

„NANO 2.0“ – RISIKOMANAGEMENT BEI NEUEN MATERIALIEN



Dr. Christoph Meili,
Geschäftsführer,
Die Innovationsgesellschaft,
St. Gallen

In den letzten Jahren sind unter dem Begriff «Emerging Materials» zahlreiche neue Materialien entwickelt worden. Viele davon enthalten Nanomaterialien. Mit diesen lassen sich aufgrund ihrer neuen Eigenschaften innovative Produkte realisieren. Neue Materialien können aber auch neue Risiken bergen. Großschäden sind bei Nanomaterialien bisher zwar keine bekannt. Schadenfälle mit brennenden Lithiumionen-Akkus und explodierenden Handys machen jedoch deutlich, dass die Anwendung von Nanotechnologien oder Nanomaterialien in Massenprodukten ein gewisses Schadenpotenzial birgt. Ein Monitoring-Tool hilft Unternehmen bei der Analyse, Bewertung und beim proaktiven Risiko-Management.

Neue Materialien mit neuen Eigenschaften

Nanotechnologien¹ (NT) und Nanomaterialien² (NM) gelten längst als Schlüsseltechnologien bzw. -materialien. Sie werden in vielen Industrie- und Konsumprodukten eingesetzt. Sonnencremes mit

transparentem UV-Schutz, antimikrobielle Textilien, kratzfesten Lacke oder Druckertoner sind nur einige Beispiele. Synthetische NM werden aufgrund der Verbesserungen der Materialeigenschaften gegenüber Bulkmaterialien³ gezielt verwendet. Bedingt durch die geringe Größe, verfügen sie über eine große spezifische Oberfläche, welche mit einer erhöhten Reaktivität einhergeht. Die globale Produktion von NM beträgt – je nach verwendeter Definition – ca. 11 Mio. Tonnen pro Jahr. Dabei entfällt der mengenmäßig größte Teil auf Carbon Black (Industrie-Russ), welches in Autoreifen verwendet wird.

Industrielle Nanomaterialien auf dem Vormarsch

Kürzlich ließ FORD verlauten, dass das Unternehmen als erster Hersteller weltweit Graphen in seine Autos einbauen werde. Graphen (sprich: „Grafeen“) ist der neue „Shooting-Star“ unter den NM. Die Entdeckung im Jahr 2004 wurde bereits 2010 mit dem Nobelpreis belohnt. Beim Material handelt es sich um nanometerdünne „Plättchen“ oder Folien, welche aus einer einzigen Schicht von Kohlenstoffatomen bestehen. Die Atome sind netzartig angeordnet und halten felsenfest zusammen. Graphen verfügt über außergewöhnliche chemische, physikalische und elektrische Eigenschaften. Es ist 200-mal stärker als Stahl, ein exzellenter elektrischer und Wärmeleiter und durchlässig für Licht. Ford will Graphen-verstärkte Schaumstoffe zur Verstärkung und Lärmreduktion in Pumpen, Einspritzleitungen, Riemenscheiben und kettenbetriebene Motoren einbauen. Das Material soll aber nicht nur im Automobilbau eingesetzt werden. Aufgrund seiner Flexibilität und Lichtdurchlässigkeit soll es auch in Touch-Screens von Smartphones, Tablets, Laptop-Bildschirmen, Uhren und interaktiven Whiteboards eingesetzt werden. Mit dem Einsatz von Graphen werden flexible Screens möglich. Ein anderes, mit Graphen verwandtes NM, sind die sog. „Carbon Nanotubes“ (CNT). Die

Kohlenstoffatome bilden sehr lange und nur wenige Nanometer dünne Röhren. Diese verfügen ebenfalls über außergewöhnliche chemische und physikalische Eigenschaften, wie bspw. eine extrem gute elektrische Leitfähigkeit. CNTs ermöglichen in Touch-Screens eine sehr viel schnellere Reaktionszeit der Bildschirme. Sowohl CNT als auch Graphen haben ein enormes wirtschaftliches Potenzial. Bislang wurden diese Materialien in relativ geringen Tonnagemengen produziert und eingesetzt. Mit dem breiten Einsatz in der Automobil- und der Elektronikindustrie dürfte eine starke Zunahme der Produktionsmengen und der Verbreitung zu erwarten sein.

Ein vielschichtiges Risikoprofil

Obwohl sich die Risikoforschung seit über 15 Jahren mit den potenziellen Risiken von NM für Mensch und Umwelt beschäftigt, gibt es noch keine abschließenden Antworten. Materialien wie Graphen oder CNTs stehen im Verdacht, unbekannte Risiken für Mensch und Umwelt zu bergen. Nachfolgend werden die Schwerpunkte Gesundheits-, Arbeitsplatz- und Umweltrisiken beleuchtet.

Gesundheitsrisiken für den Menschen

Bei den Gesundheitsrisiken spielt die Inhalation staubförmiger NM eine Schlüsselrolle. Die Wirkungen nach Inhalation variieren allerdings bei Versuchstieren von „asbestähnlich“ (wie im Fall gewisser langer und starrer CNTs) bis zu „kein Effekt“. Die stärksten Wirkungen treten bei Materialien auf, die über eine faserige oder kristalline Form verfügen, toxische Ionen freisetzen oder eine spezifische Toxizität aufweisen. Auch treten bei gewissen Materialien nano-spezifische Effekte auf. Welche Konzentrationen und Zeiträume nötig sind, um negative Wirkungen hervorzurufen, ist unklar, da praktisch keine empirischen oder epidemiologischen Studien zur Wirkung am Menschen vorliegen. Für gewisse faserartige Stoffe wird eine ähnlich lange Latenzzeit wie für Asbestfasern vermutet. Bei Graphen haben erste Experimente mit Tieren ergeben, dass die

¹ Unter Nanotechnologien versteht man das Studium der Eigenschaften und die gezielte Modifikation von Materialien auf atomarer, molekularer oder makromolekularer Ebene

² Materialien, welche Strukturen mit Außenmaßen im Nanometermaßstab (d.h. im Größenbereich zwischen 1 und 100 nm, wobei 1 Nanometer 10⁻⁹ Meter entspricht) oder innere Strukturen oder Oberflächenflächenstrukturen im Nanometermaßstab aufweisen.

³ Bulkmaterialien sind „herkömmliche“ Materialien in Lieferform, also nicht-nanoskalige Materialien.

Lunge nach dem Einatmen von Graphen durchaus geschädigt werden könnte. Daher rühren erste Bedenken zur Sicherheit von Graphen und Graphenoxid von Lungenspezialisten.

Arbeitsplatzrisiken

Einen speziellen Bereich bei den Gesundheitsrisiken stellen die Risiken am Arbeitsplatz dar. Besonders hoch ist die mögliche Exposition, wenn NM als freie Objekte (z.B. als Pulver) vorliegen und wenn ohne ausreichende Schutzmaßnahmen gearbeitet wird. Zu hohen Expositionen kann es kommen, wenn zur Herstellung oder Verarbeitung von NM offene Systeme verwendet werden und/oder wenn die Arbeitshygienebedingungen und Schutzmaßnahmen ungenügend sind. Ein erhöhtes Risiko besteht in Labors, in denen die Belegschaft oft wechselt (z.B. Hochschulen) und die Installation und Durchsetzung eines Risikomanagement- und Kontrollsystems eine besondere Herausforderung darstellt. Eine große Bedeutung kommt hier der Aus- und Weiterbildung von Mitarbeitenden sowie der konsequenten Umsetzung und Kontrolle der Schutzmaßnahmen zu. In Deutschland hat die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) zusammen mit verschiedenen Berufsgenossenschaften ein Nano-Portal (nano.dguv.de) mit branchenspezifischen, interaktiven Lerntools (sog. „Nanoram“) entwickelt.

Umweltrisiken

Für potenzielle Nano-Umweltschäden sind vor allem schwer abbaubare und biologisch aktive NM relevant. NM können z.T. umwelttoxische Ionen abgeben, wie dies z.B. bei Nanosilber oder „Quantum-Dots“ (Cadmium-Selenid) der Fall ist. Umweltschäden können auftreten, wenn große Mengen an NM in die Umwelt gelangen. Dies kann z.B. durch plötzliche Freisetzung aus Produktionsanlagen (z.B. bei Leckagen) oder allmählich, beispielsweise durch Sonnencremes in Gewässern (Transfer von nanoskaligen UV-Filtern) geschehen. Die Nanopartikel liegen dort in Form von Suspensionen vor und können damit sehr leicht in die Umwelt gelangen. NM können auch über den Abbau und die Zerkleinerung von Mikroplastik in die Umwelt und damit in die Nahrungskette gelangen. Es ist derzeit noch wenig er-



forscht, was mit NM nach der Nutzungsphase der Produkte geschieht (Recycling, Entsorgung). Es ist aber davon auszugehen, dass NM, welche nicht im Abfall verbrannt werden, entweder auf Mülldeponien gelagert oder über die Kläranlage (z.B. via Mikroplastik) in Fließgewässer eingetragen werden. Stabile NM könnten sich dann im Boden oder im Wasser über längere Zeiträume anreichern, was erhöhte Konzentrationen (z.B. in Sickerwässern oder in der Nahrungskette) zur Folge haben könnte.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass...

- die Aufnahme und Wirkungen vom Material, von der Größe, der Form, der Löslichkeit und den Beschichtungen abhängen.
- die Inhalation von NM beim Menschen der gefährlichste Expositionspfad ist, gefolgt von der oralen Aufnahme. Bei Hautkontakt ist das Expositionsrisiko eher gering, da die intakte Haut eine gute Barriere darstellt.

Auf Grund ihrer geringen Größe können bestimmte NM auch in Zellen und sogar in den Zellkern eindringen. Dort können sie den Zellstoffwechsel beeinflussen bzw. mit der Erbsubstanz interagieren. Bestimmte NM können die Blut-Hirnschranke überwinden und so bis ins Gehirn vordringen.

Die Regulierung als Herausforderung für Unternehmen

Neben den toxikologischen Fragen stellen Unsicherheiten in der Regulierung für Unternehmen ein nicht zu unterschätzendes Risiko dar. Auf europäischer Ebene

werden NM von verschiedenen Gesetzen und Verordnungen erfasst (z.B. REACH⁴, Kosmetik⁵, Biozidprodukte⁶, Medizinprodukteverordnung⁷). Die meisten Regelungen beziehen sich allerdings nicht speziell auf NM bzw. deren größenbedingten, spezifischen Eigenschaften. NM werden wie konventionelle Chemikalien reguliert. In der EU gibt es in einigen Staaten nationale Melderegister für NM. Für die allermeisten Länder besteht keine Registrierungspflicht. Deshalb ist es den Behörden nicht möglich, eine vollständige Marktübersicht zu gewährleisten. Ob und in welchen Mengen NM in Produkten eingesetzt werden, ist faktisch nicht bekannt. Entlang der Lieferkette kann dies zu problematischen Informationsdefiziten und „Black-Boxes“ führen. Verarbeitende Unternehmen sind damit oft nicht in der Lage gegenüber Abnehmern und Endkonsumenten differenzierte Angaben zu den verwendeten NM in ihren Produkten zu machen.

International unterschiedliche Regimes als Hürde

International ist eine sehr unterschiedliche Regulierungsdichte zu beobachten. Während in der EU teilweise nano-spezifische Bestimmungen und Deklarations-

4 Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH).

5 Verordnung (EG) Nr. 1223/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 30. November 2009 über kosmetische Mittel.

6 Verordnung (EU) Nr. 528/2012 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Mai 2012 über die Bereitstellung auf dem Markt und die Verwendung von Biozidprodukten.

7 Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Medizinprodukte und zur Änderung der Richtlinie 2001/83/EG, der Verordnung (EG) Nr. 178/2002 und der Verordnung (EG) Nr. 1223/2009

360° Monitoring-Tool für Emerging Risks

Emerging Risks (ER) sind neue oder sich schnell ändernde Risiken mit hoher Unsicherheit bezüglich Auswirkungen, Eintreten und Schadensausmaß. Dazu zählen Risiken aus dem Technologiebereich wie Cyber- oder Nano-Risiken, aber auch Gesundheits- oder Umweltrisiken. In Zusammenarbeit mit Versicherungen und Unternehmen wurde ein 360° Monitoring-Tool für Emerging Risks entwickelt. Es basiert auf der Analyse und Bewertung von aktuellen, wissenschaftlichen und regulatorischen Daten. Dabei werden Risiken im Hinblick auf verschiedene Einzelkriterien wie z.B. Regulations-, Kunden-, Stoff- und Kumulrisikopotenzial analysiert und bewertet. Die Risiken werden in Risikoklassen eingeteilt und als Risikoprofil visualisiert. Das Monitoring wird kundenspezifisch aktualisiert.



christoph.meili@innovationsgesellschaft.ch

<http://www.emergingriskscenter.ch/>

vorschriften für Kosmetika, Biozide und Lebensmittel eingeführt wurden, existieren in den USA derzeit keine verbindlichen, spezifischen Anforderungen oder Deklarationspflichten. Zwar werden in den USA für bestimmte NM von Fall zu Fall Vorschriften erlassen, gleichzeitig wurden aber auch ganze Gruppen von NM als „alte“ (d.h. bereits registrierte) Materialien klassiert. Diese können somit nur ungenügend evaluiert bzw. reguliert werden. Die amerikanische Environmental Protection Agency (EPA) kann hauptsächlich „neue“ NM oder neue Anwendungen bestehender NM regulieren. Typischerweise legt die EPA von Fall zu Fall Mindestanforderungen an den Arbeitsschutz und die Sicherheit der Materialien fest. Mehrere Anläufe, neue Materialien und Anwendungen nicht mehr mittels Case-by-Case-Verfahren zu regulieren, sind bis heute erfolglos geblieben. Die große Schwäche des Systems liegt darin, dass die Sicherheit „alter“ NM nur ungenügend überprüft wird und die Verwendung nicht ausreichend reguliert wird. Als Beispiele können hier bestimmte Nanoformen von Metalloxiden aufgeführt werden, welche die EPA indirekt zu „alten“ Materialien erklärt hat. Die international sehr unterschiedlichen Regulierungsarten können für Rechtsunterworfenen mit erheblichen Risiken und ggf. hohen Kosten verbunden sein.

Ein „Risiko-Amalgam“ für Versicherer und Versicherte

Eine Studie des Rückversicherers Gen Re⁸ kam bereits 2012 zum Schluss, dass NT durchaus das Potenzial haben könnten, sich zu einem realen Risiko für Haftpflichtversicherer zu entwickeln. Dies

⁸ Gen Re (2012). Vorausschauender Umgang mit Nanotechnologien im Rahmen der Haftpflichtversicherung.

vor allem, weil die potenziellen Risiken durch die weltweite Verbreitung von NM in zahlreichen Produkten und Industrien eine große Zahl von Individuen betreffen würde. Laut GenRe können davon

- Betriebshaftpflichtversicherung
- Produkthaftpflichtversicherung
- Umwelthaftpflichtversicherung
- Produktrückruf
- Arbeiterunfallversicherung

betroffen sein. Angesichts der steigenden Klagebereitschaft könnten Schadenersatzansprüche wegen behaupteter Schäden durch NM oder Produkten ebenfalls zunehmen. Die unlimitierte passive Rechtsschutzfunktion könnte dann angesichts der Komplexität von NT für (Rück-) Versicherungen eine aufwändige Schadenabwehr mit hohen Kosten mit sich bringen. Seit der Publikation dieser Studie haben sich zwar keine NT-Großschäden ergeben. Mit der zunehmenden Verbreitung von NM und Nanoprodukten in der Industrie und bei Konsumprodukten könnte sich dies allerdings rasch ändern. Das starke Interesse an NM wie Graphen und CNT ist als starker Treiber zu sehen. Unklar sind zudem Anwendungen der NT, welche nicht nur mit NM, sondern mit der Anwendung dieser Technologie (z.B. Lithium-Ionen Akkus) in Zusammenhang stehen.

Fazit

NT und NM haben bei der Entwicklung von neuen Materialien ein enormes wirtschaftliches Potenzial. Auf der anderen Seite muss davon ausgegangen werden, dass die potenziellen Risiken von NM in diesen neuen Materialien in absehbarer Zeit nicht abschließend geklärt werden können. Um eine erfolgreiche Entwicklung und nachhaltige Nutzung dieser neuen

Materialien zu gewährleisten, sollten auch potenzielle Risiken neuer Materialien, nicht nur von NM und NT, im Auge behalten werden. Gleichzeitig soll der Fokus bei der Risikobetrachtung geschärft werden. Unternehmen begegnen den bestehenden Unsicherheiten am besten, indem sie

- **Versteckte Risiken erkennen:** Bei neuen Materialien, welche NM bzw. NT-Anwendungen enthalten, können Risiken auftreten, die mit der Verkleinerung der Strukturen einhergehen, aber nicht direkt an bestimmte NM gebunden sind (s. Lithium-Ionen-Akkus in Handys). Diese übergreifenden und häufig versteckten Risiken gilt es frühzeitig zu erfassen, zu analysieren und hinsichtlich Risikopotenzial zu bewerten.
- **Risikokompetenz und Risikomanagement-Systeme fördern:** Risiko-Managementsysteme und -ausbildungen sind zwar keine Garantien für einen schadenfreien Umgang mit neuen Materialien. Die Existenz und Implementierung solcher Tools fördert jedoch die Verbesserung der Bedingungen und trägt wesentlich zur Reduktion der Risiken auf Unternehmensstufe bei.
- **Proaktives Monitoring betreiben:** Die Entwicklungen auf dem Gebiet der NT schreiten sehr schnell voran – dies betrifft die Materialentwicklung und die Sicherheitsforschung auf der einen als auch die gesellschaftlichen und regulatorischen Entwicklungen auf der anderen Seite. Aus diesem Grund sollten Unternehmen im Bereich neuer Materialien grundsätzlich ein proaktives und umfassendes Monitoring mit Frühwarnsystem betreiben. ■