erforderlich ist, Halbmasken getragen werden, sind auch die Augen zu schützen. Dabei sollten dicht schließende Korbbrillen zum Einsatz kommen (berufsgenossenschaftliche Regeln beachten: BGR 192 - Benutzung von Augen- und Gesichtsschutz).

Auch wenn im allgemeinen davon ausgegangen wird, dass Nanopartikel gesunde Haut nicht durchdringen können, sollten zum Schutz vor dermalen Exposition geeignete Schutzhandschuhe und Einwegschutzoveralls verwendet werden, da bei geschädigter (rauer) oder verletzter Haut das Risiko der Durchdringung wesentlich erhöht ist.

Bei Schutzhandschuhen aus Kunststoff (z. B. Neopren, Latex) ist die Wirksamkeit gegenüber Nanopartikeln sehr hoch. So konnte bei Versuchen mit Graphitpartikeln zwischen 20 und 100 nm keine Durchdringung gemessen werden. Dieses Ergebnis ist aber nicht auf Dispersionen und flüssige Zubereitungen übertragbar, so dass auch hier darauf geachtet werden sollte, dass eine entsprechende Wirksamkeit gegenüber dem verwendeten Material vom Handschuhhersteller bestätigt ist. Ansonsten sind bei der Verwendung von Schutzhandschuhen natürlich die berufsgenossenschaftlichen Regeln „BGR 195 - Benutzung von Schutzhandschuhen“ zu beachten.

Versuche mit Schutzanzügen aus Baumwolle, Polypropylen und Polyethylen (Tyvek®) haben gezeigt, dass solche aus Baumwolle und Polypropylen einen ca. 5 000 Mal höheren Durchlass für Graphitpartikel (40 bis 80 nm) aufweisen, als solche aus Tyvek®. Die Verwendung von Schutzanzügen aus Baumwollgewebe und Polypropylen sollte also vermieden werden. Vor der Anschaffung von Schutzanzügen aus anderen Materialien sollte ein geringer Durchlass gegenüber Nanopartikeln vom Hersteller bestätigt sein. Auch hier kann bei Bedarf ein höheres Schutzniveau erreicht werden, nämlich durch das Tragen von Chemikalienschutzanzügen.

Selbstverständlich sind hier ebenfalls die berufsgenossenschaftlichen Regeln zu beachten: „BGR 189 - Benutzung von Schutzkleidung“.



6.5 Dokumentation und eigene Datenbank

Eine verbindliche Vorgabe der Gefahrstoffverordnung ist die Dokumentation der Gefährdungsbeurteilung. Da für Nanopartikel bisher keine gesundheitsbasierten Grenzwerte aufgestellt werden können, ist es für eine spätere Beurteilung wichtig, auch alle anderen Daten, Maßnahmen und Erkenntnisse aufzuzeichnen. Hierzu sollte eine Datenbank aufgebaut werden, auf die zumindest die verantwortlichen Mitarbeiter Zugriff haben, und die dementsprechend folgendes enthalten sollte:

- die verwendeten Nanomaterialien und ihre Eigenschaften,
- eine Zusammenstellung der Sicherheitsdatenblätter und technischen Merkblätter,
- eine Sammlung der toxikologischen und epidemiologischen Daten,
- alle weiteren im Zusammenhang mit der Gefährdungsbeurteilung erhobenen oder recherchierten Daten, Dokumente und Regelwerke etc.,
- die Anzahl der Arbeitnehmer, die mit Nanomaterialien / Nanopartikeln umgehen oder Kontakt haben,
- die ergriffenen technischen, organisatorischen und personenbezogenen Schutzmaßnahmen,
- die Ergebnisse von Arbeitsplatz- und Raumluftmessungen,
- die sonstigen Ergebnisse von Wirksamkeitsüberprüfungen der Schutzmaßnahmen,
- die Arbeits- und Betriebsanweisungen sowie die Lagerregeln.

Darüber hinaus ist es sinnvoll, in diese Datenbank auch die Dokumente der eigenen Qualitätssicherung, zu Haftungsfragen im Schadensfall sowie die durchgeführten Qualitäts- und Sicherheitsstudien aufzunehmen.



6.6 Hinweise zu einzelnen Tätigkeiten

Portionieren von Pulvern

Bei der Portionierung von Pulvern mit relevanten Anteilen freier Nano-Objekte (z. B. aus Säcken) ist eine geeignete Quellenabsaugung unerlässlich. In einem Unternehmen fand das Portionieren beispielsweise vor einer Absaugwand statt. Insbesondere wenn die Pulver Anteile von Nanopartikeln enthalten, wäre allerdings das Arbeiten in einem abgetrennten Raum mit entsprechender Absaugung und Raumlüftung (leichter Unterdruck) besser. Statt eines eigenen Raums kann aber beispielsweise auch eine entsprechend abgesaugte Kabine aufgestellt werden. Beides hätte den Vorteil, dass selbst bei Störungen der Absaugung keine Staubemissionen in die anderen Arbeitsbereiche (z. B. Halle) gelangen würden. Damit ergäbe sich eine geringere Belastung der Beschäftigten, insbesondere derjenigen, die sich in der direkten Umgebung aufhalten, z. B. an den Dissolvern, und keine Atemschutzmasken tragen.

Beim Portionieren sollten Atemschutz (siehe Ausführungen im Abschnitt „Personenbezogene Schutzmaßnahmen“), ein Schutzanzug mit Kapuze sowie Schutzhandschuhe getragen werden. Wird eine Halbmaske verwendet, sollte zusätzlich ein dicht schließender Augenschutz (Korbbrille) getragen werden.

Einfüllen von Pulver in den Dissolver

Wird Pulver in den Dissolver überführt (z. B. Sackware), ist eine Vor-Ort-Absaugung vorzusehen, die entstehende Stäube soweit wie möglich erfasst. Insbesondere wenn das Pulver Anteile von Nanopartikeln enthält, sollten bei der Zugabe trotzdem zumindest Atemschutz und Schutzhandschuhe getragen werden (siehe Ausführungen in Abschnitt „Personenbezogene Schutzmaßnahmen“).

Das Öffnen von Behältnissen (z. B. Aufschneiden/Aufreißen von Säcken) sollte bereits unter der Absaugung erfolgen, um entstehende Stäube auch bei diesem Vorgang soweit wie möglich zu erfassen. Hierzu kann eine Vorrichtung dienen, die vor der Einfüllöffnung hochgeklappt und auf die z. B. der Sack so gelegt werden kann, dass das Aufschneiden/Aufreißen unter der Absaughaube erfolgt. Die Vorrichtung sollte keine scharfen Kanten aufweisen, damit der Sack beim Auflegen nicht aus Versehen aufgerissen werden kann. Achtung: Vor dem Entleeren des Sacks Belüftungsloch nicht vergessen.

Wird immer gleiches Material eingefüllt, sollte überlegt werden, ob es nicht sinnvoll wäre, einen Sackentleerer mit Dosierschnecke anzuschaffen, der auch als Vorratsbehälter dienen kann.

6.7 Arbeitsplatzmessungen und Raumlufüberwachung

Bislang existieren keine standardisierten Messverfahren zur Arbeitsplatzmessung und Raumlufüberwachung von Nanopartikeln.

Gängig sind Messungen der einatembaren und der alveolengängigen Partikelfraktion (BGIA-Arbeitsmappe, Methode 7284 und 6068). Da aber bei beiden Methoden Massenkonzentrationen bestimmt werden, sind sie hinsichtlich der Nanopartikel nur bedingt aussagekräftig. Denn die anteilige Masse von Nanopartikeln kann sehr gering sein, auch wenn die Partikelanzahl und damit die aktive Oberfläche groß ist.

Daher wird neben der Massenkonzentration auch die Partikelzahl und die Partikelgrößenverteilung gemessen. Zur Bestimmung der Partikelzahl stehen Kondensationskeimzähler (Condensation Particle Counter - CPC) zur Verfügung, die es auch in tragbarer Ausführung gibt. Die Partikelgrößenverteilung im Größenbereich von 3 bis 800 nm wird mit dem „Scanning Mobility Particle Sizer“ (SMPS) ermittelt. Durch Modifikation der Methode ist eine Ausweitung des messbaren Größenbereichs möglich; allerdings erfordert diese Methode einen hohen messtechnischen Aufwand.

Bei diesen Messungen sind industriell gezielt hergestellte Partikel nicht von Nanopartikeln aus anderen Quellen unterscheidbar. Bei der Beurteilung solcher Messungen ist daher die Hintergrundbelastung am Standort zu berücksichtigen.



Weiterhin kommen folgende aufwendige und in der alltäglichen betrieblichen Praxis, insbesondere bei KMUs wohl nicht routinemäßig einsetzbare Verfahren in Betracht:

- die Aerosol-Massenspektroskopie zur chemischen Online-Analyse von Partikeln und Aggregaten im Größenbereich über 100 nm,
- die Elektronenmikroskopie (Transmissionselektronenmikroskop - TEM / Rasterelektronenmikroskop - REM) zur Bestimmung der Größe, der Morphologie sowie der Teilchenstruktur,
- die energiedispersive Röntgen-Fluoreszenz-Analyse (EDX) in Verbindung mit der Elektronenmikroskopie zur stofflichen Bestimmung von Partikeln mit Auflösung der räumlichen Elementverteilung (quantitative Aussagen sind aber nur beschränkt möglich) sowie
- der Nano-Aerosol-Sampler (NAS), mit dem parallel zum SMPS Partikel im Größenbereich 1 bis 1 000 nm abgeschieden werden können, um sie anschließend mit TEM / EDX hinsichtlich Morphologie und Elementzusammensetzung zu charakterisieren (nur semiquantitative Auswertung möglich).

Zurzeit wird auf vielen Ebenen an Messmethoden geforscht. Die International Standardisation Organisation (ISO) und das Deutsche Institut für Normung (DIN) arbeiten beispielsweise an der Standardisierung arbeitsschutzrelevanter Rahmenbedingungen für Messverfahren, so dass hier laufend mit Neuerungen zu rechnen ist.²⁴

Insgesamt kann daher nur folgende Empfehlung ausgesprochen werden: Wenden Sie sich vor der Beauftragung von Messungen oder der Anschaffung von Messgeräten an die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) oder das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA). Beide unterstützen kleine und mittlere Unternehmen bei Messungen und kennen die neuesten Forschungsergebnisse.²⁵ Darüber hinaus plant die Aktionslinie Hessen-Nanotech die Veröffentlichung einer Broschüre zu NanoAnalytik²⁶, die im Rahmen der Schriftenreihe Hessen-Nanotech erscheinen wird.

²⁴ ISO: www.iso.org
DIN: www.din.de

²⁵ Anfragen können an das Informationszentrum der BAuA, Telefon / Fax: 0231 9071-2071 E-Mail: info-zentrum@baua.de und an den Fachbereich 3 „Gefahrstoffe: Umgang – Schutzmaßnahmen“ des BGIA, Dr.-Ing. Horst Kleine, Telefon: 02241 231-2570, E-Mail: horst.kleine@dguv.de gerichtet werden.

²⁶ NanoAnalytik. Broschüre im Rahmen der Schriftenreihe Hessen-Nanotech. Geplant für Anfang 2010.

7 Lagerung von Rohstoffen und Endprodukten

Nicht nur bei der Produktion, sondern auch bei der Lagerung von Nanomaterialien bzw. von Nanopartikel enthaltenden Pulvern sollten folgende Maßnahmen zum Arbeitsschutz ergriffen werden:

- Für die Lagerung sollten eigene Räumlichkeiten zur Verfügung stehen. Der Zugang sollte nur befugten Personen erlaubt sein.
- Paletten mit bei der Anlieferung bzw. Einlagerung beschädigten Gebinden oder einzelne beschädigte Gebinde sollten nicht ins Lager und schon gar nicht ins (Hoch)-Regal gestellt werden. Beschädigungen sollten vorher in einem separaten Raum behoben werden, z. B. durch Umfüllen in andere Gebinde. Beschädigte Sackware oder Big Bags sollten hingegen nicht umgefüllt, sondern mit einer zweiten Hülle (z. B. Kunststoffsack) umhüllt und verschlossen werden. Gleiches gilt natürlich auch, wenn Gebinde während der Lagerung beschädigt werden. Sie sollten nicht in beschädigtem Zustand im Lager verbleiben.
- Bei der Schadensbehebung ist an entsprechende Schutzmaßnahmen und -ausrüstungen zu denken.
- Verschüttete Stoffe sind vorzugsweise feucht aufzuwischen. Bei größeren Mengen (z. B. Inhalt eines ganzen Sacks) kann auch aufgesaugt werden. Dabei sollten nur Industriestaubsauger mit entsprechend wirksamen Feinstaubfiltern zum Einsatz kommen (Wirksamkeit vom Hersteller bestätigen lassen).
- Bereits einmal geöffnete Säcke (z. B. für die Portionierung) sollten getrennt von der noch geschlossenen Sackware aufbewahrt werden.
- Alle Maßnahmen und Vorschriften sind in die Lagerregeln / Betriebsanweisung aufzunehmen.
- Bei den typischen Aufreißsäcken tritt i. d. R. am „Verschluss“ noch Material aus. Daher wird empfohlen, beim Hersteller nachzufragen, ob die Materialien in Behältnissen geliefert werden können, bei denen dieser Effekt nicht auftritt: anderes Behältnis (z. B. Fass) oder anderer Verschluss.



Michael Homann © www.fotolia.de



Michael Homann © www.fotolia.de

Die Lagerung von Fertigprodukten ist in der Farben- und Lackbranche relativ unproblematisch, da es sich bei Farben und Lacken i. d. R. um Flüssigkeiten handelt, die nur geringe Anteile an Nanopartikeln enthalten. Natürlich sollten auch hier beschädigte Gebinde nicht im Lager verbleiben und keine ausgelaufenen Produkte in die Kanalisation oder die Umwelt gelangen können (siehe nächstes Kapitel).

8 Umweltschutzmaßnahmen

Die derzeit existierenden Leitfäden beinhalten fast ausschließlich Hinweise und Maßnahmen zum Arbeitsschutz. Der Umweltschutz wird kaum thematisiert. Da über die Wirkung von Nanopartikeln in der Umwelt bislang nur wenige Erkenntnisse vorliegen, können im Folgenden nur allgemeine Hinweise gegeben und Maßnahmen vorgeschlagen werden. Generell kann gesagt werden, dass der Eintrag in die Umwelt entsprechend dem Vorsorgeprinzip so gering wie möglich zu halten ist.

8.1 Abwässer

Einer der Wege für Nanopartikel, in die Umwelt zu gelangen, ist der Abwasserpfad. Denn entgegen der weit verbreiteten Vermutung, dass Nanopartikel im Abwasser vollständig agglomeriert vorliegen und in der Kläranlage abgeschieden werden, haben Schweizer Forscher bei Versuchen mit nanoskaligem Cerdioxid festgestellt, dass bis zu 6 % die Kläranlage als freie Nanopartikel wieder verließen.²⁷ Dieses Ergebnis könnte für andere Nanopartikel ebenso Gültigkeit besitzen, da dieser Effekt auf den seifenartigen Stoffen beruht, die die Bakterien im Belebtschlamm ausscheiden, um selbst untereinander keine Klumpen zu bilden. Diese „Antiklumpmittel“ sowie andere Abwasserinhaltsstoffe stabilisieren jedoch auch die Nanopartikel. Die gleichen Forscher zeigten auch, dass die Nanopartikel als solche im Klärschlamm an der Oberfläche der Bakterien angehäuften werden. Im Übrigen haben Forscher bereits synthetische Titandioxid-Nanopartikel in einem Schweizer Fluss nachgewiesen.²⁸

Vor dem Hintergrund der vorgenannten Forschungsergebnisse und den ersten Erkenntnissen zu toxikologischen Effekten von Nanopartikeln (siehe Kapitel 4), die auch in der Lack- und Farbenbranche eingesetzt werden, ist die Vornahme folgender Vorsichtsmaßnahmen zu bedenken:

²⁷ Limbach, LK., Bereiter, R., Müller E., Krebs, R., Gälli, R., Stark, WJ., Removal of Oxide Nanoparticles in a Model Wastewater Treatment Plant: Influence of Agglomeration and Surfactants on Clearing Efficiency, *Environmental Science & Technology*, 2008, 42 (15), S. 5828–5833.

²⁸ Mueller, N. und Nowack, B., Exposure Modeling of Engineered Nanoparticles in the Environment, *Environmental Science & Technology*, 2008, 42 (12), S. 4447–4453.



view7 © www.foto12.de

- Aus der Produktion und aus dem Lager bzw. den Lagerbereichen für Roh- und Hilfsstoffe, für Endprodukte und für Abfälle sollte kein belastetes Ab- oder Regenwasser in die öffentliche Kanalisation, ein Gewässer oder den Boden gelangen.
- Um den Eintrag von Nanomaterialien in Gewässer zu verhindern, sollten keine direkten Einlaufmöglichkeiten von unbehandeltem Abwasser in die öffentliche Kanalisation oder einen Vorfluter bestehen. Sind solche doch vorhanden, beispielsweise Regenwasserabläufe in Freilagerbereichen, sollten die Einläufe mit Einlaufsperrern versehen sein, die ein gezieltes Abfließen bzw. ein Absperren zulassen. Außerdem sollte in den Produktionsbereichen und in den Lagern durch Aufkantung verhindert werden, dass z. B. Reinigungsabwässer unbeabsichtigt diese Bereiche verlassen und in die Kanalisation, ein Gewässer oder den Boden gelangen können.
- Für den Fall von Brandereignissen sind sowohl für die Produktionsstätten als auch für Lager und Lagerbereiche geeignete Maßnahmen vorzusehen, damit kein belastetes Löschwasser in die Kanalisation oder die Umwelt gelangen kann. Hierzu gehören z. B. Löschwassersperrern für Regenwassereinläufe und eine ausreichend dimensionierte Löschwasserrückhaltung entsprechend der Richtlinie zur Bemessung von Löschwasserrückhalteanlagen beim Lagern wassergefährdender Stoffe (LÖRÜRL).
- Um kein Abwasser in öffentliche Kläranlagen oder Vorfluter zu leiten, sammeln einige Unternehmen ihr Abwasser und entsorgen es als Abfall. Andere betreiben eine Vorklärung mit chemischer Fällung und Filtration (Kammerfilterpresse), manche pressen ihr Abwasser nach der Fällung noch durch eine Membrane. Der anfallende Filterkuchen wird als Abfall entsorgt, das Abwasser in die örtliche Kläranlage geleitet. Vorgereinigtes Abwasser sollte aber auf keinen Fall in eine Gemeindekläranlage eingeleitet werden, deren Klärschlamm noch zu Düngungszwecken weitergenutzt wird.

8.2 Abluftreinigung

Die Abluft der Quellenabsaugungen sollte nur über geeignete Abluftreinigungssysteme mit hohen Abscheidegraden ins Freie geleitet werden. Für feinste Stäube (Nanopartikel) sollten aus Gründen des vorsorgenden Umweltschutzes nur sog. HEPA-Filter (High Efficient Particulate Air) und ULPA-Filter (Ultra Low Penetration Air) zum Einsatz kommen. Diese sind zur Abscheidung gut geeignet, denn sie weisen hohe Abscheidegrade gegenüber feinsten Partikeln (bis 1 nm) auf (siehe Tabelle unten).

Filter	Filterklasse DIN EN 1822	Mittlerer Abscheidegrad * (gravimetrisch) [%]
HEPA	H 13	> 99,95
HEPA	H 14	> 99,995
ULPA	U 15	> 99,9995
ULPA	U 16	> 99,99995
ULPA	U 17	> 99,999995

* Partikel von 0,1 bis 0,3 μm sind unter normalen Betriebsbedingungen in einem Schwebstofffilter am schwersten abzuscheiden. Deshalb wird bei der Filterklassifizierung der Abscheidegrad bei diesem Punkt - dem MPPS (most penetrating particle size) - angegeben.

Filterklasseneinteilung von HEPA- und ULPA-Filtern

Die Abreinigung des Filters sollte druckdifferenzgesteuert erfolgen, da eine zeitgesteuerte Abreinigung bei diskontinuierlicher Filterbeladung zu höheren Emissionen führen kann. Nach jeder Abreinigung steigt die reingasseitige Partikelkonzentration sprunghaft an. Je mehr Abreinigungen also stattfinden, desto höher ist die mittlere Partikelkonzentration im Reingas. Eine Filterabreinigung sollte also nur dann erfolgen, wenn sie notwendig ist, und dies wird i.d.R. am besten über die Druckdifferenz gesteuert. Außerdem wirkt sich seltenes Regenerieren positiv auf das Betriebsverhalten, insbesondere auf die Standzeit des Filtermediums aus.²⁹

²⁹ Schmidt, E.; Löffler, F.: Filternde Abscheider, in: Brauer, H. (Hrsg.), Additiver Umweltschutz: Behandlung von Abluft und Abgasen, Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik, Bd. 3, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 1996.



Zum Austragen und Sammeln der abgereinigten Partikel werden von den Herstellern die unterschiedlichsten Systeme angeboten (z. B. Austrag mittels Doppelklappenschleuse, Förderschnecke oder pneumatischer Systeme). Bei der Anschaffung sollte daher unbedingt darauf geachtet werden, dass der Austrag staubfrei erfolgt, der Sammelbehälter dicht ist und ein Wechsel des Sammelbehälters bzw. des in ihm befindlichen Auffangbehältnisses (z. B. Kunststoffstoffsack) staubfrei durchführbar ist.

Gleiches gilt für den Filterwechsel. Auch dieser sollte staubfrei durchgeführt werden können. Hierzu bieten die Hersteller verschiedene Wechseltechniken an (z. B. mittels Kunststoffschuttsack bei Filterzellen).

8.3 Abfallentsorgung

Derzeit kann nicht ausgeschlossen werden, dass Nanopartikel aus Abfällen - zu denen auch die Schlämme aus der betriebseigenen Kläranlage oder der Vorklärung gehören - durch Auswaschen in den Boden und das Grundwasser sowie in Oberflächengewässer gelangen und dort - wie oben in Kapitel 4 bereits geschildert - ggf. Umweltbeeinträchtigungen hervorrufen können.

Nach § 16 Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG) trägt der Abfallerzeuger bis zur endgültigen Entsorgung seiner Abfälle die Verantwortung - unabhängig davon, ob seine beauftragten Beförderer und Entsorger Entsorgungsfachbetriebe sind oder nicht. Zu den Pflichten des Abfallerzeugers gehört es auch, sich positive Gewissheit darüber zu verschaffen, ob der in Aussicht genommene Abfallentsorger tatsächlich im Stande ist, die Abfälle zu entsorgen.

Angesichts dieser Lage sollten die Abfallerzeuger im Rahmen ihrer Verantwortung überprüfen, welche Abfallentsorgungswege sie wählen. Ein Weg ist es, Nanopartikel enthaltende Abfälle vorsorglich wie gefährliche Abfälle zu entsorgen.

Über die allgemein geltenden gesetzlichen Regelungen hinaus sollten folgende zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden:

- Da in der Verordnung über das Europäische Abfallverzeichnis (Abfallverzeichnis-Verordnung – AVV) keine besonderen Schlüsselnummern zur Kennzeichnung für Nanopartikel enthaltende Abfälle enthalten sind, sollten diese zur Information des Abfallentsorgers zusätzlich gekennzeichnet werden.
- Werden die Abfälle vom Entsorger deponiert, sollte darauf gedrungen werden, dass dies auf einer Sonderabfalldeponie nach dem neuesten Stand der Deponietechnik geschieht.
- Bei Abfällen, die verbrannt werden, sollte – unabhängig davon, ob es sich um eine Beseitigung oder eine energetische Verwertung handelt – darauf bestanden werden, dass dies in Anlagen geschieht, die zumindest hinsichtlich der Staubemissionen wesentlich geringere Emissionswerte aufweisen als es die 17. Bundes-Immissionsschutzverordnung vorschreibt. Einige Anlagen erreichen hier Tagesmittelwerte unter 1 mg/m^3 . Vorgeschrieben ist lediglich die Einhaltung eines Tagesmittelwertes von 10 mg/m^3 .
- Werden Abfälle extern stofflich verwertet, sollte darauf geachtet werden, dass die Verwertung keine höheren Emissionen von Nanopartikeln in Luft, Wasser und Boden verursacht als die Beseitigung. Besonderes Augenmerk sollte darauf gerichtet werden, dass die Nanopartikel nicht in ein Produkt gelangen, aus dem sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder freigesetzt werden können und dass keine Anreicherung von Nanopartikeln in einem Produkt erfolgt.

Ein internes Recycling von Nanomaterialien findet bei Verwenden dieser Materialien i.d.R. nicht statt. Im Hinblick auf die Vermeidung von Abfällen mit Nanomaterialien ist die jetzt schon übliche Praxis, Fehlchargen von Farben und Lacken wieder in den Produktionsprozess zurückzuführen und neuen Produkten nach und nach zuzumischen, zu begrüßen.



9 Kommunikation in der Wertschöpfungskette

Angesichts der derzeit noch vorhandenen Wissensdefizite stellt die Kommunikation der bereits verfügbaren sicherheitsrelevanten Informationen innerhalb der Wertschöpfungskette einen wesentlichen Erfolgsfaktor für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien in der Farben- und Lackbranche dar. Im folgenden Abschnitt werden daher zunächst die Informationsdefizite eines typischen nachgeschalteten Anwenders innerhalb der Produktionskette sowie bei Endkunden charakterisiert. Im Anschluss daran werden konkrete Empfehlungen zusammengestellt, wie das Sicherheitsdatenblatt als das zentrale Instrument zur Informationsweitergabe innerhalb der Wertschöpfungskette an die nanospezifischen Informationsbedürfnisse adaptiert werden kann. In Ergänzung zu den Informationen eines angepassten Sicherheitsdatenblattes werden die Merkmale und Vorzüge eines (noch zu schaffenden) Nano-Gütesiegels skizziert.



dani kreinbühl © www.fondia.de



Comstock

9.1 Informationsdefizite

Anders als bei den Herstellern von Nanomaterialien handelt es sich bei den nachgeschalteten Anwendern in der Farben- und Lackbranche üblicherweise um KMUs. Ähnlich wie die Endverbraucher verbinden sie mit nanotechnologischen Produkten und Anwendungen mehrheitlich positive Erwartungen, die sich z. B. in Form von neuen Funktionalitäten, verbesserter Qualität einer bestehenden Funktion äußern oder aber als Kosteneinsparungspotenzial genutzt werden können. Andererseits fühlen sich die nachgeschalteten Anwender sowohl in Hinblick auf die Chancen als auch bezüglich der möglichen Risiken nicht umfassend informiert.

So sehen sich die Anwender zunächst mit der Frage konfrontiert, ob ein vom Hersteller als ein Nanoprodukt beworbener Roh- oder Hilfsstoff tatsächlich Nanomaterialien beinhaltet. Falls dem so ist, stellt sich dann unmittelbar die Frage, welche Anpassungen beim Arbeitsschutz erforderlich sind. Selbst wenn aufgrund der vorhandenen Expertise der hausinternen Prozesse hier geeignete Risikomanagementmaßnahmen für den neuen nanoskaligen Stoff gefunden werden können, ergeben sich bei den nachgelagerten Prozessstufen weitere Herausforderungen. Zum einen ist zu klären, welche sicherheitsrelevanten Informationen bezüglich des verarbeiteten Stoffes an die eigenen Kunden weitergegeben werden sollen. Zum anderen beinhaltet ein dem Vorsorgeprinzip verpflichteter Umgang mit Nanomaterialien auch eine Wei-

tergabe sicherheitsrelevanter Informationen an die Entsorgungsdienstleister, sofern nicht ausgeschlossen werden kann, dass die bei der Produktion entstehenden Abfälle Nanomaterialien enthalten. Dies wiederum setzt detaillierte Kenntnisse bezüglich der verwendeten Nanomaterialien sowie im Zuge der Anwendung ggf. stattfindenden physikalisch-chemischen Veränderungen voraus.

9.2 Sicherheitsdatenblatt

REACH fordert von den Herstellern und Importeuren von Stoffen und Zubereitungen sicherheitsrelevante Informationen zu Stoffen und Zubereitungen³⁰ an nachgeschaltete Anwender zur Verfügung zu stellen, wobei die genauen Pflichten zur Informationsweitergabe innerhalb der Lieferkette im Einzelnen in Abschnitt IV von REACH verankert sind.

Sicherheitsdatenblätter enthalten Sicherheitshinweise für den Umgang mit gefährlichen Substanzen. Daneben müssen die erweiterten Sicherheitsdatenblätter unter REACH auch Informationen über Risiken und Risikomanagementmaßnahmen sowie Expositionsszenarien enthalten. In der Europäischen Union und in vielen anderen Ländern müssen solche Datenblätter von Herstellern und Importeuren von Gefahrstoffen und von Zubereitungen, die diese Gefahrstoffe über bestimmte Mengengrenzen hinaus enthalten, ihren Kunden zur Verfügung gestellt werden. In der Regel werden aber für alle chemischen und biologischen Produkte Sicherheitsdatenblätter erstellt, um den Abnehmer der Produkte auch über eine etwaige Ungefährlichkeit zu informieren. Das Sicherheitsdatenblatt stellt das zentrale Kommunikationsinstrument zwischen Lieferanten und Abnehmern eines Stoffes oder einer Zubereitung dar.

Im Auftrag des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) wurde ein REACH-Praxisführer erstellt, der unter anderem wichtige Punkte zusammenfasst, die bei der Erstellung von Sicherheitsdatenblättern zu beachten sind sowie die Kommunikationspflichten innerhalb der Lieferkette näher erläutert (Bunke et al. 2008).

30 Ein Sicherheitsdatenblatt ist gefordert für Stoffe oder Zubereitungen, die als gefährlich gemäß den Richtlinien 67/548/EWG oder 1999/45/EG eingestuft sind, und für Stoffe, die persistent, bioakkumulierbar und toxisch oder sehr persistent und sehr bioakkumulierbar sind.

31 Dieser Leitfaden kann im Internet auf der Homepage des VCI bezogen werden: www.vci.de/template_downloads/tmp_VCIInternet/122313Leitfaden_Sicherheitsdatenblatt_03.2008.pdf?DokNr=122313&p=101

Im April 2007 kam ein vom VCI veranstalteter Stakeholderdialog zu Nanomaterialien am Arbeitsplatz zu dem Ergebnis, dass das Sicherheitsdatenblatt auch bei Nanomaterialien als zentrales Instrument der Informationsweitergabe in der industriellen Lieferkette grundsätzlich geeignet ist. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurde aber auch festgehalten, dass im Einzelfall eine Anpassung an die spezifischen Sicherheitsaspekte von Nanomaterialien erforderlich werden kann. Insbesondere die Abschnitte zu den physikalisch-chemischen Eigenschaften sowie zu Arbeits- und Umweltschutz bedürfen ggf. einer Ergänzung um nanospezifische Aspekte.

Um die Hersteller von Nanomaterialien bei dieser Aufgabe zu unterstützen, wurde vom VCI ein „Leitfaden zur Informationsweitergabe in der Lieferkette beim Umgang mit Nanomaterialien über das Sicherheitsdatenblatt“ erarbeitet.³¹ Dieser Leitfaden wurde im März 2008 veröffentlicht und dient als nanospezifische Ergänzung des allgemeinen „Leitfaden Sicherheitsdatenblatt des VCI“ vom 28. Juni 2007. Der VCI empfiehlt den Herstellern von Nanomaterialien die Umsetzung der in Abschnitt II des Leitfadens zusammengestellten „Checkliste zur Erstellung und Nutzung des Sicherheitsdatenblatts beim Umgang mit Nanomaterialien“. Diese Checkliste behandelt grundsätzlich alle Abschnitte eines Sicherheitsdatenblattes. Die folgenden Angaben zu den physikalisch-chemischen Eigenschaften sind aber besonders hervorzuheben, da sie für Anwendungen in der Farben- und Lackbranche wesentliche Determinanten für das human- und ökotoxikologische Risiko darstellen:

- Partikeldurchmesser,
- Partikelgrößenverteilung,
- Wasserlöslichkeit,
- Verteilungskoeffizient n-Oktanol / Wasser,
- Morphologie,
- Kristallphase,
- Form,
- spezifische Oberfläche,
- Oberflächenstruktur und Oberflächenmodifikation (z. B. Oberflächenladung, Coating, Hydrophilie / Hydrophobie, etc.),
- Agglomerationsverhalten im unbehandelten Medium und in Zubereitungen,
- Staubigkeit,
- Potenzial zur Radikalbildung,
- photokatalytische Aktivität.

Aus Arbeitsschutzgesichtspunkten sollte ein Sicherheitsdatenblatt auch spezielle Empfehlungen für Risikomanagementmaßnahmen in Hinblick auf expositionsrelevante Arbeitsschritte bei der Handhabung und Lagerung von Nanomaterialien enthalten. Wichtig ist auch der Hinweis, dass der allgemeine Staubgrenzwert nicht zur Beurteilung ultrafeiner Stäube gilt und daher eine Expositionsminimierung anzustreben ist.

In Hinblick auf das ökologische und ökotoxikologische Risiko dürfen auch Angaben zum Verhalten und Verbleib in der Umwelt (z. B. in Form eines Adsorptions- / Desorptions-Screenings) sowie zur Bioakkumulation in Wasserlebewesen nicht fehlen.

Die genannten Angaben implizieren ggf. noch erforderliche zusätzliche Untersuchungen über die REACH-Anforderungen hinaus. Konkret bedeutet dies für die Hersteller bzw. Inverkehrbringer von Nanomaterialien die Sammlung von Gefährdungsinformationen entsprechend der REACH-Anhänge VIII, IX und X.

Sowohl bezüglich der human- als auch der ökotoxikologischen Fragestellungen sollte daher das Sicherheitsdatenblatt auch explizit Hinweise auf noch vorhandene Datenlücken sowie ggf. auf aktuell laufende wissenschaftliche Toxizitätsstudien enthalten.

Auch wenn die Weitergabe des Sicherheitsdatenblattes an Endverbraucher nicht vorgeschrieben ist, wird dieses aber in der Praxis auf Anfrage meist zur Verfügung gestellt. Aus diesem Grund sollte das Dokument so verfasst sein, dass es auch von Endverbrauchern verstanden werden kann.



9.3 Nano-Gütesiegel

In Ergänzung zu der Weitergabe der Informationen zu Bewertung und Management human- und ökotoxikologischer Risiken sollte seitens der Hersteller und Inverkehrbinger die Schaffung eines Nano-Gütesiegels geprüft werden. Bestandteile eines solchen Gütesiegels könnten sein:

32 Die Testanforderungen unter REACH richten sich nach den Produktions- bzw. Importvolumen (vgl. REACH Anhang VII bis X). Der Basisdatensatz umfasst eher wenige akute Tests, danach folgen dann (für höhere Produktionsvolumina) zusätzliche akute und chronische Tests.

- 1** Der Stoff oder die Zubereitung enthält Nanomaterialien gemäß ISO/TS 26787:2008.
- 2** Die verwendeten Nanomaterialien wurden unter Anwendung des Vorsorgeprinzips im Vergleich zu den Standardanforderungen³² nach REACH zusätzlichen human- und ökotoxikologischen Tests und Analysen unterzogen; zusätzlich ist dabei die Bereitstellung des Standarddatensatzes zu fordern, unabhängig davon, ob die Mengenschwelle von einer Tonne überschritten wird und die Erstellung von Expositionsszenarien für alle intendierten Anwendungen des Nanomaterials erforderlich sind.
- 3** Die im Rahmen dieser zusätzlichen Tests und Analysen gewonnenen Informationen sowie die daraus abgeleiteten Risikomanagementmaßnahmen ermöglichen eine sichere Verwendung und werden über das Sicherheitsdatenblatt in einer verständlichen Form innerhalb der Wertschöpfungskette kommuniziert. Dabei werden auch Angaben zu allen im vorigen Kapitel aufgeführten Determinanten für das human- und ökotoxikologische Risiko gemacht (z. B. Partikelgröße, Partikeldurchmesser, etc.).

Auf diese Weise ermöglicht ein solches Nano-Gütesiegel zum einen den Schutz vor einer missbräuchlichen Verwendung des Begriffes „Nano“ durch unseriöse Hersteller, und zum anderen eine freiwillige über den derzeitigen Stand von REACH hinausgehende Sicherheitsprüfung der Nanomaterialien.



Franz Pfluegl © www.fotolia.de

© www.fotolia.de

Um die Glaubwürdigkeit und die Akzeptanz eines solchen Gütesiegels sicherzustellen, sollte dieses von einer unabhängigen und in der Lack- und Farbenbranche allgemein anerkannten Institution vergeben und überprüft werden. Dies könnten z. B. unabhängige branchenspezifische Experten oder das Deutsche Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V. sein.

Darüber hinaus wäre es zu begrüßen, wenn das Siegel auch seitens der Behörden mitgetragen wird. Schließlich sollten alle mit einem solchen Qualitätssiegel ausgezeichneten Stoffe und Zubereitungen in einer öffentlich zugänglichen Datenbank (z. B. im Internet) gelistet werden, um den Anwendern die Identifizierung solcher Produkte zu erleichtern.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es sich bei den genannten Eckpunkten für ein Nano-Gütesiegel um eine erste skizzenhafte Beschreibung handelt. Für eine Umsetzung in die Praxis bedarf diese einer weiteren Konkretisierung, die den Umfang des vorliegenden Leitfadens sprengen würde.

Als einen ersten Schritt in Richtung gemeinsamer Qualitätsstandards entwickelte der Verband forumnano gemeinsam mit Wissenschaftlern der Universität des Saarlandes ein Nano-Gütesiegel. Ziel des Siegels ist die positive Kennzeichnung der Qualität von Produkten – für Geschäftspartner und Verbraucher. In einer sechsmonatigen Pilotphase wurden erste Siegel an Mitgliedsunternehmen von forumnano vergeben.

10 Informationsquellen

Angaben zu Informationsquellen (Institutionen, Verbände, Forschungseinrichtungen, etc.), die sich mit bestimmten Themen, die mit „Nanomaterialien“ im weitesten Sinne zu tun haben, beschäftigen, und bei denen man auch zukünftig Infos zu neueren Erkenntnissen (z. B. über Gesundheitsgefahren, Schutzvorkehrungen etc.) bekommen kann.

- BASF AG, **Leitfaden zur sicheren Herstellung und bei Tätigkeiten mit Nanopartikeln an Arbeitsplätzen in der BASF AG**, Ludwigshafen o.J.
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) / Verband der Chemischen Industrie (VCI), **Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz**, Berlin / Dortmund / Frankfurt, August 2007
- **Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)**, Friedrich-Henkel-Weg 1-25, 44149 Dortmund
Telefon 0231 9071-0, Fax: -2454
poststelle@baua.bund.de, www.baua.de
- Bunke, D.; Groß, R.; Schneider, K. et al., **REACH Praxisführer**, Hilfestellungen für Unternehmen zur Stoffsicherheitsbewertung, zum Stoffsicherheitsbericht, zur Kommunikation in der Produktkette und zur Ausgestaltung des Sicherheitsdatenblattes und seiner Anhänge, Freiburg, 2008
- Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung
 - **Informationsplattform Nano-Sicherheit.de**
(www.nano-sicherheit.de)
 - **Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech**
 - **Band 4: NanoKommunikation**
Leitfaden zur Kommunikation von Chancen und Risiken der Nanotechnologien für kleine und mittelständische Unternehmen in Hessen, Wiesbaden, 2008
 - **Supplement zum Leitfaden NanoKommunikation**
Innovationsfördernde Good-Practice-Ansätze zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien, Wiesbaden, Mai 2008

- **Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (BGIA)**, früher Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (BIA)
 Alte Heerstraße 111, 53757 Sankt Augustin
 Telefon 02241 231-02, Fax: -2234, bgia@dguv.de, www.dguv.de/bgia
- Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), **Anwendung von Nanopartikeln** – Analyse Teilbereich Chemikaliensicherheit, Technischer Arbeitsschutz, Karlsruhe, Juli 2007
- NanoKommission, Bericht und die Empfehlungen der NanoKommission der deutschen Bundesregierung 2008 „**Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien**“, Bonn / Berlin, November 2008; Download unter:
www.bmu.de/gesundheits_und_umwelt/nanotechnologie/nanodialog/doc/print/42655.php
- **Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva)**, Luzern
www.suva.ch/nanopartikel
- **Verband der Chemischen Industrie (VCI)**
 Mainzer Landstraße 55, 60329 Frankfurt
 Telefon 069 2556-0, Fax: -1471, info@vci.de, www.vci.de

u. a. folgende Leitfäden:

 - Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz, 2007
 - Abgestufte Sammlung von Gefährdungsinformationen zur Risikobeurteilung von Nanomaterialien, 2008
 - Informationsweitergabe in der Lieferkette beim Umgang mit Nanomaterialien über das Sicherheitsdatenblatt, 2008
 - Umsetzung von Responsible Care für eine verantwortliche Herstellung und Anwendung von Nanomaterialien, 2008

Download unter www.vci.de/Nanomaterialien



Band 1 Einsatz von Nanotechnologie in der hessischen Umweltechnologie
Innovationspotenziale für Unternehmen

Uses of Nanotechnology in Environmental Technology in Hessen
Innovation potentials for companies

Band 2 Nanomedizin
Innovationspotenziale in Hessen für Medizintechnik und Pharmazeutische Industrie

Band 3 Nanotechnologie im Auto
Innovationspotenziale in Hessen für die Automobil- und Zuliefer-Industrie

Nanotechnologies in Automobiles
Innovation Potentials in Hesse for the Automotive Industry and its Subcontractors

Band 4 NanoKommunikation
Leitfaden zur Kommunikation von Chancen und Risiken der Nanotechnologien für kleine und mittelständische Unternehmen in Hessen
Supplement zum Leitfaden NanoKommunikation
Innovationsfördernde Good-Practice-Ansätze zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien

Band 5 Nanotechnologien für die optische Industrie
Grundlage für zukünftige Innovationen in Hessen

Band 6 NanoProduktion
Innovationspotenziale für hessische Unternehmen durch Nanotechnologien im Produktionsprozess

Band 7 Einsatz von Nanotechnologien in Architektur und Bauwesen

Band 8 NanoNormung
Normung im Bereich der Nanotechnologien als Chance für hessische Unternehmen

Band 9 Einsatz von Nanotechnologien im Energiesektor
Nanotechnology Applications in the Energy Sector

Band 10 Werkstoffinnovationen aus Hessen
Potenziale für Unternehmen

Band 11 Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche
Ein Betriebsleitfaden

Band 12 Nanotech-Kooperationen
Erfolgreiche Kooperationen für kleine und mittlere Nanotechnologie-Unternehmen

Band 13 Mikro-Nano-Integration
Einsatz von Nanotechnologie in der Mikrosystemtechnik

Band 14 Materialeffizienz
durch den Einsatz von Nanotechnologien und neuen Materialien

Band 15 Nanotechnologie in Kunststoff
Innovationsmotor für Kunststoffe, ihre Verarbeitung und Anwendung

Band 16 NanoAnalytik
Anwendung in Forschung und Praxis

Atlas Kompetenz- und Infrastrukturatlas Nanotechnologien in Hessen

Atlas Kompetenzatlas Photonik in Hessen

Informationen / Download / Bestellungen:
www.hessen-nanotech.de/veroeffentlichungen

Hessen

Nanotech

www.hessen-nanotech.de



www.oeko.de

Projekträger der Aktionslinie **Hessen-Nanotech**
des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft,
Verkehr und Landesentwicklung



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH