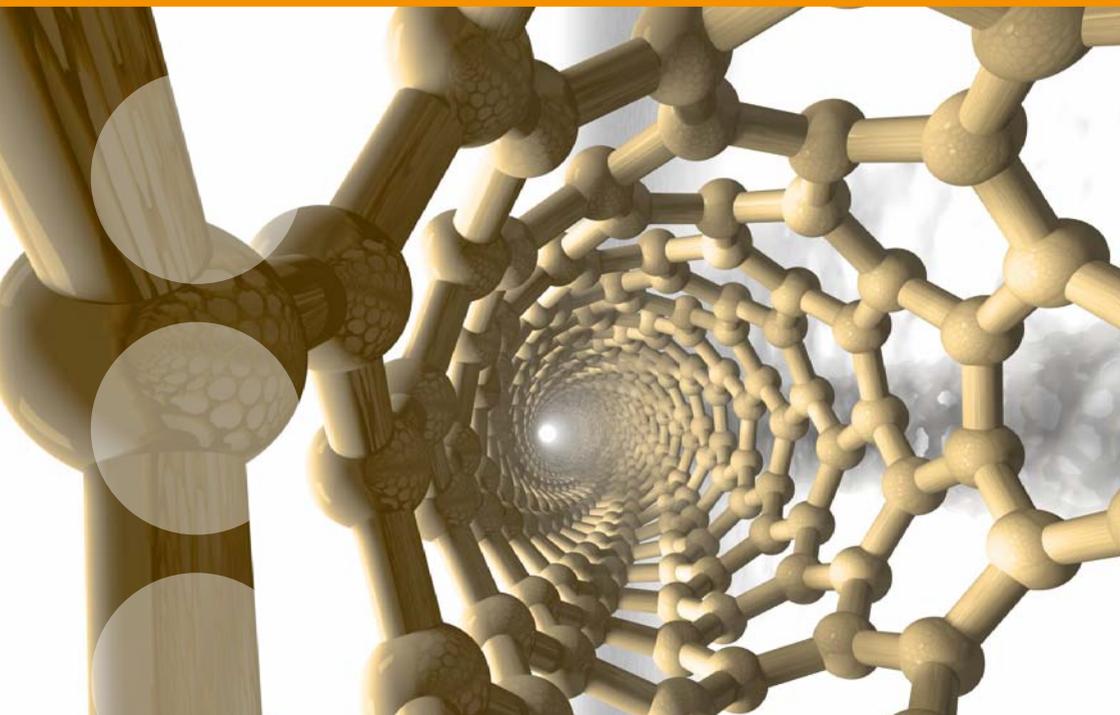




**5149**

**BGI/GUV-I 5149**



Information

## **Nanomaterialien am Arbeitsplatz**

**Herausgeber**

Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung (DGUV)

Mittelstraße 51  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

**Autoren:**

Arbeitskreis „Nanotechnologie“ der Präventionsleiter-Konferenz

Wir danken der Suva für das großzügige Entgegenkommen bei der Verwendung ihres  
Ursprungstextes.

**Bildnachweis:**

Titelbild, Seite 9: © Martin McCarthy/iStockphoto.com

Seite 5: © Laurits Hansen/iStockphoto.com

Seite 6: © Janssen Cilag GmbH

Seite 10: © David Marchal/iStockphoto.com und © shmel/iStockphoto.com

Seite 11: © matteo NATALE/iStockphoto.com

Seite 14, 15: © pablo del rio sotelo/iStockphoto.com

Ausgabe Mai 2010

BGI/GUV-I 5149 zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger.  
Die Adressen finden Sie unter [www.dguv.de](http://www.dguv.de)

# Nanomaterialien am Arbeitsplatz

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Nanomaterialien am Arbeitsplatz</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Ausgangslage</b> .....	<b>6</b>
1.1 Begriffe/Eigenschaften .....	6
1.2 Verbreitung .....	8
1.3 Gefährdung durch Nanopartikel .....	8
1.3.1 Mögliche Gesundheitsgefährdung .....	8
1.3.2 Andere mögliche gefährliche Eigenschaften .....	10
1.4 Aufnahmewege .....	10
1.5 Nanopartikel an Arbeitsplätzen .....	11
1.6 Messung/Bewertung .....	12
1.7 Verantwortlichkeiten/gesetzliche Regelungen .....	13
<b>2 Prävention im Betrieb</b> .....	<b>14</b>
2.1 Vorsorgeprinzip .....	14
2.2 Informationsermittlung/Gefährdungsbeurteilung .....	14
2.3 Schutzmaßnahmen .....	15
2.3.1 Grundsätze .....	15
2.3.1.1 Minimierung der Exposition .....	15
2.3.1.2 Schutzmaßnahmen .....	16
2.3.3 Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen .....	18
<b>3 Weiterführende Informationen</b> .....	<b>19</b>
3.1 Ansprechpartner .....	19
3.2 Ausgewählte Publikationen .....	19
3.3 Weitere Links zu Nanopartikeln an Arbeitsplätzen .....	19

# Nanomaterialien am Arbeitsplatz

Die rasante Entwicklung der Nanotechnologie hat auch Auswirkungen auf den Arbeitsschutz. Nanotechnologie verspricht einen bedeutenden Nutzen, von ihr können aber auch Gefahren ausgehen. Trotz weltweit intensiver Forschung ist eine abschließende Bewertung der Gefährdungen zurzeit nicht möglich. Es gibt jedoch Hinweise, dass von bestimmten Nanomaterialien unter Umständen Risiken für Gesundheit und Sicherheit ausgehen können. Dieser Umstand sollte zu entsprechender Vorsicht und einem verantwortungsvollen Umgang mit diesen Technologien Anlass geben.

Dieser Beitrag beruht auf der Schrift „Nanopartikel an Arbeitsplätzen“ der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt Suva (siehe Kapitel 3.). Er informiert nach heutigem Wissensstand über Nanomaterialien an Arbeitsplätzen und zeigt konkrete Maßnahmen auf, die zum Schutz der Beschäftigten eingesetzt werden können.



# 1 Ausgangslage

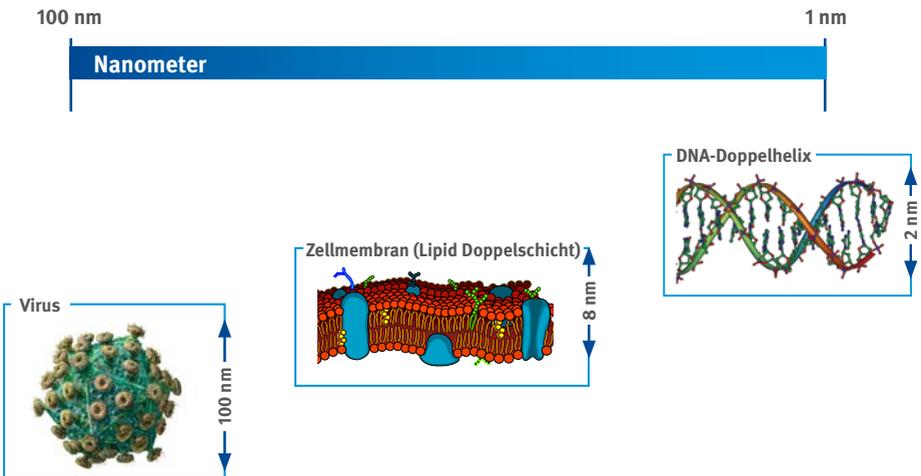
Die Nanotechnologie wird als eine Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts bezeichnet. Bereits heute basieren viele Alltagsprodukte wie Kosmetika, Lacke oder Textilien auf dem Einsatz von Nanotechnologie oder sie beinhalten Nanomaterialien. Fast täglich kommen neue Anwendungen hinzu.

## 1.1 Begriffe/Eigenschaften

Nanotechnologie beinhaltet die gezielte Herstellung, Untersuchung und Anwendung von kleinsten Strukturen und Materialien. Diese Technologie macht sich Effekte zunutze, welche bei stetiger Verringerung der Strukturgröße auftreten, wie:

- Massive Zunahme der massen- oder volumenbezogenen Oberfläche dieser Strukturen
- Mögliche Veränderung von Materialeigenschaften und -verhalten gegenüber dem Ursprungsmaterial

Besonders ausgeprägt treten diese Effekte bei Strukturgrößen unter ungefähr 100 Nanometern auf. Ein Nanometer (nm) entspricht einem Milliardstel Meter und damit ungefähr dem Zehnfachen der Größe einzelner Atome. Nach gängiger Definition umfasst der **Nanomaßstab** den Größenbereich von 1-100 Nanometern. Strukturen dieser Größe sind **nanoskalig**.



Gezielt hergestellte **Nanomaterialien** werden in **Nanoobjekte** und **nanostrukturierte Materialien** unterschieden (siehe CEN ISO/TS 27687). **Nanoobjekte** untergliedern sich aufgrund ihrer äußeren Abmessungen in **Nanopartikel**: dreidimensional nanoskalig, **Nanofasern** (auch Nanoröhrchen und Nanostäbchen): zweidimensional nanoskalig und **Nanoplättchen** (auch Nanofilm): eindimensional nanoskalig.



**Nanostrukturierte Materialien** haben eine nanoskalige innere Struktur oder Oberflächenstruktur und treten als Verbundsysteme von Nanoobjekten auf.

Unter den Produkten der Nanotechnologie interessieren aus Sicht des Arbeitsschutzes in erster Linie solche mit Strukturen im Nanomaßstab, welche als einzelne Teilchen vorliegen oder unter Arbeitsplatzbedingungen freigesetzt werden können, was Wechselwirkungen mit dem Menschen wahrscheinlicher macht. Im Rahmen dieses Beitrages werden solche Strukturen vereinfachend unter dem Begriff „**Nanopartikel**“ zusammengefasst. Sie zeigen untereinander eine ausgeprägte Tendenz zum Zusammenballen in größeren Verbänden (Agglomeration) oder lagern sich auch an andere verfügbare Oberflächen an. Solche Vorgänge führen zu einer Verringerung der Partikelanzahl. Durch gezielte Oberflächenbehandlung lässt sich das Agglomerationsverhalten der Partikel beeinflussen. Neben der äußeren Form können Nanopartikel nach Kriterien wie chemischer Zusammensetzung oder Oberflächenfunktionalisierung weiter charakterisiert werden.

„**Nanopartikel**“ steht damit als Oberbegriff für ganz unterschiedlich geartete Partikel. In den meisten der derzeit in größeren Mengen nanotechnologisch hergestellten Produkte sind Nanopartikel nicht als einzelne Teilchen sondern als Verbund mehrerer Teilchen enthalten.

## 1.2 Verbreitung

**Nanopartikel** im Sinne der gängigen, größenbasierten Definition sind nicht grundsätzlich neu. So werden z. B. Industrieruße und bestimmte Kieselsäureformen seit Jahrzehnten in großen Mengen eingesetzt. Mit der Entwicklung der Nanotechnologie werden jedoch neuerdings vermehrt herkömmliche Stoffe in Nanopartikelgröße angewendet, deren Oberflächen modifiziert oder von Grund auf neue Strukturen im Nanomaßstab synthetisiert. Mengemäßig wichtige bekannt gewordene Anwendungen von Nanopartikeln sind derzeit Sonnenschutzmittel, Lacke oder Textilien.



Schweißrauch

Neben der gezielten Herstellung können **Partikel im Nanomaßstab** als Nebenprodukte entstehen, besonders bei Verbrennungsvorgängen oder thermischen Prozessen wie dem Schweißen. Sie werden in diesem Fall als **ultrafeine Partikel**, **Ultrafeinstaub** oder **ultrafeine Aerosole** bezeichnet. Solche ultrafeinen Partikel sind deshalb in industrialisierten Zonen allgegenwärtig. „Saubere“ Luft in städtischen Gebieten enthält einige tausend bis zehntausend solcher Partikel pro Kubikzentimeter.

## 1.3 Gefährdung durch Nanopartikel

Aufgrund ihrer extrem geringen Größe weisen Nanopartikel bezogen auf ihre Masse eine sehr große Oberfläche und hohe Beweglichkeit auf. Dies befähigt sie, ausgeprägt mit ihrer Umgebung zu reagieren. Potenzielle Risiken ergeben sich in erster Linie durch die Einwirkung von Nanopartikeln auf den menschlichen Körper.

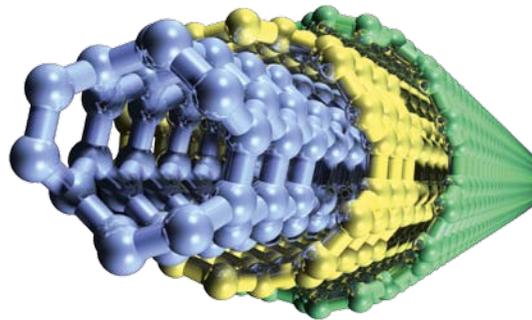
### 1.3.1 Mögliche Gesundheitsgefährdung

Es liegen bisher keine Publikationen über Erkrankungen vor, welche durch eine Exposition gegenüber synthetischen Nanomaterialien verursacht worden wären. Folgende wissenschaftliche Erkenntnisse lassen es jedoch als plausibel erscheinen, dass eine entsprechend hohe Exposition gegenüber Nanopartikeln auch gesundheitliche Effekte hervorrufen könnte:

- In Tierversuchen wurden Entzündungsreaktionen im Bereich der Atemwege und der Lungenbläschen durch Nanopartikel dokumentiert. Zudem sind tierexperimentell auch Lungenfibrosen (Bindegewebsvermehrung der Lunge) nach Exposition gegenüber Nanopartikeln gezeigt worden.

Aus der Umweltmedizin ist eine Assoziation zwischen der Exposition mit feinen und ultrafeinen Partikeln und Entzündungsreaktionen im Bereich der Schleimhäute der Nase, der unteren Atemwege und der Lungenbläschen bekannt. Ein Asthma kann ungünstig beeinflusst und eine Allergieneigung erhöht werden. Man weiß zudem, dass zwischen der Umweltbelastung mit Partikeln und Herz-Kreislaufkrankungen eine Assoziation besteht. Ob es sich dabei um einen kausalen Zusammenhang handelt und inwiefern diese Erkenntnisse auf Nanopartikel übertragen werden können, ist Gegenstand intensiver Forschung.

- Bestimmte Nanomaterialien haben strukturelle Ähnlichkeiten mit faserförmigen Stäuben wie beispielsweise Asbest. Aufgrund der Fasergeometrie und der Biopersistenz wurden Bedenken geäußert, dass CNT (Carbon Nanotubes) ähnliche Wirkungen wie Asbest nach sich ziehen könnten. In tierexperimentelle Untersuchungen in die Bauchhöhle eingebrachte Nanoröhrchen haben entzündliche Veränderungen in ähnlicher Art wie Asbest und in einem Experiment bei Mäusen Mesotheliome - bösartige Tumoren im Bauchfell - verursacht. Ob derartige CNT als krebserzeugend einzustufen sind und wenn ja, in welcher Dosis, bei welcher Fasergeometrie und Biopersistenz, ist eine der wichtigen Fragen für die Beurteilung einer Gefährdung von Beschäftigten im Rahmen der Nanotechnologie. Experimentell wurden auch Hinweise für eine Beeinträchtigung des Immunsystems durch bestimmte Nanopartikel beobachtet.



Multi-walled Carbon Nanotube

Um derartige Hinweise angemessen einordnen und Rückschlüsse ziehen zu können, ist eine fallbezogene und differenzierte Betrachtungsweise erforderlich, die die jeweiligen Charakteristika eines Nanomaterials und die Expositionsbedingungen mitberücksichtigt.

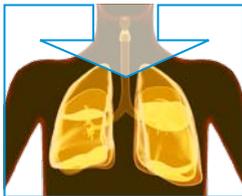
### 1.3.2 Andere mögliche gefährliche Eigenschaften

Bei Nanopartikeln bestimmter Materialien (z.B. brennbarer oder katalytisch wirksamer Stoffe) ist ein potenzielles Risiko durch unerwartete chemische Reaktionen, Brände oder Explosionen denkbar.

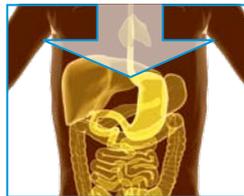
- Metalle im Nanomaßstab können pyrophore Eigenschaften (spontane Entzündung bei Luftkontakt) zeigen.
- Brennbare Nanomaterialien können zudem, wie andere feinverteilte brennbare Materialien, in größeren Mengen und unter bestimmten Rahmenbedingungen eine zusätzliche Gefährdung durch Staubexplosionen bewirken. Die Mindestzündenergie brennbarer Nanomaterialien ist dabei verglichen mit der makroskaligen Form üblicherweise reduziert.

### 1.4 Aufnahmewege

Nanopartikel können über folgende Wege in den menschlichen Körper gelangen:



via Atemwege



durch Verschlucken



über die Haut

In der Regel werden feine partikelförmige Stoffe hauptsächlich über die Atemwege aufgenommen. Ein wichtiger Aspekt der Nanopartikel ist die Translokation, das heißt die Fähigkeit Gewebe zu durchdringen. Es konnte gezeigt werden, dass nach dem Einatmen Nanopartikel über die Lungenbläschen ins Blut gelangen. Die experimentellen Daten zur Aufnahme über die Haut sind widersprüchlich. Eine Aufnahme von Nanopartikeln über die vorgeschädigte Haut ist nicht auszuschließen.

## 1.5 Nanopartikel an Arbeitsplätzen

An Arbeitsplätzen ergeben sich nach heutigem Kenntnisstand Expositionen gegenüber Partikeln im Nanomaßstab in erster Linie durch

- Umgang mit gezielt hergestellten Nanopartikeln oder Anwendung von nanopartikelhaltigen Produkten.
- Arbeitsverfahren, welche Partikel im Nanomaßstab als Nebenprodukte erzeugen.

Die industrielle Verwendung von Nanopartikeln wurde in der Schweiz im Rahmen der Studie „Nanoinventar“ des Institut universitaire romand de Sante au Travail (IST) erstmals untersucht. Gemäß dieser auch von der Suva unterstützten Studie arbeiteten im Untersuchungsjahr (2007) im Produktionssektor 1309 Beschäftigte (0.08 %) direkt mit Nanopartikelanwendungen. Von den Firmen des Industriesektors ließ sich basierend auf der repräsentativen Befragung für 0.6 % eine Nanopartikelanwendung errechnen.

Branchen für die ein Umgang mit Nanopartikeln durch die Studie identifiziert werden konnte, sind z.B. Chemie, Elektrotechnik oder Automobilindustriezulieferer. Beim Umgang mit gezielt hergestellten Nanopartikeln wird die Wahrscheinlichkeit einer Aufnahme entscheidend von der Arbeitstechnik beeinflusst (vgl. auch 2.3. Schutzmaßnahmen).

Nanoskalige Partikel als Nebenprodukte (ultrafeine Partikel) sind zurzeit weitaus verbreiteter. Typische **Quellen von solchen ultrafeinen Partikeln** sind Schweiß- und



thermische Schneidverfahren, Einsatz von dieselbetriebenen Fahrzeugen oder das Metallgießen. Auch das Rauchen ist eine bedeutende Quelle von Partikeln im Nanomaßstab. Dabei fallen die Teilchen üblicherweise fein verteilt im Abgas bzw. der Umgebungsluft als sogenanntes Aerosol an, so dass sie leicht eingeatmet werden können.

### 1.6 Messung/Bewertung

Im Arbeitsschutz wurden in der Regel Partikelbelastungen bisher auf der Basis der **Massenkonzentration** bewertet. Praktisch alle geltenden Arbeitsplatzgrenzwerte stützen sich auf diesen Ansatz. Nanopartikel weisen aufgrund ihres kleinen Durchmessers eine große Oberfläche bei nur geringer Masse auf. Massebasierte Messungen von Nanopartikeln sind damit wenig aussagekräftig. Somit stellt sich die Frage, welche Messgrößen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung heranzuziehen wären, wie die Massenkonzentration, die Anzahlkonzentration, die Oberflächenkonzentration, Eigenschaften der Oberfläche oder die Bildung von reaktiven Sauerstoffspezies.

Für die Messung von ultrafeinen Partikeln an Arbeitsplätzen sind Empfehlungen des Instituts für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) verfügbar, an deren Erstellung die Suva mitbeteiligt war. Diese Empfehlungen wurden in die einschlägige internationale Norm (ISO/TR 27628:2007), welche auch Nanopartikelexpositionen abdeckt, aufgenommen.

Gemäß diesen Empfehlungen sollen alle an einem Expositionsort in größerer Anzahl vorhandenen Partikel in ihrer **Anzahlkonzentration** und nach Möglichkeit deren **Größenverteilung** erfasst werden. Entsprechende, etablierte Messinstrumente sind verfügbar, jedoch groß, schwer sowie vielfach vergleichsweise langsam, was ihren Anwendungsbereich für Arbeitsplatzmessungen einschränkt.

Diese Messgeräte sowie auch die einfacheren Kondensationspartikelzähler können nicht zwischen ultrafeinen Aerosolen und Nanopartikeln oder gar einzelnen Arten von Nanopartikeln unterscheiden. Ihre erfolgreiche Anwendung erfordert daher bestimmte Rahmenbedingungen (z.B. an die Partikelbelastung der Umgebungsluft) und die Interpretation der Messresultate entsprechendes Fachwissen. Zudem lassen sich Resultate von einzelnen Nanopartikelmessungen nur sehr bedingt mitein-

ander vergleichen. Messungen können aber sinnvoll eingesetzt werden, um Emissionsquellen zu identifizieren, grob zu quantifizieren oder die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen zu beurteilen.

Die für die Gesundheitsgefährdung vermuteten **Einflussfaktoren** wie Partikeloberfläche, Oberflächenstruktur und -Zusammensetzung sind messtechnisch im Nanobereich bisher nur über sehr aufwändige Verfahren zugänglich. Eine einheitliche Regelung zur Charakterisierung von Nanopartikeln fehlt zudem.

Aus arbeitsmedizinisch-toxikologischer Sicht lässt sich noch kein **Grenzwert** begründen. Voraussetzungen für das Festlegen von Grenzwerten sind bekannte Dosis-Wirkungs-Beziehungen, möglichst auf der Basis epidemiologischer und experimenteller Untersuchungen. Allenfalls müssen Analogieschlüsse herangezogen werden. Aufgrund der bisherigen Untersuchungen liegen noch keine klaren Dosis-Wirkungs-Beziehungen für Nanopartikel vor.

## 1.7 Verantwortlichkeiten/gesetzliche Regelungen

Wie bei allen anderen chemischen Stoffen gelten die durch die REACH-Verordnung gestellten Anforderungen auch für Nanomaterialien. Demgemäß haben Hersteller und Importeure von Stoffen und Zubereitungen den Anwendern sicherheitsrelevante Informationen zur Verfügung zu stellen und Pflichten zum Informationstransfer entlang der Lieferkette zu beachten. Das zentrale Instrument dieser Kommunikation ist das **Sicherheitsdatenblatt**. Möglicher Bedarf für nanospezifische Ergänzungen von REACH wird diskutiert.

Für den Umgang mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz gelten zuvorderst die Bestimmungen des Arbeitsschutzgesetzes, der Betriebssicherheitsverordnung und der Gefahrstoffverordnung. Zum Schutz der Beschäftigten nimmt die Gefahrstoffverordnung den Arbeitgeber in die Pflicht, sich die für eine Gefährdungsbeurteilung notwendigen Informationen beim Inverkehrbringer oder bei anderen ohne weiteres zugänglichen Quellen zu beschaffen. Danach gilt: Der Arbeitgeber darf eine Tätigkeit mit Gefahrstoffen erst aufnehmen lassen, nachdem die **Gefährdungsbeurteilung** vorgenommen wurde und die erforderlichen Schutzmaßnahmen festgestellt und getroffen wurden.

## 2 Prävention im Betrieb

Die folgenden Empfehlungen basieren auf dem heutigen Wissensstand und werden jeweils aufgrund neuer Erkenntnisse angepasst. Sie sollen aufzeigen, wie nach aktueller Beurteilung die gesetzlich verlangten Schutzmaßnahmen in der Praxis umgesetzt werden können.

### 2.1 Vorsorgeprinzip

Beim derzeitigen Kenntnisstand lässt sich eine Gesundheitsgefährdung durch bestimmte Nanomaterialien nicht ausschließen. Liegen zu einem spezifischen Nanomaterial keine wissenschaftlich gesicherten Erkenntnisse zu dessen Gefährdungspotenzial vor, sollte dieses Material daher wie ein gesundheitsgefährdender Stoff betrachtet werden. Dieser Ansatz hat sich in der Praxis bei Substanzen mit unbekanntem Gefährdungspotenzial bewährt, setzt aber für eine erfolgreiche Umsetzung ein strukturiertes und systematisches Vorgehen voraus.

### 2.2 Informationsermittlung/Gefährdungsbeurteilung

Gefährdungen kann nur begegnet werden, wenn sie erkannt werden. Das systematische Ermitteln der im Betrieb auftretenden Gefahren steht daher am Anfang jeder gezielten Sicherheitsarbeit. Erfahrungsgemäß kann das Erkennen möglicher betrieblicher Nanopartikelquellen Schwierigkeiten bereiten (z.B. bei der Anwendung von Produkten, welche unter Verwendung von Nanotechnologie hergestellt wurden). Ein Verweis auf „Nanotechnologie“ in den Produktunterlagen oder eine Bezeichnung „Nano“ können nicht als sicherer Indikator für ein Vorhandensein von Nanopartikeln gewertet werden. Ebenso kann ein Fehlen solcher Angaben ein Vorliegen von Nanopartikeln im Produkt nicht sicher ausschließen.

Im vom Lieferanten zur Verfügung zu stellenden **Sicherheitsdatenblatt** finden sich





Hinweise zu den Gesundheitsgefährdungen, die vom Produkt ausgehen, und zu den notwendigen Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz. Dabei sind grundsätzlich auch Gesundheitsgefährdungen durch Nanopartikel zu berücksichtigen. Erfahrungsgemäß sind Sicherheitsdatenblätter zu Nanopartikeln oder nanopartikelhaltigen Produkten aber gegenwärtig teilweise lückenhaft. Sich ausschließlich auf das Sicherheitsdatenblatt zu verlassen kann daher zu unvollständigen Schutzmaßnahmen führen. In Zweifelsfällen wird empfohlen sich direkt mit dem Lieferanten in Verbindung zu setzen.

Nanopartikelexpositionen sind gemäß den Präventionsgrundsätzen und unter Anwendung der Schutzmaßnahmen zu reduzieren. Das Gefährdungspotenzial solcher Nanopartikelquellen ist entscheidend von der Einwirkungsintensität und somit von den Anwendungsbedingungen abhängig. Bei komplexen Situationen ist eine systematische Erfassung und Abschätzung der Expositionen entlang des Arbeitsprozesses im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung angebracht. Zur Identifikation von Quellen und zur Expositionsabschätzung können, je nach Arbeitsumfeld, Arbeitsplatzmessungen hilfreich sein. **Unterstützung** in diesen Fragen leisten die zuständigen Berufsgenossenschaften und Unfallkassen.

## 2.3 Schutzmaßnahmen

### 2.3.1 Grundsätze

#### 2.3.1.1 *Minimierung der Exposition*

Im Sinne der Prävention und unter Anwendung des Vorsorgeprinzips ist die Exposition gegenüber Nanopartikeln zu minimieren. Dies kann sowohl durch Reduktion von Einwirkungsdauer und/oder Anzahl exponierter Beschäftigter als auch durch Verringerung der einwirkenden Nanopartikelkonzentration erfolgen.

Unter dem Aspekt der Verhältnismäßigkeit stellt sich die Frage, welche Nanoparti-

kelkonzentration im Rahmen der Minimierung am einzelnen Arbeitsplatz noch vertretbar ist. Aufgrund der fehlenden Beurteilungsgrundlagen und der Vielfalt von Nanopartikeln kann diese Frage derzeit nicht abschließend beantwortet werden (vgl. auch 1.6). Einzelne, auf dem Stand der Technik von Minimierungsmaßnahmen basierende, pragmatische Ansätze dazu wurden vom Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA) bereits publiziert (siehe 3.).

### 2.3.1.2 Schutzmaßnahmen

Die Rangfolge der Schutzmaßnahmen ist in §9 der Gefahrstoffverordnung geregelt und umfasst die folgenden vier Ebenen:

Dieser Ansatz ist grundsätzlich auch für den Umgang mit Nanomaterialien zu befol-



## Schutzmaßnahmen

1. **S**ubstitutionsprüfung
2. **T**echnische Maßnahmen
3. **O**rganisatorische (kollektive) Maßnahmen
4. **P**ersönliche (individuelle) Schutzmaßnahmen.

gen. Die unten aufgeführten Schutzmaßnahmen basieren auf diesen Verfahren. Sie beziehen sich ausschließlich auf den Umgang mit gezielt hergestellten Nanopartikeln.

1

### Substitution

- Pulverförmige Nanopartikelzubereitungen ersetzen durch solche, die Nanopartikel gebunden enthalten und damit eine Freisetzung erschweren (Dispersionen, Pasten, Granulate, Compounds usw).
- Sprühanwendungen durch aerosolarmer Verfahren (Streichen, Tauchen) ersetzen

2

### Technische Schutzmaßnahmen

- Verwenden von geschlossenen Apparaturen
- Entstehung von Stäuben oder Aerosolen vermeiden
- Absaugen von Stäuben oder Aerosolen direkt an der Quelle
- Abluftreinigung für abgesaugte Luft vorsehen
- Gegebenenfalls Abtrennung des Arbeitsraums und Anpassung der Raumlüftung (leichter Unterdruck)

Reinigung nur durch Aufsaugen mit geeigneten Geräten (abgestimmt auf physikalische und chemische Eigenschaften) oder feucht aufwischen, kein Abblasen

Beim Umgang mit **brennbaren Nanopartikeln:**

Zusätzlich Explosionsschutzmaßnahmen berücksichtigen bei staubförmiger Verteilung und gefährbringender Staubmenge. Mindestzündenergien können bei brennbaren Materialien im Nanomaßstab verringert sein! Die arbeitshygienischen Anforderungen dürften üblicherweise eine Staubexplosionsgefährdung auf das Innere geschlossener Apparaturen beschränken.

Beim Umgang mit **reaktiven oder katalytisch wirksamen Nanopartikeln:**

Zusätzlich Kontakt mit unverträglichen Substanzen ausschließen.

3

### Organisatorische Schutzmaßnahmen

- Minimierung der Expositionszeit
- Minimierung der Anzahl exponierter Personen
- Beschränkung des Zugangs

- Unterweisung des Personals über Gefahren und Schutzmaßnahmen (Betriebsanweisungen)



**Personenbezogene Schutzmaßnahmen** (falls Aerosolbildung und/oder Hautkontakt durch technische Maßnahmen nicht ausgeschlossen werden kann)

- Atemschutz mit Partikelfilter mindestens P2, Schutzhandschuhe
- geschlossene Schutzbrille
- Schutzbekleidung mit Kapuze
- Unterweisung in Hygienemaßnahmen

### 2.3.3 Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

Die bisher vorliegenden Untersuchungen und Erfahrungen weisen daraufhin, dass die gegen Staubexpositionen getroffenen Maßnahmen grundsätzlich auch gegen Nanopartikeleinwirkungen wirksam sind. Insbesondere gilt dies für die Abscheidung von Nanopartikelaerosolen an Filtern. Die prinzipielle Wirksamkeit gängiger personenbezogener Schutzmaßnahmen gegenüber bestimmten Nanopartikeln wurde im Rahmen des Projektes Nanosafe 2 nachgewiesen.

Auf Betriebsebene kann unter bestimmten Rahmenbedingungen durch einfache Kontrollmessungen in der Raumluft die Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen überprüft werden (vgl. auch 1.6)

# 3 Weiterführende Informationen

## 3.1 Ansprechpartner

Ihre zuständigen Unfallversicherungsträger (Berufsgenossenschaften und Unfallkassen)

## 3.2 Ausgewählte Publikationen

Positionspapier der DGUV zum verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz

[www.dguv.de](http://www.dguv.de) Webcode: d92133

Nanopartikel an Arbeitsplätzen. Suva

[www.suva.ch/home/suvapro/branchenfachthemen/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.htm](http://www.suva.ch/home/suvapro/branchenfachthemen/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.htm)

Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz. BAuA/VCI

<http://www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~121717~lastDokNr~122306.htm>

Nanomaterialien: Arbeitsschutzaspekte. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz, Baden-Württemberg

[www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/56759/](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/56759/)

„Sicheres Arbeiten in Laboratorien (Laborrichtlinien)“ (BGI/GUV-I 850-0)

[www.laborrichtlinien.de](http://www.laborrichtlinien.de)

VdL-Leitfaden zum Umgang mit Nanoobjekten am Arbeitsplatz

<http://www.lackindustrie.de/default2.asp?rub=676&tma=728&cmd=shd&docnr=127627&nd=&ond=tv>

Sichere Verwendung von Nanomaterialien in der Lack- und Farbenbranche. Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

[www.hessen-nanotech.de/mm/Betriebsleitfaden\\_NanoFarbeLacke\\_Vorab.pdf](http://www.hessen-nanotech.de/mm/Betriebsleitfaden_NanoFarbeLacke_Vorab.pdf)

## 3.3 Weitere Links zu Nanopartikeln an Arbeitsplätzen

Fachportal des Instituts für Arbeitsschutz IFA der DGUV

[www.dguv.de](http://www.dguv.de) Webcode: d90477

**Deutsche Gesetzliche  
Unfallversicherung (DGUV)**

Mittelstraße 51  
10117 Berlin  
Tel.: 030 288763800  
Fax: 030 288763808  
E-Mail: [info@dguv.de](mailto:info@dguv.de)  
Internet: [www.dguv.de](http://www.dguv.de)