

Was ist Nano?

Eine Einführung aus Sicht des Staatlichen Gewerbearztes

Die Nanotechnologie (griech. Nanos=Zwerg) gilt als Schlüsseltechnologie des 21. Jahrhunderts und steht für Fortschritt und Innovation. Es wird davon ausgegangen, dass die Nanotechnologie in den kommenden Jahrzehnten die Industrie in wesentlichen Branchen stark beeinflussen wird und das Potenzial zur grundlegenden Veränderung ganzer Technikfelder besitzt.

Nachfolgend eine Reihe von Anwendungsbeispielen:

- Oberflächenfunktionalisierung und -veredelung (z.B. thermische und chemische Schutzschichten, nanometerdünne Beschichtung von Computerfestplatten, biozide Schutzschichten).
- Katalyse, Chemie und Werkstoffsynthese (z.B. katalytisch wirksame Nanopartikel, Autoabgaskatalysatoren, nanoporöse Filter).
- Energiewandlung und -nutzung (z.B. Farbstoffsolarzellen, Brennstoffzellen, leistungsfähige Batterien/Akkumulatoren, LED).
- Konstruktion (z.B. Kunststoffe mit Nanofüllstoffen sowie neue Metallverbindungen mit veränderten mechanischen und thermischen Eigenschaften, Eigenschaftsverbesserungen von Baustoffen durch Betonzusatzstoffe).
- Nanosensoren (z.B. Magnetfeldsensoren, optische Sensoren, Biosensoren).
- Informationsverarbeitung und -übermittlung (z.B. organische Leuchtdioden (OLED), elektronische Bauteile in Nanometerdimensionen).
- Lebenswissenschaften (z.B. Anwendungen der Nanobiotechnologie in Analytik und Diagnostik, ortsgenauer Wirkstofftransport, biokompatible Implantate).

Unter Nanotechnologie versteht man die Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Strukturen und molekularen Materialien (zum Beispiel Partikel, Schichten, Röhren) welche kleiner als 100 Nanometer sind.

Ein Nanometer(nm) entspricht einem Milliardstel Meter und liegt damit im Größenbereich von Atomen. Zum Vergleich: Der als Indikator für die Luftqualität geltende Schwebestaub (PM 10, auch als Feinstaub bezeichnet) beinhaltet wesentlich größere Teilchen im Mikrometerbereich). Unter Nanopartikel werden beabsichtigt hergestellte granuläre Partikel, Röhren oder Fasern (einschl. deren

Agglomerate und Aggregate) mit einem Durchmesser kleiner 100 nm verstanden. Nanopartikel können im Vergleich zu größeren Teilchen derselben Zusammensetzung wesentlich veränderte physikalische und chemische Eigenschaften aufweisen, z.B. erhöhte Reaktivität oder veränderte Lichtabsorption (und dadurch veränderte Farbe). Bereits heute basieren etliche Alltagsprodukte wie Kosmetika, Lacke oder Textilien auf dem Einsatz von Nanotechnologie oder beinhalten Nanopartikel.

Die wichtigsten und zurzeit wirtschaftlich bedeutendsten im Einsatz befindlichen Nanopartikel sind:

- Carbon Black, auch Industrieruß genannt.
- Metalloxide wie Siliziumdioxid (SiO_2), Titandioxid (TiO_2), Aluminiumoxid (Al_2O_3), Zinkoxid (ZnO) und Eisenoxid ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Fe}_3\text{O}_4$).
- Halbleiter wie Cadmium-Tellurit (CdTe) und Gallium-Arsenid (GaAs und
- Metalle wie Gold und Silber.
- Carbon Black und Spezialruß werden z.B. als Füllstoffe für Gummi (Autoreifen) und Pigmente (Toner) eingesetzt. Kohlenstoffnanoröhren (CNT) haben ihr Potenzial in der Anwendung in der Sensorik und Elektronik (z.B. TV- und PC-Flachbildschirme).
- Nano TiO_2 und ZnO werden in Sonnenschutzcremes als UV-Absorber, aber auch in Kosmetika verwendet.
- Goldpartikel finden als Markerstoffe und für biologische Schnelltests Einsatz in der Medizin, Aluminiumoxidpartikel als poröse Trägerschicht für Autoabgaskatalysatoren.

Aufgrund ihrer extrem geringen Größe weisen Nanopartikel bezogen auf ihre Masse eine sehr große Oberfläche und hohe Beweglichkeit auf, was sie zu entsprechenden Reaktionsmöglichkeiten befähigt.

Potenzielle Risiken können sich in erster Linie durch die Einwirkung von Nanopartikeln auf den menschlichen Körper ergeben.

Aufgrund der bisherigen Erkenntnisse sind insbesondere wiederum Nanopartikel mit einer geringen oder gar keiner Löslichkeit in biologischen Systemen toxikologisch relevant. Die löslichen Nanopartikel zeigen zwar ebenfalls neuartige Eigenschaften, verlieren jedoch ihren Partikelcharakter, sobald sie in Lösung gegangen sind.

An Arbeitsplätzen steht die Belastung der Atemwege und der Haut im Vordergrund. Die Höhe der Exposition wird hierbei wesentlich durch die Arbeitsverfahren und Schutzmaßnahmen vor Ort bestimmt. Herstellung der Partikel in geschlossenen Systemen, die Weiterverarbeitung und Verwendung in einer nicht-staubenden Form oder in einer flüssigen Suspension, die nicht versprüht wird oder der Einschluss der Partikel in eine feste Matrix kann die inhalative Exposition deutlich reduzieren. Eine Belastung der Haut ergibt sich durch manuelle Tätigkeiten mit staubförmigen oder suspendierten Partikeln. Sind die Nanopartikel in einer Feststoffmatrix gebunden, ist eine Hautbelastung gering. Die gegenwärtige Datenlage deutet an, dass die Haut weitgehend dicht für Nanopartikel ist, wenn sie ihrer Schutzfunktion nachkommen kann und keine Verletzun-

gen oder starke mechanischen Belastungen vorliegen. Bei Hautläsionen, starker mechanische Beanspruchung und kleinen Nanopartikeln (kleiner 5-10nm) könnte die Schutzfunktion allerdings eingeschränkt sein.

Unter bestimmten Expositionsbedingungen wurden in Tierversuchen eine chronische Lungentoxizität (Entzündung, Fibrose) und die Bildung von Tumoren durch Nanopartikel und Feinstaub (Mikropartikelbereich) beobachtet. Es besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf, um die Risiken für den Menschen umfassend zu beurteilen.

Erwähnt sei an dieser Stelle, dass Nanopartikel als Nebenprodukte von Arbeitsverfahren derzeit weitaus verbreiteter sind. Typische Quellen von Nanopartikeln sind Schweiß- und thermische Schneidverfahren, Einsatz dieselbetriebener Fahrzeuge, Löten, Schleifen von Metallen oder Metallgießen. Aber auch der inhalative Tabakgenuss ist eine Quelle.

Forschungsschwerpunkte sind bereits neben den Gesundheitsrisiken, die sich durch die Nanotechnologie ergeben können, die Vermeidung von arbeitsplatzbedingten Erkrankungen durch die Nanotechnologie, Hilfestellungen für die Praxis und internationale Kooperation. Das Monitoring der Arbeitsplatzexposition und epidemiologische Untersuchungen zur Wirkung von Nanopartikeln stellen weitere wesentliche Forschungsfelder dar.

Als Richtlinien für den Arbeitsschutz bei beabsichtigter Herstellung und bei Tätigkeiten mit staubförmigen, freien Nanopartikeln und nanopartikelhaltigen Produkten können derzeit gelten:

- Eine inhalative Exposition muss durch geeignete Schutzmaßnahmen ausgeschlossen werden.
- Arbeitsplatz-Luftgrenzwerte für E-Staub($10\text{mg}/\text{m}^3$) und A-Staub($3\text{mg}/\text{m}^3$) sind für ultrafeine Partikel lt. GefStoffV nicht anwendbar.
- Stoffspezifische Arbeitsplatz-Grenzwerte für Nanopartikel liegen noch nicht vor.
- Eine Hautexposition sollte durch entsprechende geeignete Schutzmaßnahmen vermieden werden.
- Hier sind Chemikalienschutzhandschuhe und Einwegoveralls oder Chemikalienschutzanzüge zu nennen.
- Die Exposition gegenüber Nanopartikeln soll bevorzugt durch technische und ggf. organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen vermieden werden.
- Geeignete persönliche Schutzmaßnahmen zur Vermeidung inhalativer Exposition stellen Atemschutzfilter der Filterklassen P2, FFP2, P3 oder FFP3 dar. Auswahl entsprechend der Gefährdungsbeurteilung.
- Nanopartikel sollen soweit möglich in geschlossenen Systemen hergestellt und verwendet werden.

Dr. Wolfgang Weber
Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, Mainz
Tel.: 06131/6033-1302, E-Mail: Wolfgang.Weber(at)luwg.rlp.de