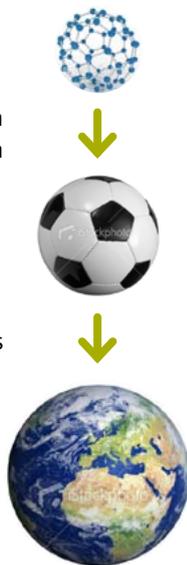


## SCHLÜSSELTECHNOLOGIE NANOTECHNIK CHANCEN FÖRDERN – RISIKEN MINDERN

**TITELTHEMA** Nanotechnologien gewinnen weltweit an wirtschaftlicher Bedeutung. Das bekannteste Beispiel für Nanotechnik ist wohl die selbstreinigende Oberfläche durch den Lotuseffekt. Viele Unternehmen aus den Hauptbranchen Chemische Industrie, Autobau, Elektrotechnik und Handel beschäftigen sich mit der Nanotechnologie und entwickeln immer neue Nutzungsmöglichkeiten. Dabei wird der Begriff Nanotechnik in den letzten Jahren inflationär benutzt: Es existieren Exoten wie „Schuhsprays mit Nanoeffekt“ oder „Feinste Schokolade durch Nanotechnologie“.

So gut wie jeder Mensch hat schon einmal Kontakt mit Nanopartikeln gehabt – ob absichtlich oder nicht. Allein die Zahl der heute auf dem Markt befindlichen Produkte auf Basis synthetischer Nanopartikel liegt schätzungsweise bei etwa 500. Dazu zählen Sonnencremes mit hohem UV-Schutz, kratzfeste Autolacke, aber auch Babywindeln zur besseren Absorption der Feuchtigkeit.



Ein Nanostruktur-  
element verhält  
sich in der Größe  
zu einem Fußball  
wie der Fußball  
zur Erde

Anders als „ultrafeine Stäube“, die unabsichtlich bei thermischen Prozessen entstehen und in die Atmosphäre dringen (Motorabgase, Schweißprozesse, Kerzenlicht) werden Nanopartikel wegen ihrer besonderen Eigenschaften gezielt hergestellt.

Die Vorsilbe „nano“ leitet sich aus dem griechischen „nanos“ für „zwergenhaft“ ab. Gegenstand der Nanotechnologie ist die Herstellung und Untersuchung von funktionalen Strukturen, die kleiner als 100 Nanometer sind. Ein Nanometer ist der millionste Teil eines Millimeters. In dieser kleinsten Größenordnung werden neuartige Funktionalitäten der Materialeigenschaften möglich. Durch ihre kleine Größe treten quantenphysikalische Effekte auf, es verändern sich Eigenschaften wie Löslichkeit, Transparenz, Farbe, Leitfähigkeit oder Schmelzpunkt. Diese Eigenschaften machen die Nanotechnologie so vielfältig und so interessant.

## EUGT-Position zur Nanotechnologie



**Dr. Gunter  
Zimmermeyer**  
Vorsitzender  
der EUGT

Nanotechnologie ist zukunftsstrahlend. Sie wird wie die Bio- und Informationstechnologie zunehmend die Lebensbereiche aller Menschen durchdringen. Dabei sind sämtliche Anwendungen heute noch gar nicht absehbar. Die Eigenschaften der Nanopartikel werden jedoch dazu beitragen, die Technik zu optimieren und den Alltag zu erleichtern. Mit einer rasanten Entwicklung in den nächsten Jahren ist zu rechnen: Je stärker Nanopartikel den Alltag durchdringen umso zahlreicher werden auch Fragen nach möglichen Gesundheits- oder Umweltgefährdungen durch Nanomaterialien. Zwar ist nach Ansicht des Umweltbundesamtes derzeit eine Gefährdung von Mensch und Umwelt nicht zu erwarten, solange Nanopartikel fest in Materialien eingebunden sind. Aber beispielsweise bei Sprays, die Nanomaterialien als Teilchen freisetzen, können diese sich über die Luft verbreiten und über die Atemwege aufgenommen werden. Erhebliche Forschungsaktivitäten laufen oder sind angestoßen, um mögliche Gefährdungen durch die Anwendung von Nanomaterialien sicher erkennen zu können. Auf diesem Kenntnisstand muss eine fachgebietsübergreifende Diskussion der notwendigen Aktivitäten eingeleitet werden, um die wichtigsten Fragen zu klären. Darauf ist der interdisziplinäre Forschungsbeirat der EUGT in der derzeitigen Zusammensetzung bestens vorbereitet.

### NANOTECHNOLOGIE IN HANDEL, INDUSTRIE UND MEDIZIN

Heutige Anwendungen der Nanotechnologien in der Industrie liegen beispielsweise im Einsatz nanoskaliger Rußpartikel in Autoreifen, die maßgeblich für die exzellenten Eigenschaften wie gute Haftung oder lange Lebensdauer verantwortlich sind. Computerfestplatten können durch nanometerdünne Beschichtungen eine Oberflächenfunktionalisierung erhalten. In der Medizin können die speziellen Eigenschaften der Nanomaterialien genutzt werden, um gezielt die Blut-Hirn-Schranke für Therapeutika passierbar zu machen.



# TOXIKOLOGIE VON NANOPARTIKELN

ANDERS ALS VIELE ANDERE HOCHTECHNOLOGIEN HABEN NANOTECHNOLOGIEN QUERSCHNITTSCHEINERTRAG UND BESITZEN DAMIT EIN BREITES ANWENDUNGSPOTENZIAL IN VIELEN WIRTSCHAFTLICHEN BEREICHEN – NICHT ZULETZT IN DER AUTOMOBILBRANCHE. ES SIND ABER GERADE DIESE AUSSERGEWÖHNLICHEN EIGENSCHAFTEN VON NANOPARTIKELN, DIE ES UNVERZICHTBAR MACHEN, DURCH FORSCHUNG SICHERZUSTELLEN, DASS DIE RISIKEN IM UMGANG MIT IHNEN VERANTWORTBAR BLEIBEN.

## IM GESPRÄCH



Prof. Dr. Helmut Greim ist Facharzt für Pharmakologie und Toxikologie und Vorsitzender des EUGT-Forschungsbeirates

**KOMPAKT** Prof. Greim, Sie beschäftigen sich seit Jahren mit Nanopartikeln. Sie bieten vielfältige Möglichkeiten in der Materialentwicklung, bei der Risikobewertung unterscheidet man zwischen Nanoteilchen, die fest im Material eingebunden sind, und freien Partikeln. Wie unterscheiden sich Nanopartikel in ihrer Toxizität noch voneinander?

**PROF. GREIM** Nanopartikel unterscheidet man nicht nur in gebundene oder freie, sie haben vielfältige Eigenschaften und können nicht als einheitliche Gruppe betrachtet werden, sodass auch nicht zu erwarten ist, dass sie in ihrer Toxizität übereinstimmen. Daher ist es erforderlich, dass die für die Untersuchungen verwendeten Nanopartikel gut charakterisiert sind, um die Ergebnisse einer bestimmten Partikelart zuordnen zu können. Die umfangreichen Studien der letzten Jahre haben jedoch zunehmend die Zusammenhänge zwischen den spezifischen Eigenschaften der Nanopartikel und ihrer Toxizität aufgeklärt.

**Wie können Nanopartikel in den Körper gelangen?**

Eine mögliche Aufnahme von löslichen Nanopartikeln in den Organismus erfolgt über die Atemwege,

die Haut und den Mund oder durch eine Kombination dieser Aufnahmepfade. Die Atemwege sind wahrscheinlich der bedeutendste Aufnahmeweg. Nanopartikel konzentrieren sich hauptsächlich auf die Lunge und den Magen-Darm-Trakt, da Partikel nach Inhalation aus der Lunge zurücktransportiert und dann verschluckt werden können. Dies gilt hauptsächlich für die nicht-löslichen Nanopartikel. Bei löslichen Partikeln ist die Toxizität des freigesetzten Materials zu berücksichtigen, so dass damit auch andere Organe betroffen sein können.

**Wie sind die gesundheitlichen Aspekte zu bewerten?**

Obwohl Nanopartikel auch in den Epithelien des Gefäßsystems und in den Riechnerven nachgewiesen worden sind, handelt es sich dabei um sehr geringe Mengen, so dass eine direkte Toxizität auf das Kreislaufsystem und das Gehirn sehr wenig wahrscheinlich ist. Die im Tierversuch nachgewiesenen Wirkungen auf das Herz-Kreislaufsystem sind sehr wahrscheinlich sekundär und lassen sich mit Störungen der Lungenfunktion bei hoher Belastung erklären. Bei der Wirkung auf die Lunge wird davon ausgegangen, dass sie der entspricht, die für Fasern und größere Partikel bekannt ist.

Fasern und Partikel werden je nach Größe in unterschiedlichen Bereichen der Lunge abgelagert und können bei entsprechend hohen Dosen dort zu entzündlichen Reaktionen und zu einer gesteigerten Zellteilung und schließlich zu Kanzerogenität führen. Die für die Gesundheitsgefährdung vermuteten Einflussfaktoren wie Partikeloberfläche, Oberflächenstruktur und Zusammensetzung sind messtechnisch im Nanobereich bisher nur über sehr aufwendige Verfahren zugänglich.

»ANGESICHTS DER VIELZAHL UNTERSCHIEDLICH MODIFIZierter NANOMATERIALIEN IST ES NICHT MÖGLICH, ALLE VARIANTEN ZU TESTEN. ES GILT ZU ERMITTELN, WELCHE PARAMETER FÜR DIE CHARAKTERISIERUNG DER NANOMATERIALIEN BEZÜGLICH DER GESUNDHEITLICHEN RISIKOBEWERTUNG RELEVANT SIND.«

**Gibt es eigentlich Grenzwerte?**

Voraussetzungen für das Festlegen von Grenzwerten sind bekannte Dosis-Wirkungs-Beziehungen, möglichst auf der Basis epidemiologischer und experimenteller Untersuchungen. Allenfalls müssen Analogieschlüsse herangezogen werden. Aufgrund der bisherigen Untersuchungen liegen noch keine klaren Dosis-Wirkungs-Beziehungen für Nanopartikel vor. Es besteht aber ein internationaler Konsens, dass es sich bei den gesundheitlichen Aspekten um Prozesse handelt, die erst oberhalb einer bestimmten Belastung auftreten: Durch die entzündungsbedingte Bildung reaktiver Sauerstoffspezies kommt es zu sekundärer Genotoxizität, für die sich ein Schwellenwert definieren lässt. Die Höhe dieses Wertes ist jedoch umstritten und dürfte zumindest für inerte Nanopartikel

im Bereich von 0,1 bis 0,2 mg/m<sup>3</sup> liegen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass chromosomale Veränderungen auch durch direkte Interaktion der Nanopartikel mit chromosomalen Strukturen wie Schädigung der Mitochondrien, Störungen antioxidativer Mechanismen oder direkte Gewebeschädigung ausgelöst werden.

**Wie sieht die Zukunft der Nanotechnologie aus?**

Damit die Nanotechnologie ihr Innovationspotenzial voll entfalten kann, sind wie bei jeder anderen Zukunftstechnologie Chancen und Risiken abzuwägen. Um bereits jetzt einen angemessenen Schutz von Gesundheit und Umwelt zu gewährleisten, empfiehlt die EU-Nanokommission eine umfassende Anwendung des Vorsorgeprinzips der EU-Kommission zur Minimierung möglicher Risiken.

**Literaturangaben**

Aiken R, Borm P, Donaldson K, Ichihara G, Loft S, Marano F, Maynard A, Oberdörster G, Stamm H, Stone V, Tran L, Wallin H (2009) Nanoparticles - one word: A multiplicity of different hazards. *Nanotoxicology* 3: 263-264.

Donaldson K, Craig A, Poland CA, Schins RPF (2010) Possible genotoxic mechanisms of nanoparticles: Criteria for improved test strategies. *Nanotoxicology* 4, 414-420

Fubini B, Ghiazza M, Fenoglio I (2010) Physico-chemical features in the toxicity of engineered nanoparticles. *Nanotoxicology* 4, 347-363

Gonzalez L, Thomassen LCJ, Plas G, Rabolli V, Napierska D, Decordier I, Roelants M, Hoet PH, Kirschhock CEA, Martens JA, Lison D, Kirsch-Volders M (2010) Exploring the aneugenic and clastogenic potential in the nanosize range: A549 human lung carcinoma cells and amorphous monodisperse silica nanoparticles as models. *Nanotoxicology* 4, 382-395

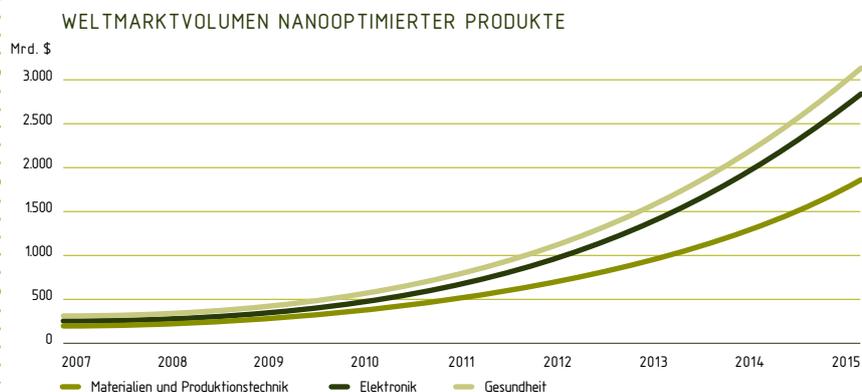
Greim H, Norppa H (2010) Genotoxicity testing of nanomaterials – Conclusions. *Nanotoxicology* 4, 421-424

Sargent L, Reynolds SH, Castranova V (2010) Potential pulmonary effects of engineered carbon nanotubes: In vitro genotoxic effects. *Nanotoxicology* 4, 396-408

**Immer mehr kleine Teilchen**

Selbstreinigende Oberflächen, Kosmetika oder Optische Sensoren: Nanotechnologie steckt in vielen Produkten und wird zukünftig noch innovativer eingesetzt.

Quelle: Entwicklung des Weltmarktes nanooptimierter Produkte. Quelle: Lux Research 2010 Das Marktpotenzial der Nanotechnologie



**ZUSAMMENFASSUNG**

- Studien führen nur mit ausreichender Charakterisierung des getesteten Materials und mit Dosis-Wirkungsbeziehung zu einem Erkenntnisgewinn.
- Bei löslichen Nanopartikeln wird die Toxizität von den freigesetzten Substanzen bestimmt.
- Unlösliche Nanopartikel agglomerieren und aggregieren und werden rasch von Proteinen eingehüllt. Es ist anzunehmen, dass dieses Material im biologischen Medium stabil ist.
- Von festgebundenen Nanomaterialien sind keine Umweltauswirkungen zu erwarten
- Nanopartikel liegen als Fasern oder Partikel vor, sodass die Kenntnisse der Faser- und Partikeltoxikologie für ihre Bewertung herangezogen werden können. Allerdings ist die höhere Toxizität der Nanopartikel zu berücksichtigen.
- Im Vordergrund der Nanopartikel-Toxizität stehen Lunge und der Magen-Darm-Trakt. Wirkungen auf andere Organe wie das Herz-Kreislaufsystem oder Gehirn sind sehr wahrscheinlich sekundär.
- Viele der im Tierversuch oder in vitro beobachteten Wirkungen sind nur bei hoher Dosierung bzw. Konzentration aufgetreten und ihre Bedeutung für die Exposition des Menschen ist zu überprüfen.
- Nanopartikel stoßen zwar neue Dimensionen auf, sind aber toxikologisch nichts grundsätzlich Neues und verursachen keine bislang unbekanntes Gesundheitsrisiken.

**IMPRESSUM**