

nanoSicherheit

Inhalt

Sicherheit im Umgang mit Nanomaterialien	1
Emission von Nanoobjekten	2
Nachweis von Nanomaterialien in der Umwelt	2
Alterung und Entsorgung von Nanomaterialien	2
Wechselwirkung von Biologie mit Nanomaterialien	3
Arbeitsschwerpunkte in nanoSicherheit	3
Registrierung von Nanomaterialien unter REACH	3
Transformation von Nanomaterialien – Lebenszyklus von Nanomaterialien	4
Kontakt	4

Sicherheit im Umgang mit Nanomaterialien

Sicherheit im Umgang mit Nanomaterialien ist ein wichtiges Ziel. Dazu zählt vor allem der Schutz der Umwelt und der Bevölkerung vor Gefahren durch Nanomaterialien.

Zu den Aufgaben der BAM gehört es, Nanomaterialien in Luft, Wasser, Boden und biologischen Materialien nachzuweisen, für die sichere Verwendung von Nanomaterialien in neuen technischen Produkten zu forschen und die Lebenszyklen von Nanomaterialien zu untersuchen. Bei technischen Produkten und Neuerungen sind derzeit insbesondere Explosivkörper, Verpackungen, Baumaterialien, Batterien und Additive Fertigungsverfahren (3D-Druck) zu nennen. Nicht in das Aufgabengebiet der BAM fallen Risikobewertungen und Auskünfte zu konkreten, nicht technischen Gefahren und Gefährdungen durch Nanomaterialien.

Zuständig hierfür sind unsere Kooperationspartner:

- Für gesundheitliche und toxikologische Fragen:
Bundesinstitute für Risikobewertung.

- Für umwelttoxikologische Fragen, und Freisetzung von Nanomaterialien:
Umweltbundesamt
- Für Fragen zur Belastung von Arbeitsplätzen mit Nanomaterialien:
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Emission von Nanoobjekten

Die Freisetzung von Nanoobjekten (z.B. Nanopartikel, Nanofasern, Nanoplättchen) kann bei unterschiedlichen Prozessen erfolgen. Eine direkte Entstehung von Nanoobjekten kann z.B. an Laserdruckern beobachtet werden. Bei Verbrennungsprozessen entstehen ebenfalls Nanoobjekte. Abrieb (z.B. von Bremsen, Reifen) ist ein weiterer klassischer Weg für die Freisetzung von Nanoobjekten. Es können auch bei Zersetzungsprozessen Nanoobjekte entstehen, wie die gerade sehr aktuellen Untersuchungen zu Mikro- und Nanoplastik zeigen. Das Verständnis für den Ablauf solcher Prozesse ist die Grundlage für eine Quantifizierung und damit die Bewertung der genannten Emissionen sowie ein Beitrag zur Entwicklung anwendungssicherer Nanomaterialien. Verschiedene Forschungsprojekte der BAM befassen sich daher mit den Emissionen von Nanoobjekten.

Ein weiterer klassischer Weg der Freisetzung ist die Verstaubung z.B. in Arbeitsprozessen, Transport oder Störfällen. Die BAM hat den Auftrag Grenzwerte und Vorschriften für sicherheitsrelevante Emissionen festzulegen, um Explosionen und Brandgefährdung vorzubeugen.

Nachweis von Nanomaterialien in der Umwelt

Nanoobjekte sind kleiner als die Wellenlänge des Lichtes und daher mit klassischen Verfahren (z.B. Lichtmikroskopie) in der Umwelt nicht nachweisbar. Jedes Trägermedium (Luft, Wasser, Erde, Biologie) erfordert eine spezielle Probenahme, Probenaufbereitung und Nachweismethodik.

Der Nachweis in der Luft erfolgt in der Regel über eine gleichmäßig strömende Luftansaugung und ein Mobilitätsspektrometer, welches die Nanoobjekte nach Größe sortiert und anschließend über Lichtstreuung oder elektrische Ladung zählt. Dies erfolgt möglichst unter kontrollierten Laborbedingungen, da in der Außenluft bereits viele natürliche Nanoobjekte vorhanden sind.

Der Nachweis von Nanoobjekten in Wasser wird in der Regel durch andere, größere Inhaltstoffe im Wasser erschwert. Diese müssen z.B. durch Sedimentation oder Ultrazentrifugation abgetrennt werden, damit der anschließende Nachweis von Nanoobjekten durch Lichtstreuung oder Elektronenmikroskopie gelingt.

Boden enthält bereits viele Bestandteile, die in den nanoskaligen Bereich einzuordnen sind. Der Nachweis von Nanoobjekten kann daher nur für spezifische Materialien erfolgen, z.B. besondere Elemente (Silber, Gold, Antimon, Lanthanide) oder besondere Formen (Nanoröhrchen).

Alterung und Entsorgung von Nanomaterialien

Nanomaterialien haben durch verschiedene physikalische und chemische Prozesse eine starke Neigung zu Agglomeration und Aggregation. Während die Agglomeration reversibel ist, sind aggregierte Nanomaterialien in der Regel nicht mehr trennbar. Durch Aggregation verringert sich die bei Nanomaterialien üblicherweise sehr große Gesamtoberfläche, welche einen besonderen technischen Nutzen der Nanomaterialien darstellt, z.B. als Energiespeicher in Batterien. Je länger die Aggregation verhindert werden kann, desto länger können Batterien effektiv genutzt werden und desto weniger Abfall entsteht.

Kohlenstoff-Nanoröhrchen sind ein faserförmiges Nanomaterial. Verschiedenen Materialien können Kohlenstoff-Nanoröhrchen zugefügt werden, um z.B. eine besondere Festigkeit des Materials zu erreichen. Bei Bruch und Zerfall eines solchen Materials könnten jedoch entsprechende Fasern freigesetzt werden. Diese Nanofasern oder Bruchstücke von Nanofasern wären aufgrund ihrer Größe lungengängig und könnten auch tiefere Bereiche der Lunge erreichen. Die Entsorgung entsprechender Produkte ist schwierig, da nur spezielle Hochtemperaturöfen die Nanofasern vollständig verbrennen.

Künstlich hergestellte Nanomaterialien bestehen in der Regel aus mehreren Bestandteilen. Neben dem Kernmaterial ist häufig eine technisch wirksame Oberflächenbeschichtung aufgebracht, und die Partikel werden im Endprodukt in ein Trägermaterial (z.B. Harz, Sonnencreme) eingebettet. Das Trägermaterial unterliegt Alterungsprozessen und kann zur Freisetzung der Nanomaterialien führen. Für die Nutzungsdauer ist das Wissen über Einflüsse, die zu einer Alterung führen (z.B. UV-Stahlung) von hoher Bedeutung. Aus den gewonnenen Erkenntnissen können Strategien für den Umgang mit nanomaterialhaltigen Abfällen abgeleitet werden.

Wechselwirkung von Biologie mit Nanomaterialien

Eine klassische Anwendung von Nanomaterialien ist ihr Einsatz als wasserabweisende Oberflächenbeschichtung, gegen Verschmutzung und Besiedlung von Oberflächen mit Bakterien und Pilzen eingesetzt. Die BAM arbeitet mit Kooperationspartnern aus Wissenschaft und Wirtschaft an Materialbeschichtungen, welche die Besiedlung von Oberflächen mit Bakterien und Pilzen minimieren. Dabei nutzt die BAM ihre langjährigen Erfahrungen in der biologischen Testung der Wirksamkeit von bioziden Materialbeschichtungen. Zudem beschäftigt sich die BAM mit potentiellen Risiken, die von solchen bioziden Materialbeschichtungen ausgehen. Eine zentrale Frage dabei ist, ob biozide Materialbeschichtungen (klassisch oder nano) zur Verbreitung von antimikrobiellen Resistenzen beitragen.

Spezifische Eigenschaften von Nanomaterialien werden beispielsweise bei Gläsern, Bremsen, Reifen, Ketchup, Sonnencreme, Tennisschlägern und Autokarosserien genutzt. Sicherheitsbedenken beim Einsatz von Nanomaterialien sollten bereits im Vorfeld ausgeschlossen werden. Der von der Bundesregierung geförderte „Safe by design“-Ansatz soll dieses sicherstellen und wird z.B. bei den Additiven Fertigungsverfahren (3D-Druck) in der BAM begutachtet.

Eine technische Herausforderung stellt die Aufbringung von Nanopartikeln auf Zellkulturen dar. Neben der exakten Bestimmung der applizierten Dosis sind z.B. die Führung von Flüssigkeits- und Luftströmen, dosiserhöhende technische Maßnahmen (z.B. elektrostatische Felder) und die Selektion von Nanopartikeln Aspekte, die an der BAM adressiert werden. Weiterhin sind für toxikologische und umwelttoxikologische Untersuchungen Positiv- und Negativkontrollen mit Referenz-Nanomaterialien der BAM wichtig.

Arbeitsschwerpunkte in nanoSicherheit

Registrierung von Nanomaterialien unter REACH

Zu einem verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien gehört es, nicht nur die Möglichkeiten neuer Technologien zu nutzen, sondern auch rechtzeitig mögliche Risiken zu erkennen.

Laut Empfehlung der Europäischen Kommission soll ein Nanomaterial so definiert sein, dass mindestens 50% der Anzahl der Partikel in einem Material kleiner als 100 nm sind. Die zu verwendenden Messmethoden werden nicht benannt. Ab dem 1. Januar 2020 ist diese Definition

Grundlage für die Registrierung von Nanomaterialien unter REACH. Die Forschungsprojekte NanoReg2 und NanoDefine sowie das OECD-Prüfrichtlinienprogramm haben aufgezeigt, dass für die Umsetzung der Definition „Nanomaterial“ in REACH zum einen die Messmethoden vorhanden sein müssen, um Größe und Größenverteilung von Nanomaterialien in verschiedensten Matrices zuverlässig zu bestimmen, und zum Anderen dafür entsprechendes Expertenwissen benötigt wird. Beides ist aber ein erheblicher Kostenfaktor insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen. Die BAM als unabhängige Materialforschungs- und Prüfeinrichtung kann hier Hilfestellung bei der Identifizierung von Nanomaterialien leisten und weitere notwendige Parameter für die Registrierung unter REACH bestimmen.

Die BAM beteiligt sich an der Erstellung der für die Registrierung notwendigen physikalisch-chemischen Prüfrichtlinien der OECD. Dies sind u.a.:

- Prüfrichtlinie zur Bestimmung von Partikelgröße und Anzahlgrößenverteilung von Nanomaterialien
- Identifikation und Quantifizierung von Oberflächenchemie und -beschichtung auf nano- und mikroskaligen Materialien
- Prüfrichtlinie für die Bestimmung des Verstaubungsverhaltens von Nanomaterialien
- Prüfrichtlinie zur Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Nanomaterialien

Transformation von Nanomaterialien – Lebenszyklus von Nanomaterialien

Freisetzung, Nachweis, Alterung und Entsorgungssicherheit sind wichtige Themen, um den Stand des Wissens zum Lebenszyklus von Nanomaterialien zu erweitern. Der „Safe by design“-Ansatz soll diese Themen zusammenzufassen und den Lebenszyklus von Nanomaterialien abzubilden. Dieser Arbeitsschwerpunkt soll dazu beitragen, die vorhanden technischen und wissenschaftlichen Lücken zu schließen um eine komplette Lebenszyklus-Betrachtung durchführen zu können. Neben Untersuchungen zur Zersetzung von Matrixmaterial und zum Nachweis in Matrixmaterial und zum Agglomerationsverhalten sind insbesondere neue „vor Ort“-Messverfahren erforderlich. Exemplarische Forschungsprojekte sind z.B. der Lebenszyklus von Nanopartikeln in Tattoofarben oder von Nanofasern in Beton.

Kontakt

Dr. Harald Bresch

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

[Fachbereich Materialien und Luftschadstoffe](#)

Telefon: 030 8104-3364

E-Mail: Harald.Bresch@bam.de