

Beiträge aus dem „Schlema VIII“ – Gefahrstoffsymposium 2015

Nanomaterialien in der Gefährdungsbeurteilung – Wohin geht die Reise?

Von Dr. Thomas H. Brock

Nanomaterialien (NM) sind die Zielmaterialien der Nanotechnologie – besser: der Nanotechnologien –, stellen sie doch einen ganzen Werkzeugkasten verschiedener Verfahren dar, die als Querschnittstechnologie(n) in viele Disziplinen, von der Chemie über die Medizin bis in die Ingenieurwissenschaften, hineinreichen. Selbst politische und philosophische Fragestellungen sind hier zu bearbeiten.

Eine praktikable Unterteilung erfolgt nach ISO in freie Nanoobjekte und in gebundene Strukturen. Zu den Nanoobjekten zählen Filme und Plättchen, Röhrchen, Stäbe und Drähte sowie die Nanopartikel. Dabei haben die Filme und Plättchen eine Dimension – eine Dicke – zwischen ca. 1 nm und ca. 100 nm (Nanometern). Die Grenzen sind aus physikalischen und chemischen Gründen nicht scharf zu ziehen. Länge und Breite sind nur durch die Herstellungsverfahren begrenzt. Röhrchen, Stäbe und Drähte liegen mit zwei Dimensionen in diesem kleinen Bereich, können aber eine unbegrenzte Länge aufweisen. Partikel, also mehr oder weniger sphärische Körper, liegen dagegen mit allen drei Raumdimensionen im Nanobereich.

Nanomaterialien

| Nanoobjekte | Nano-strukturierte Materialien |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> · Nanoplättchen · Nanostäbchen · Nanopartikel | <ul style="list-style-type: none"> · Nanokomposite · zusammengesetzte Nanomaterialien · Materialien mit nanoskaliger Oberflächenstruktur |

Nanomaterialien finden seit etlichen Jahren kontinuierlich Einzug bei Herstellern, „down-

stream usern“ und Endverbrauchern. Nanostrukturen sind für die Funktionalität und Eigenschaften einer Vielzahl von Materialien und Produkten von Relevanz. Je nachdem, wie weit man den Begriff der Nanotechnologien fasst, sind sie für die Erwirtschaftung von bis zu einem Drittel des Bruttoinlandsprodukts bestimmend. Dies wird verständlich, wenn man beispielsweise den Bereich der Informationstechnologien betrachtet, deren Arbeitsstrukturen oft im Nanobereich angesiedelt sind. Bereits umgesetzte oder realisierbare Anwendungen betreffen wichtige Bereiche aktueller Menschheitsfragen, beispielsweise in der Energiewirtschaft, der Medizin oder der Trinkwasserversorgung. Solche Anwendungen sind kaum verzichtbar, so dass es unvermeidlich erscheint, dass sich auch der Arbeitsschutz damit auseinanderzusetzen hat.

Die Vielfalt der angesprochenen Strukturen ist enorm. Stärker als in der klassischen Molekülchemie, bei der die Struktur des Moleküls selbst im Vordergrund steht, sind hier Effekte infolge der Wechselwirkung und Organisation von Molekülen oder Atomen zu bestimmten Materialien von ebenso großer Bedeutung. Deshalb ist die Zahl herstell-

barer Nanomaterialien außerordentlich hoch. Wenn davon auch nur ein Bruchteil tatsächlich hergestellt und davon wiederum ein noch geringerer Teil auf medizinische oder technische Einsatzmöglichkeiten hin untersucht wird, so ist das Feld noch immer außerordentlich weit.

Den Phänotyp „Nanomaterial“ oder „Nanopartikel“ kann es daher nicht geben. Erkenntnisse, die an einem Beispiel gewonnen werden, lassen sich nicht einfach auf alle anderen übertragen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass bei einem so komplexen Zusammenhang Aussagen über mögliche Risiken nicht leicht abzuleiten sind. Für die Gefährdungsbeurteilung bedeutet dies, dass hier Maßnahmen auf der Grundlage lückenhafter Daten getroffen werden müssen, und zwar so, dass keine unververtretbaren Risiken zu erwarten sind. Der Verwender ist damit oft überfordert und daher auf Hilfestellungen angewiesen.

Mit der Bekanntmachung zu Gefahrstoffen (BekGS) 527 des Bundesarbeitsministeriums kann nun das breite Feld in vernünftig anzunehmende Kategorien eingeteilt werden:

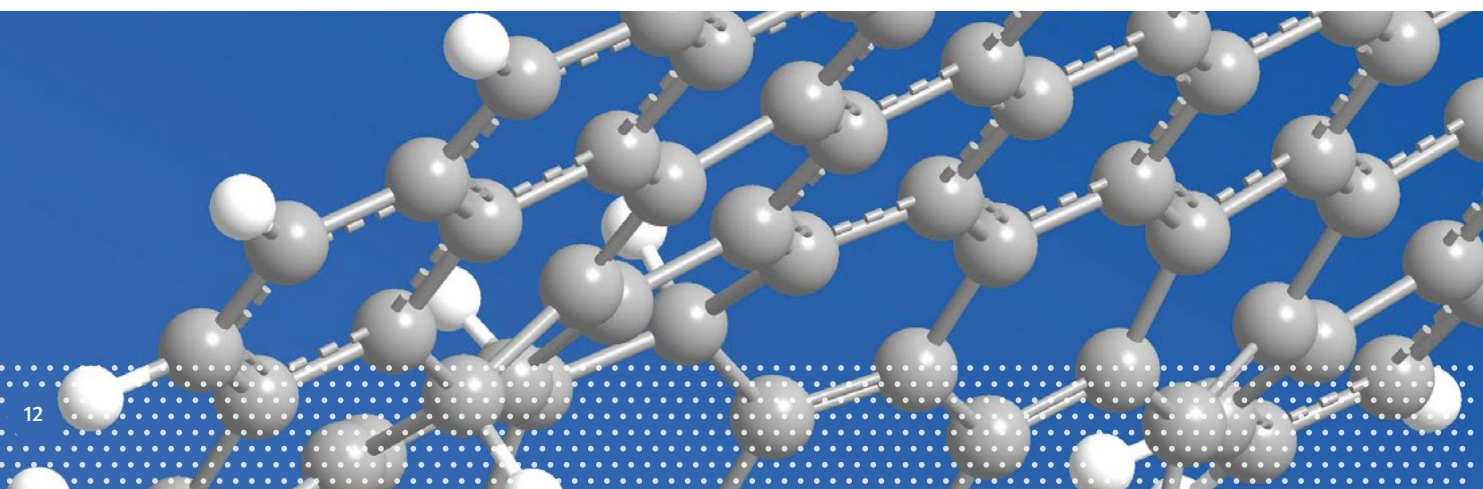




Foto: bgrci/Morber/Ultzka

Kat. I: Lösliche NM ohne spezifische toxische Eigenschaften

Kat. II: Lösliche NM mit spezifischen toxischen Eigenschaften

Kat. III: Granuläre biopersistente Stäube ohne spezifische toxische Eigenschaften

Kat. IV: Faserförmige NM

Mit dieser Kategorisierung ist es möglich, systematisch an die Gefährdungsbeurteilung von Nanomaterialien heranzugehen. Dabei werden nicht nur Daten zu möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit benötigt, sondern auch solche zum Brand- und Explosionsschutz, zudem Informationen zum chemischen Verhalten, beispielsweise unerwarteten katalytischen Effekten. Eine weitere Größe ist für das Ergreifen von Maßnahmen von besonderer Bedeutung: das Staubungsverhalten. Chemisch sehr ähnliche Stoffe können, bezogen auf die Bildung von Staub, ein sehr unterschiedliches

und schlecht vorherzusagendes Verhalten aufweisen. Entsprechende Bestimmungen können hier Klarheit bringen, beispielsweise im Fallrohr.

Zu den Effekten auf die Gesundheit liegt inzwischen eine große Zahl von Veröffentlichungen vor, die jedoch kein einheitliches Bild ergeben. Das ist unter anderem durch die Komplexität der Fragestellungen begründet. Ein Verständnis der Wirkungsmechanismen im Detail ist bislang nicht gegeben. Die erste Systematisierung in der BekGS 527 ist aber wohl begründet und guten Gewissens durchführbar.

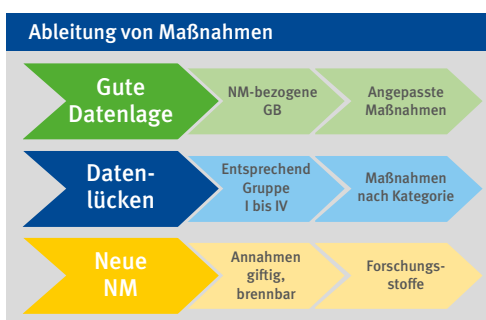
Liegen ausreichend Daten vor, die im Sicherheitsdatenblatt dokumentiert sein sollten, kann auf dieser Basis eine klassische Gefährdungsbeurteilung unter Festlegung der jeweils wirksamen Maßnahmen vorgenommen werden. Dieses Vorgehen unterscheidet sich nicht grundlegend von dem für andere Stoffe.

Häufig werden jedoch Datenlücken bestehen. Hier ist das Nanomaterial nach den Kategorien der BekGS 527 einzuordnen. Diesen können wirksame Schutzmaßnahmen zugeordnet werden, beispielsweise durch Vergleich mit dem Vorgehen bei ähnlichen Gefährdungen. So wird man bei Nanomaterialien der Kategorie I meist keine besonderen Maßnahmen ergreifen müssen, bei sol-

chen mit toxischen Eigenschaften dagegen ein Schutzniveau wählen, das auch andere toxische Stoffe erfordern. Dies könnte zum Beispiel der Einsatz einer nicht staubenden Verwendungsform oder einer gekapselten und abgesaugten Sackaufgabemaschine sein.

Im Bereich der Forschung und Entwicklung handelt es sich oft um wenig untersuchte oder auch neue Stoffe, für die eine solche Einordnung nur teilweise oder gar nicht vorzunehmen ist. Ist beispielsweise bekannt, dass die Herstellung eines neuen Materials vermutlich faserförmige Nanoobjekte ergeben hat (dies wird durch die anschließende Charakterisierung bestätigt oder widerlegt), so ist sicher eine Einordnung in die Kategorie IV der BekGS 527 bis zu einer anders lautenden Erkenntnis anzuraten. Ebenso kann von einer ausreichend schnellen Löslichkeit nur ausgegangen werden, wenn dies theoretisch begründet ist oder nachgewiesen wird (Stäbchen aus einem leicht löslichen Salz beispielsweise sind aller Voraussicht nach auch leicht löslich, sofern nicht anderweitig verändert).

Ansonsten handelt es sich um Fasern, die mit besonderer Vorsicht zu handhaben sind. Auch Kontaminationen des Arbeitsbereichs müssen vermieden werden, um nicht eine lang andauernde Gefährdung (und eine Beeinträchtigung experimenteller Arbei-



Hintergrundbild: Graphenmolekül. Abb.: bgrci

ten und Messergebnisse) hervorzurufen. Für den Laborbetrieb liegen umfangreiche Publikationen und Hilfestellungen vor, die es seit vielen Jahren in bewährter Weise ermöglichen, sicher mit den verschiedensten – auch sehr kritischen – Stoffen zu arbeiten. Neben dem Grundwerk der „Laborrichtlinien“ („Sicheres Arbeiten in Laboratorien“, DGUV-I 213850 und 213851, auch unter www.laborrichtlinien.de und unter www.guidelinesforlaboratories.de) liegen besondere Hilfestellungen mit der „Handhabung von Nanomaterialien in Laboratorien“, DGUV-I 213-853 und 213854, vor. Beide sind in Deutsch und Englisch verfügbar. Ergänzt werden diese Publikationen durch ein interaktives Lernprogramm („Nanorama Labor“, ebenfalls in Deutsch und Englisch verfügbar unter nano.dguv.de/nanoramen), ein Gemeinschaftsprojekt von DGUV, der Schweizer Innovationsgesellschaft und der BG RCI, Labor Leuna des Referats Gefahrstoffe, Biostoffe und Analytik.


Die Gefährdungsbeurteilung wird unterstützt durch Messungen am Arbeitsplatz. Da die volle Charakterisierung der Nanofraktion im Staub recht aufwendig ist, ist hierzu ein gestuftes Vorgehen entwickelt und allseits abgestimmt worden. Es beginnt mit der einfachen Ermittlung, ob überhaupt Bedarf an weitergehenden Untersuchungen besteht, und erstreckt sich je nach erkennbarer Größe des Problems auf aufwendigere Verfahren. Während der Einstieg auch von Nicht-Spezialisten schon mit begrenztem

Aufwand zu bewältigen ist, erfordern die komplexeren Verfahren nicht nur spezielle Erfahrungen, sondern auch teure Messtechnik und ein entsprechend ausgestattetes Laboratorium.

Um ein dem Problem angemessenen Messaufwand zu treiben, ist ein gestuftes Vorgehen zu empfehlen. Dazu ist eine Handlungsanleitung veröffentlicht worden. Sie erlaubt es, mit geringem Aufwand in die Ermittlung einzusteigen, und nur dann, wenn es angezeigt erscheint, die dann erforderliche kostenintensive Mess- und Analysetechnik einzusetzen. Auch genügen für den Einstieg Grundkenntnisse zur Ausführung der ersten Messungen mit einfachen Geräten. Mit steigendem Aufwand sind vertiefte Fachkenntnisse erforderlich. Vergleichende Messungen am Institut für Gefahrstoff-Forschung der BG RCI in Bochum zeigen, dass auch zunächst nur orientierende Messungen verwendbare Messwerte ergeben.

Der Werkzeugkasten der etablierten Schutzmaßnahmen ist nach den vorliegenden Erfahrungen auch für die Beherrschung von Gefährdungen durch Nanomaterialien ausreichend bestückt. Die Reise geht indes zu „intelligenteren“ Nanomaterialien, die aktiv mit ihrer Umgebung in Wechselwirkung stehen. Dazu zählen beispielsweise Prozesse der Selbstorganisation. Auch die synthetische Biologie bedient sich Methoden der Nanotechnologie. Ob Überlegungen, dass sich entsprechend gestaltete Nanoeinheiten

auch selbstständig reproduzieren können, tatsächlich in die Realität führen, ist zweifelhaft, aber nicht auszuschließen. Der Arbeitsschutz muss dann auch auf solche Gefährdungen, die wiederum eine neue Qualität aufweisen, angemessen reagieren können. Angesichts der Maßnahmen, die auch im biologischen Arbeitsschutz bewährt sind, scheint dies möglich zu sein. Die Angst vor dem „grey goo“, der die Welt unter einer Schicht aus selbst reproduzierten Nanobots erstickt, ist sicher unbegründet.

Für die Gefährdungsbeurteilung von Nanomaterialien und die Wirksamkeit der Maßnahmen gilt wie in vielen anderen Fällen auch, dass die besten Maßnahmen nichts oder zu wenig nützen, wenn sie nicht oder falsch angewandt werden. Der Erfolg steht und fällt mit einer geeigneten Kommunikation, die – auf den Adressaten zugeschnitten – die teilweise schwierigen Sachverhalte so vermittelt, dass sie nicht nur verstanden, sondern auch in ihren Konsequenzen umgesetzt werden. Als Unterstützung können hier die Nanoramen Bau, Kfz-Werkstatt und Labor dienen. Sie erlauben es, in einer virtualisierten Arbeitsumgebung verschiedene Arbeitsverfahren und die damit verbundenen Gefährdungen und Schutzmaßnahmen kennenzulernen (nano.dguv.de/nanoramen). 

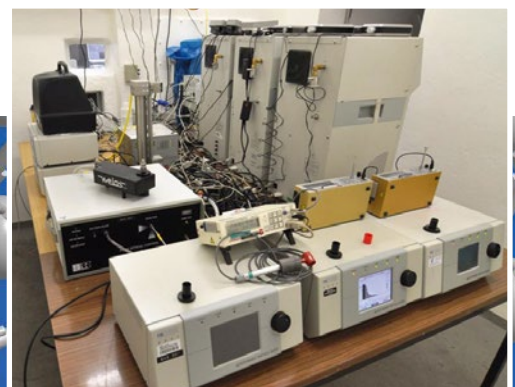
Dr. rer. nat. Thomas H. Brock
BG RCI, Referat Gefahrstoffe, Biostoffe und Analytik,
Heidelberg

Schutzmaßnahmen im Labor.



Foto: dguv

Ringversuch im NanoTestCenter des IGF-Technikums in Dortmund: Stationäre Nanopartikelmessgeräte in der Sedimentationskammer. Foto: bgrci/IGF



BG RCI.magazin

Zeitschrift für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie

Kirchbergs kreative Klebebande

- Lagerung von Gasen
- Nanomaterialien in der Gefährdungsbeurteilung
- Zuckerindustrie: Arbeit soll noch sicherer werden