

Neue Technologien / Nanotechnologie



Dr. med.
Markus Sander

Abstract

Neue Technologien werden in einem rasanten Tempo entwickelt. Oft hinkt die arbeitsmedizinische und toxikologische Forschung der technologischen Entwicklung deutlich hinterher. Die Nanotechnologie wird oft als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts propagiert. Obwohl bereits viele Produkte mit Hilfe der Nanotechnologie hergestellt werden, gibt es nur wenige gesicherte Erkenntnisse über gesundheitliche Gefahren durch Nanomaterialien und zu geeigneten Arbeitsschutzmaßnahmen. Hier ist eine kritische Risikobewertung durch die Arbeitsmedizin dringend angezeigt.

Einleitung

In unserer modernen Wissens- und Informationsgesellschaft entwickeln sich neue Technologien und Produktionsverfahren in einem rasanten Tempo. Besonders in den Bereichen Mikroelektronik, Oberflächentechnik sowie Bio- und Gentechnik entstehen immer neue Technologiezweige. Bei vielen neuen Technologien existieren noch keine fundierten arbeitsmedizinischen Kenntnisse über Gefahren und Risiken. Oft sind konkrete Einzelheiten über innovative Technologien, zum Teil auch aus Gründen des Wettbewerbs, nicht allgemein bekannt und es gibt nur einen begrenzten wissenschaftlichen Diskurs über deren gesundheitliche Folgen. Es ist die Aufgabe der Arbeitsmedizin dafür zu sorgen, dass neue technische Entwicklungen immer von einer adäquaten Risikobewertung begleitet werden.

Definition

Nanotechnologie ist die Wissenschaft, die sich mit der Entwicklung, Produktion und Nutzung von Materialien beschäftigt, die eine oder mehrere Abmessungen von etwa einem hundert Millionstel Millimeter (100 nm) oder weniger haben. Diese Größenordnung bezeichnet einen Grenzbereich, in dem Oberflächeneigenschaften und quantenphysikalische Effekte zunehmend relevant werden. In der Nanotechnologie bewegt man sich in Längenskalen, in denen die Größe und Oberfläche und nicht unbedingt die chemische Struktur die spezifischen Eigenschaften eines Materials bestimmen.

Derzeit werden unter Nanomaterialien entweder so genannte Nanoobjekte oder nanostrukturierte Materialien verstanden.

- Nanoobjekte sind Materialien, die entweder in zwei oder drei äußeren Dimensionen nanoskalig (1 bis 100 nm) sind (z. B. Nanoplättchen, Nanostäbchen und Nanopartikel)
- Nanopartikel sind Materialien, die in allen drei äußeren Dimensionen nanoskalig sind
- Nanostrukturierte Materialien haben eine innere nanoskalige Struktur. Typische Vertreter sind Aggregate und Agglomerate von Nanoobjekten.

Zahlen, Daten, Fakten

Nanotechnologie gilt als eine der Schlüsseltechnologien der Zukunft. Man geht davon aus, dass die Nanotechnologie in den kommenden Jahrzehnten die Industrie in wichtigen Branchen (Automobilindustrie, Maschinenbau, Chemie,

Pharmazie, Medizin sowie Bio- und Umwelttechnik) stark beeinflussen wird und das Potenzial zur grundlegenden Veränderung ganzer Technikfelder besitzt. In Deutschland gab es im Jahr 2006 etwa 550 Unternehmen mit rund 50.000 Beschäftigten, die im Bereich Nanotechnologie tätig waren. Zukünftig werden für die Nanotechnologie große Marktpotenziale mit einem Umsatz von weltweit bis zu einer Billion US-Dollar im Jahr 2015 erwartet. Nach den USA und Japan liegt Deutschland bei den Patentanmeldungen weltweit auf Platz drei und bei den wissenschaftlichen Publikationen auf Platz vier.

Anwendungsbeispiele für Nanomaterialien sind wasser- und schmutzabweisende Beschichtungen, chemische Katalysatoren, Trägersubstanzen für Medikamente, Sonnenschutzcremes sowie Reinigungsmittel und Textilien mit besonderen (Nano-) Eigenschaften.

Belastungen

Belastungen durch Nanomaterialien sind kein ganz neues Phänomen. Der Mensch wird seit langem schon durch natürlich freigesetzte (z. B. bei Waldbränden oder Vulkanausbrüchen) und unbeabsichtigt hergestellte (industrielle Verbrennungsprozesse, Hausbrand oder Straßenverkehr) Nanomaterialien belastet. Die Auswirkung dieser Expositionen ist Gegenstand der derzeitigen Forschung. Neu ist dagegen die Exposition gegenüber gezielt hergestellten synthetischen Nanomaterialien. Trotz der in den vergangenen Jahren rasanten Entwicklung der Nanotechnologie und der wachsenden Zahl der mittels Nanotechnologie hergestellten Produkte ist noch sehr we-

nig über die Auswirkungen von synthetischen Nanomaterialien auf den Menschen und die Umwelt bekannt. Derzeit kann man nicht ausschließen, dass Nanomaterialien zu spezifischen Wirkungen im menschlichen Organismus führen, die allein durch ihre physikalischen Eigenschaften wie Größe und Oberflächenmerkmale unabhängig von ihrer chemischen Grundstruktur hervorgerufen werden.

Die Frage, welche spezifische Wirkung Nanomaterialien auf den Menschen und die Umwelt haben, ist derzeit völlig unzureichend geklärt. Toxikologische Erkenntnisse über industriell hergestellte Nanomaterialien gründen sich in der Regel auf Analogien zu Erkenntnissen über Feinstäube, Tierversuche und In-Vitro-Untersuchungen auf Zellebene. Unter verschiedenen Expositionsbedingungen wurden zytotoxische Wirkungen („oxidativer Stress“) sowie ein Einfluss auf die zelluläre Proliferationsrate, die zelluläre Signalübertragung und die Ausschüttung von proinflammatorischen Mediatoren festgestellt. Epidemiologische Studien zu Wirkungen am Menschen existieren jedoch praktisch nicht. Nanomaterialien werden vorwiegend über die Atemwege, im geringeren Umfang auch über den Magen-Darm-Trakt und die Haut, aufgenommen. Bei einer hohen biologischen Halbwertszeit können Nanomaterialien in Organen akkumulieren. Es gibt Hinweise, dass Nanopartikel körpereigene Barrieren wie die intakte Haut, die Blut-Hirn-Schranke oder die Blut-Plazenta-Schranke passieren können.

Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse sind insbesondere die unlöslichen und schwer löslichen Nanomaterialien toxikologisch und ökologisch problematisch. Unlösliche Nanomaterialien besitzen eine hohe Biopersistenz, während lösliche Nanomaterialien ihre physikalischen Eigenschaften nach dem Lösungsvorgang verlieren und dann nur noch ihre „chemische Wirkung“ entfalten. Nanomaterialien, die in flüssigen oder festen Medien fest eingebunden sind, scheinen toxikologisch unbedenklich zu sein, soweit eine relevante Frei-

setzung aus der Matrix ausgeschlossen werden kann. Hierbei sind auch der biologische Abbau und der Lebenszyklus des Materials zu berücksichtigen.

Arbeitsmedizinische Aspekte und Schwerpunkte

Spezielle Normen zur Arbeitssicherheit und zum Gesundheitsschutz für den Umgang mit Nanomaterialien existieren bisher nicht. Aufgrund der spezifischen Wirkung von Nanomaterialien sind stoffspezifische Vorschriften und Regelungen des Arbeitsschutzes beziehungsweise stoffspezifische Grenzwerte nicht ausreichend. Der allgemeine Staubgrenzwert kann ebenfalls nicht zur Gefährdungsbeurteilung für Nanomaterialien herangezogen werden, da er nicht für ultrafeine Stäube gilt (TRGS 900). Insgesamt scheinen für Nanomaterialien Grenzwerte auf Basis von Partikelkonzentration sinnvoller zu sein als die bisher existierenden massebezogenen Grenzwerte. Für Nanomaterialien sind die folgenden Schutzmaßnahmen im Sinne der Gefahrstoffverordnung anzuwenden:

- Informationsermittlung
- Gefährdungsbeurteilung
- Festlegung der Schutzmaßnahmen
- Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen
- Dokumentation.

Die breiten Anwendungsmöglichkeiten der Nanotechnologie und die sehr unterschiedlichen Nanomaterialien (z. B. Metalloxide insbesondere Aluminiumoxid, Ceroxid, Titanoxid, Siliziumoxid, Kohlenstoffpartikel und Rußpartikel) erfordern eine differenzierte Beurteilung eines möglichen Risikos für die menschliche Gesundheit und die Umwelt.

Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung

Aufgrund der unzureichenden arbeitsmedizinischen Erkenntnisse über Nanomaterialien können derzeit keine Empfehlungen zu arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen für Beschäftigte mit Exposition gegenüber Nanomaterialien gegeben werden.

Begehung

Bei Begehungen sind die Expositionsbedingungen und die Eigenschaften von Nanomaterialien zu berücksichtigen:

- Physikalische Eigenschaften (Größe und Oberfläche bzw. die Anzahlgrößenverteilung der Nanopartikel)
- Chemische Eigenschaften (chemische Grundstruktur: organisch beziehungsweise anorganisch, wasserlöslich beziehungsweise -unlöslich und chemische Reaktivität)
- Bindung der Nanomaterialien in fester oder flüssiger Matrix
- Art der Exposition beziehungsweise Tätigkeit und möglicher Aufnahmeweg (inhalativ, ingestiv, dermal)
- Bio- beziehungsweise Umweltpersistenz (biologischer Abbau beziehungsweise Lebenszyklus des Materials).

Aus den spezifischen Eigenschaften der Nanomaterialien und den konkreten Expositionsbedingungen leiten sich die Schutzmaßnahmen ab:

- Minimierung der Exposition, insbesondere aufgrund der schwierigen Risikobewertung
- Substitution: Bindung von staubförmigen Nanomaterialien in flüssigen oder festen Medien (Dispersionen, Pasten, Compounds etc.)
- Technische Schutzmaßnahmen: Geschlossene Reaktoren und Apparaturen, Absaugung an der Quelle. Regelmäßige Wartung der Absaugung. Explosionsschutzmaßnahmen bei oxidierbaren und stark reaktiven Nanomaterialien
- Organisatorische Schutzmaßnahmen: Information und Unterweisung der Beschäftigten, Begrenzung der Anzahl der Exponierten und der Expositionszeit
- Persönliche Schutzmaßnahmen: Atemschutzmasken (P2, FFP2, P3 oder FFP3). Geeignete Handschuhe (unter Berücksichtigung der maximalen Tragedauer und der Permeationszeit), gegebenenfalls Schutzkleidung beziehungsweise Schutzanzüge. Bei dermalen Exposition ist die TRGS 401 zu berücksichtigen.

Bei der Gefährdungsbeurteilung müssen alle Arbeitsvorgänge und Betriebszustände inklusive Wartung, Instandsetzung und auch mögliche Störungen berücksichtigt werden. Eine Gefährdungsbeurteilung, die sich alleine auf die Eigenschaften der chemischen Grundsubstanz gründet, ist nicht ausreichend. Wichtige Informationsquellen für die Erstellung einer Gefährdungsbeurteilung über Nanomaterialien sind: Sicherheitsdatenblätter, Herstellerangaben, berufsgenossenschaftliche und technische Regelwerke, Publikationen von Arbeitsschutzinstitutionen und Verbänden sowie Dialogforen zu Nanomaterialien (z. B. NanoCare und Nanosafe) im Internet.

Spezielle Probleme

Der derzeitige Kenntnisstand zu Nanomaterialien ist unbefriedigend. Folgende Ziele sind für die sichere Anwendung der Nanotechnologie noch zu verwirklichen:

- Sammeln von Informationen zur Herstellung von Nanomaterialien (Produktionsmengen, Produktionsverfahren und Freisetzung)
- Erstellen von Parametern zur Charakterisierung und Klassifizierung von Nanomaterialien

- Erstellen von Klassen von Nanomaterialien mit ähnlicher Wirkung
- Sammeln von Informationen zur Toxikologie und Ökologie
- Entwicklung einheitlicher toxikologischer und ökologischer Bewertungsmaßstäbe
- Entwicklung einheitlicher Messverfahren.

Gute Praxis

Insbesondere wegen der lückenhaften Datenlage zu gesundheitlichen Auswirkungen von Nanomaterialien sollte diese neue Technologie im Rahmen einer adäquaten Risikobewertung von betriebsärztlicher Seite intensiv begleitet werden. Es bleibt abzuwarten, inwieweit neue toxikologische und arbeitsmedizinische Erkenntnisse zu gesundheitlichen Gefahren durch Nanomaterialien zur Empfehlung konkreter Schutzmaßnahmen führen. Bis zum Vorliegen von anerkannten spezifischen Arbeitsschutzmaßnahmen sind die allgemeinen Schutzmaßnahmen im Sinne der Gefahrstoffverordnung zu berücksichtigen. □

Literatur

Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) (CHV 16)

Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) (CHV 5) TRGS 401 Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen

TRGS 500 Schutzmaßnahmen

TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte

Krug, H. F. / Diabate, S. / Wörle-Knirsch, J.

M. / Mühlhopt, S. / Paur, H.-R.: Synthetische Nanopartikel am Arbeitsplatz und in der Umwelt.

In: Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin, 42, 2007, S. 4-14

Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz, hrsg. von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Nanotechnik: Chancen und Risiken für Mensch und Umwelt, hrsg. vom Umweltbundesamt

NanoCare (<http://www.nanopartikel.info>)

Nanosafe2 (<http://www.nanosafe.org>)

*Dr. med. Markus Sander
Facharzt für Innere Medizin
und Arbeitsmedizin,
VBG Bezirksverwaltung Berlin
Abteilung Prävention*

Die zweite Bildschirmbrille

Ein Verwaltungsangestellter kommt zur G 37-Untersuchung zu mir. Mit einem Brillenetui in der Hand platzt er noch in der Tür mit seinem Anliegen heraus: „Ich brauch eine zweite Bildschirmbrille – das müssen Sie mir nur eben bescheinigen!“

Das Begehren einer Bildschirmbrille ist ja nicht ungewöhnlich, aber eine zweite? Vermutlich reicht die alte nicht mehr, denke ich. Zunächst will ich jedoch die Lesebrille sehen, denn die Kosten für eine Bildschirmbrille sind ja nur dann vom Arbeitgeber zu erstatten, wenn die im Alltag verwendeten Sehhilfen nicht ausreichen.

„Eine Lesebrille habe ich nicht, ich habe doch gerade diese wunderbare Bildschirmbrille bekommen!“ höre ich verduzt und bekomme die Brille gezeigt: „Da kann ich wunderbare mit lesen. Schauen Sie mal: Mit Gleitsicht. Hat mir mein Augenarzt verschrieben. Bildschirm-Arbeitsplatz-Brille.

Und die Personalstelle hat auch das Gestell bezahlt, obwohl es nicht das billigste war. Jetzt brauche ich nur Ihre Bescheinigung für die Personalstelle, damit ich!“

Auf meine Frage, wozu er denn eine zweite Bildschirmbrille brauche, kommt prompt die Antwort: „Aber schauen Sie mal, Herr Doktor, seitdem ich diese Brille habe, merke ich, dass ich ohne überhaupt nicht mehr zurecht komme. Nicht nur am Bildschirm, auch zuhause, selbst im Urlaub geht es nicht mehr ohne die Brille. Stadtpläne, Museum ...ständig schlepp ich sie mit mir herum, wenn die kaputt geht bin ich hilflos. Da brauche ich doch eine zweite...“ □

*Dr. Menno Visser,
Arzt für Arbeitsmedizin,
Erfurter Str. 26 in 28215 Bremen*