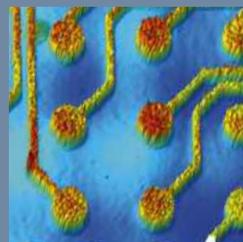
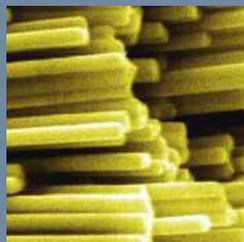
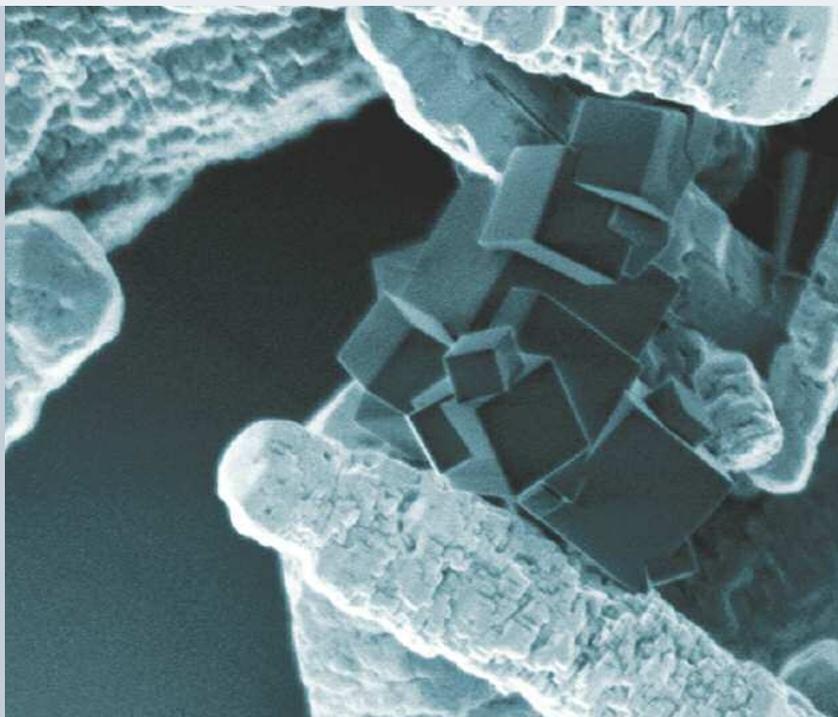




# Innovationsfördernde Good-Practice-Ansätze zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien

Supplement zum Leitfaden NanoKommunikation



An **Hessen** führt kein Weg vorbei.

# Impressum

## **Innovationsfördernde Good-Practice-Ansätze zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien - Eine Übersicht zu Handlungsempfehlungen für kleine und mittelständische Unternehmen in Hessen**

Supplement zum Leitfaden NanoKommunikation  
- Leitfaden zur Kommunikation von Chancen und Risiken der Nanotechnologien für kleine und mittelständische Unternehmen in Hessen, Band 4 der Schriftenreihe der Aktionslinie Hessen-Nanotech des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Erstellt von:

Dr. Antje Grobe, Viola Schetula  
Universität Stuttgart  
Stiftung Risiko-Dialog  
Zürcherstraße 12  
CH-8400 Winterthur  
Telefon +41 52 26276-11  
Fax +41 52 26276-29  
[www.risiko-dialog.ch](http://www.risiko-dialog.ch)

Redaktion:

Dr. Rainer Waldschmidt  
(Hessisches Ministerium für Wirtschaft,  
Verkehr und Landesentwicklung)  
Alexander Bracht, Markus Lämmer  
(Hessen Agentur, Hessen-Nanotech)

Herausgeber:

HA Hessen Agentur GmbH  
Abraham-Lincoln-Straße 38-42  
D-65189 Wiesbaden  
Telefon 0611 774-8614  
Fax 0611 774-8620  
[www.hessen-agentur.de](http://www.hessen-agentur.de)

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit der Angaben. Die in der Veröffentlichung geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit der Meinung des Herausgebers übereinstimmen.

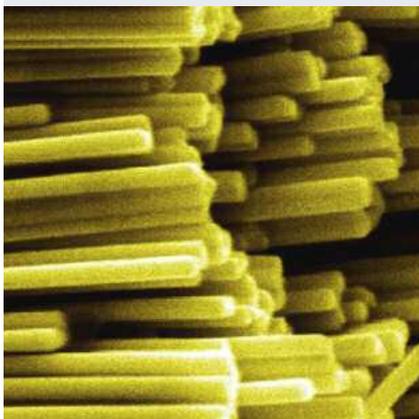
© Hessisches Ministerium für Wirtschaft,  
Verkehr und Landesentwicklung  
Referat Öffentlichkeitsarbeit  
Kaiser-Friedrich-Ring 75  
D-65185 Wiesbaden  
[www.wirtschaft.hessen.de](http://www.wirtschaft.hessen.de)

Vervielfältigung und Nachdruck - auch auszugsweise -  
nur nach vorheriger schriftlicher Genehmigung.

Gestaltung: WerbeAtelier Theißen, Lohfelden  
Titelabbildungen: Sustech, TU Darmstadt, Ametek, Uni Kassel  
Druck: Druckerei ausDRUCK, Kassel

[www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)

Mai 2008



TU Darmstadt, Arbeitsgruppe Prof. Dr. Ensinger

Innovationsfördernde  
Good-Practice-Ansätze  
zum verantwortlichen  
Umgang mit Nanomaterialien

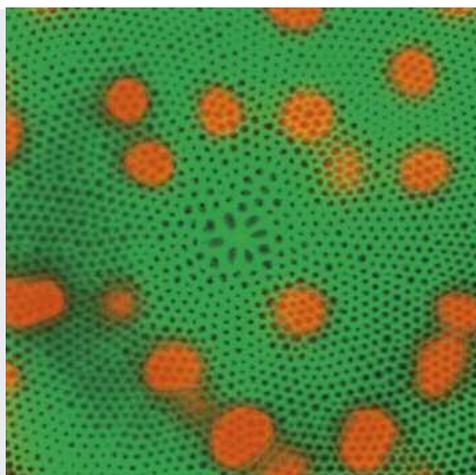
Eine Übersicht zu  
Handlungsempfehlungen für  
kleine und mittelständische  
Unternehmen in Hessen

Supplement zum  
Leitfaden NanoKommunikation

# Inhalt

---

|   |  |    |
|---|--|----|
| 1 | Zielsetzung der Good-Practice-Studie .....         | 1  |
| 2 | Definition von Nanomaterialien .....               | 3  |
| 3 | Risikobewertung von Nanomaterialien .....          | 6  |
| 4 | Messtechnik im Kontext von Nanomaterialien ....    | 12 |
| 5 | Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz .....              | 14 |
| 6 | Risikowahrnehmung und<br>Risikokommunikation ..... | 17 |
|   | Quellenverweise .....                              | 20 |



# 1 Zielsetzung der Good-Practice-Studie

Nanotechnologien versprechen branchenübergreifend einen gewaltigen Innovationsschub für Produkte und Verfahren. Um den Einsatz von Nanotechnologien und Nanomaterialien besonders in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) zu fördern, setzt das hessische Wirtschaftsministerium auf Technologietransfer und Innovationsförderprogramme. Gerade für KMU ist die Innovationsgeschwindigkeit und Marktnähe von großer Bedeutung für die Sicherung ihrer Wettbewerbsvorteile und zum Ausbau der Marktpotenziale im In- und Ausland.

Um Innovationen nachhaltig zu sichern, wird von der **Aktionslinie Hessen-Nanotech** des Hessischen Wirtschaftsministeriums neben der Stärkung von Forschungspotenzialen und Kooperationen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft auch die proaktive Auseinandersetzung mit Risikofragen gefördert. Durch verschiedene Veranstaltungen und Veröffentlichungen werden in dieser Aktionslinie frühzeitig Ansätze zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien in Entwicklung, Produktion und Entsorgung zielgruppenspezifisch dargestellt.

Seit 2006 wird in Zusammenarbeit mit der Stiftung Risiko-Dialog, St. Gallen, eine Informationsplattform auf dem Nanoportal Hessen (gemeinsames Internetportal der Aktionslinie Hessen-Nanotech und des NanoNetzwerks Hessen) zur Verfügung gestellt, die aktuelle Risikothemen aufarbeitet und Links zu nationalen und internationalen Forschungsergebnissen anbietet ([www.nanoportal-hessen.de/infoplattform-nanorisiken](http://www.nanoportal-hessen.de/infoplattform-nanorisiken)).

Ebenfalls 2006 wurde mit der Stiftung die Broschüre „NanoKommunikation“, ein Leitfaden zur Kommunikation von Chancen und Risiken der Nanotechnologien für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), veröffentlicht und auf verschiedenen Veranstaltungen präsentiert. Kleine und mittlere Unternehmen, die keine eigenen Risiko-Management-Abteilungen unterhalten, äußerten hier den Wunsch, mehr aktuelle Informationen zu national und international verfügbaren Leitfäden zu erhalten.

## Proaktiv Nano

### Innovationen begleiten

- Welche nationalen und internationalen Akteure bieten Good-Practice-Leitlinien zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien?
- Welche Maßnahmen werden vorgeschlagen?
- Wie können sich KMU in der aktuellen Debatte schnell orientieren?



SusTech GmbH & Co. KG

Derzeit wird unter der Leitung der englischen Royal Society international an einem Verhaltenskodex, dem „ResponsibleNanoCode“, gearbeitet.<sup>1</sup> Gleichzeitig laufen Konsultationen der EU zu einem Verhaltenskodex für Forschung und Entwicklung von Nanomaterialien.<sup>2</sup> Die internationale Harmonisierung ist also in vollem Gange, wird aber noch einige Zeit brauchen.

Ziel dieser Studie ist es deshalb, einen Überblick über „Good-Practice-Leitlinien“ zu erstellen, der es kleinen und mittleren Unternehmen ermöglicht, sich auf wenigen Seiten über den aktuellen Stand der Diskussion zu informieren und Links zu den relevanten Informationsquellen zu erhalten. Die Studie liefert damit eine Ergänzung und Aktualisierung des Leitfadens „NanoKommunikation“ und erscheint daher als Supplement zu dieser erfolgreichen Broschüre.

Zusammengestellt werden grundlegende Definitionen, empfohlene anlagenbezogene, organisatorische und persönliche Maßnahmen des Arbeitsschutzes und der Dokumentation – aus der Sicht von nationalen und internationalen Unternehmen, Verbänden, Behörden und wissenschaftlichen Institutionen.

Da der Prozess ständige Anpassungen hervorbringt, ist die vorliegende Broschürenversion nur als Momentaufnahme zu verstehen, deren Links regelmäßig auf dem Internetportal

[www.nanoportal-hessen.de/infoplattform-nanorisiken](http://www.nanoportal-hessen.de/infoplattform-nanorisiken)

aktualisiert werden sollen. Dies geschieht ohne Garantie auf Vollständigkeit. Ziel ist es, Innovationen im KMU-Bereich nachhaltig zu unterstützen und durch die Zusammenfassung der bereits vorliegenden „Good-Practice-Leitlinien“ eine vorläufige Orientierung zu geben, bis standardisierte und international harmonisierte Leitfäden vorliegen. Jedes Unternehmen bleibt darüber hinaus selbstverständlich für seine Produkte und Prozesse sowie die Beschaffung aller erforderlichen Informationen selbst verantwortlich.

## 2 Definition von Nanomaterialien

Die OECD stellte in ihren Veröffentlichungen 2007 fest, dass es keine einheitliche Definition von Nanotechnologien, Nanomaterialien oder Nanopartikeln gibt<sup>3</sup>. Dieses ist bis heute so, denn die Arbeiten der ISO TC 229 sind noch nicht abgeschlossen. Mangels einer international abgestimmten und standardisierten Definition grenzen die Autoren von Good-Practice-Leitlinien zum gegenwärtigen Zeitpunkt selbst ein, auf welche Materialien bzw. Kriterien sie sich beziehen.

Für kleine und mittlere Unternehmen ist die Debatte, was genau unter Nanomaterialien zu verstehen ist, hochgradig relevant: Trifft die Definition „Nanomaterialien“ oder „Nanopartikel“ auf die geplanten oder bereits verwendeten Materialien zu, kann das praktische **Konsequenzen** haben:

- im Forschungsbereich für die Beantragung von Fördergeldern
- für das erfolgreiche Marketing der Produkte
- in der Produktion, Wartung und Entsorgung für ggf. nötige Arbeitsschutzmaßnahmen und Maßnahmen der Umweltsicherheit
- für das Produkt im Sinne nanospezifischer Sicherheits- oder Funktionsprüfungen
- für die Kommunikation im Sinne einer Anpassung von Sicherheitsdatenblättern, Deklarationen auf Verpackungen oder für Werbemaßnahmen
- für die Beziehung zu anderen Stakeholdern wegen eines erhöhten Aufmerksamkeitspotenzials von Behörden, Nichtregierungsorganisationen (NGOs) und Medien.

Für die KMU ist es wichtig, sich früh eindeutig zu positionieren und die eigene Position konsistent zu kommunizieren. Ein erster Schritt ist eine Einstufung der verwendeten Materialien unter die vorläufige Definition von „Nanomaterialien“ oder „Nanopartikeln“. Weil die Definitionen noch „weich“ sind, hier eine Auswahl von Beispielen:

Das amerikanische National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) bezieht sich in seiner Studie zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien auf **Nanopartikel, die in mindestens einer Dimension kleiner als 100nm sind und aufgrund ihrer Größe neue Eigenschaften hervorrufen**: „*Nanotechnology is a system of innovative methods to control and manipulate matter at near-atomic scale to produce new materials, structures, and devices. Nanoparticles are a specific class or subset of these new materials, having at least one dimension that is less than 100 nanometers. They exhibit unique properties because of their nanoscale dimensions.*“<sup>4</sup>

### Welche Materialien fallen unter die Definition Nanomaterialien oder Nanopartikel?

Eine Definition mit Konsequenzen:

- für Fördergelder
- für Arbeitsschutz, Umweltschutz und Produktsicherheit
- für die Kommunikation

### Definition

#### Nanopartikel / Nanomaterialien

- in mindestens einer Dimension unter 100 nm groß
- neue Eigenschaften aufgrund der Größe
- gezielt hergestellt
- in Gasform, in einem flüssigem Medium oder in einer Matrix gebunden

Die Nanopartikel können dabei in einem Gas getragen sein (Nanoaerosol), in einer Flüssigkeit (Colloid oder Nanohydrosol) oder eingebettet in einer Matrix (Nanocomposite) vorliegen<sup>5</sup>. Eine ähnliche Begriffsverwendung findet sich bei der Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA), die sich bei ihren Empfehlungen für den Umgang mit Nanopartikeln an Arbeitsplätzen ebenfalls auf **gezielt hergestellte Nanopartikel** bezieht<sup>6</sup>.

Viele Organisationen, die Leitfäden verfasst haben, vermeiden den Begriff „Nanopartikel“, da die begriffliche Nähe zu den ultrafeinen, luftgetragenen Partikeln unterstellen könnte, dass Flüssigkeiten oder Matrices ausgeschlossen seien.

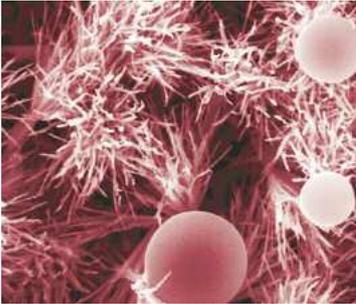
Die britische Behörde für Gesundheit und Sicherheit „Health and Safety Executive“ (HSE) verwendet in ihrem Memorandum **neue Partikel, Materialien und Anwendungen** als parallele Bezeichnungen, um verschiedene Formen einzuschließen: *„When such new particles, materials and devices are first developed there is limited robust scientific evidence about the potential hazards that may exist or the risks to people being exposed to them.“*<sup>7</sup>

Die Schwierigkeit der Abgrenzung, welche Stoffe in die Klasse der „Nanomaterialien“ oder „Nanopartikel“ gehören, wird derzeit intensiv auf OECD und auf ISO-Ebene diskutiert. Abgewogen wird, ob die Grundcharakteristika

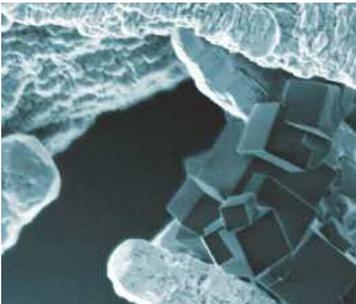
- Größe < 100 nm,
- in mindestens einer Dimension
- und dadurch neue Eigenschaften hervorrufend,

ausreichend für die Beschreibung sind, oder ob nicht auch spezifische, mit den jeweiligen Produktionsprozessen und Produkten verbundene Eigenschaften einbezogen werden müssen. Ein Beispiel hierfür sind Aggregations- oder Agglomerationsprozesse, bei denen es schwierig wird zu definieren, ob ein Produkt als „Nano“ zu bezeichnen ist oder nicht. Die OECD hat vor diesem Hintergrund den Entwurf des ISO Technical Committees 229 „Nanotechnologies“ als vorläufige Arbeitsdefinition übernommen, der auch vom deutschen Verband der Chemischen Industrie (VCI) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) in ihrem „Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz“ genutzt wird. Dort wird der Oberbegriff der „Nanoobjekte“ eingeführt.

*„Nanoobjekte sind Materialien, die entweder in ein, zwei oder drei äußeren Dimensionen nanoskalig (näherungsweise 1–100 nm) sind; typische Vertreter sind Nanoplättchen, Nanostäbchen und Nanopartikel. Als Nanopartikel werden Materialien bezeichnet, die in drei äußeren Dimensionen nanoskalig sind. Nanostrukturierte Materialien haben eine innere nanoskalige Struktur. Typische Vertreter sind Aggregate und Agglomerate von Nanoobjekten.“*<sup>8</sup>



TU Darmstadt, Arbeitsgruppe Dr. Rikowski



SusTech GmbH & Co. KG



SusTech GmbH & Co. KG

Interpretiert man diese Definition, so müssten auch Agglomerate oder selbst assemblierende Strukturen wie z. B. enkapsulierte Systeme oder Micellen als nanostrukturierte Materialien bezeichnet werden, wenn ihre Einzelbestandteile Nanoobjekte sind. Sie selbst können dabei durchaus einen größeren Durchmesser oder eine größere Verbundstruktur (> 100 nm) aufweisen. Fachexperten der chemischen Industrie weisen darauf hin, dass bei Aggregaten oder Agglomeraten ohne größere Energiezufuhr keine Freisetzung von Nanopartikeln zu erwarten ist. Unter welchen Bedingungen eine Exposition mit Nanomaterialien von Mensch und Umwelt entlang des gesamten Produktlebenszyklus möglich ist, ist deshalb die Kernfrage der Leitfäden des International Council on Nanotechnology (ICON) ebenso wie der Dialoggruppen von DuPont und der amerikanischen NGO-Gruppe Environmental Defense.<sup>9</sup>

Viele Nanomaterialien gelten als weitgehend unproblematisch in der Handhabung, wenn sie z. B. in einem flüssigen Medium oder einer Matrix gebunden sind und eine inhalative Exposition nicht mehr zu erwarten ist. Die Hersteller setzen deshalb ihre Prioritäten im Arbeitsschutz auf die staubförmigen, freien Nanopartikel und auf staubförmige Produkte, die Nanopartikel enthalten.<sup>10</sup> Wichtig für die KMU ist es, die internationale Tendenz zur Ausweitung der Definition und zur Anpassung in bestimmten Branchen (z. B. Lebensmittel, Kosmetik, Textilien) zu berücksichtigen. Antworten auf kritische Fragen können so frühzeitig vorbereitet werden. Andernfalls kann der Eindruck der Intransparenz entstehen, z. B. wenn ein Unternehmen bisher verneint hat, mit Nanomaterialien zu arbeiten, dieses im Hinblick auf die neue Definition und verwendete Einzelbestandteile oder aggregierte Produkte aber nachträglich tun müsste.

## Fazit

Gerade weil der Prozess der Harmonisierung von Definitionen und Standards der Messtechnik und des Arbeitsschutzes noch nicht abgeschlossen ist, ist eine konsistente Kommunikation in diesem Punkt eine echte Herausforderung für KMU.

Empfohlen werden kann

- ein gewissenhafter Umgang mit der Bezeichnung „Nano“ in der gesamten Unternehmenskommunikation,
- ein konkreter Bezug auf die verwendeten Definitionen,
- eine proaktive Kommunikation der Eigenschaften von Produkten und deren Einzelbestandteile sowie,
- der Aufbau einer zukunftsorientierten konsistenten Kommunikation der verwendeten Begriffe.

# 3 Risikobewertung von Nanomaterialien

## Sind Nanomaterialien gefährlich?

- Verschiedene Faktoren können die Risikobewertung beeinflussen.
- Einzelfallprüfungen und eine exzellente Dokumentation sind nötig.

## Konsequenz der Einzelfall-Prüfung:

- Unternehmen bekommen mehr Verantwortung.
- Die Kooperation mit Behörden wird enger.

Zur Risikobewertung von Nanomaterialien müssen Daten zur Toxizität und Exposition herangezogen werden. Gegenwärtig gibt es keine einfachen Antworten auf die Frage, ob und wenn ja welche Nanomaterialien „gefährlich“ sein können. Die hohe Reaktivität der kleinen Teilchen bringt es mit sich, dass sich neue physikalische und chemische Eigenschaften je nach spezifischer Größe, Oberflächenbeschaffenheit, Grad der Aggregation oder Agglomeration ausbilden können. Ob diese dann Risikopotenziale entfalten, hängt aber noch von weiteren Faktoren wie z. B. der Darreichungsform oder der Formulierung ab, in der die Nanomaterialien eingebettet sind. Derzeit können noch keine Klassifizierungen vorgenommen werden, die bestimmte Gruppen von Stoffen in spezifischen Anwendungszusammenhängen in einer Risikobewertung zusammenfassen.

Die Schweizer Unfallversicherungsanstalt (SUVA) merkt hierzu an, dass eine einheitliche Bewertung oder Rückschlüsse von größeren Bulkmaterialien nur bedingt geeignet sind, da sich *„die beobachteten Wirkungen nicht masseproportional verhalten“* und außerdem die *„Beziehung zwischen Partikelanzahl und Wirkung nur bedingt hergestellt werden kann“*<sup>11</sup>.

Die Unternehmen müssen sich auf Einzelfallprüfungen einstellen, so die Mehrheit der Experten. Eine exzellente Dokumentation aller Prüfungen und Maßnahmen ist dringend zu empfehlen. Das bedeutet für die Unternehmen eine Zunahme der Verantwortung. Zugleich sollten die Kooperationen mit begleitenden Forschungsinstitutionen und Behörden intensiviert werden. Für die Unternehmen stellt sich die Frage, welche physiko-chemischen, toxikologischen und ökotoxikologischen Eigenschaften für die Risikobewertung von Nanomaterialien herangezogen werden müssen. Hierzu gibt es Vorgaben sowie Empfehlungen mit unterschiedlichem Verbindlichkeitscharakter und Zielrichtungen.

## Regulierungsebene

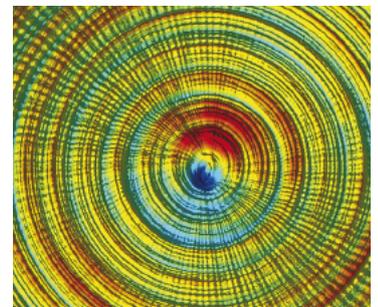
Auf der Regulierungsebene befinden sich rechtsverbindliche nationale und internationale Vorgaben der Gesetzgeber: Im europäischen Rechtsraum definiert die REACH Verordnung (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)<sup>12</sup> die Charakterisierung der Eigenschaften von Chemikalien wie auch die vorgeschriebenen Risikobewertungen und Fragen der Dokumentation. Verschiedene branchenbezogene Council Directives regeln zusätzlich die technische Umsetzung (Directive 2006/121/EC) sowie die Klassifikation, die Kennzeichnung und die Verpackung von gefährlichen Stoffen (67/548/EEC). Diese Regelungen gelten allgemein für Chemikalien, unabhängig von ihrer Form und

ihrem physikalischen Zustand, so dass Nanomaterialien eingeschlossen sind – so die überwiegende Einschätzung der Expertinnen und Experten. Nanoskalige Stoffe müssen im Rahmen der Stoffregistrierung mit behandelt werden. Von REACH betroffen sind alle europäischen Hersteller und Importeure, die Stoffe in einer Menge von 1 Tonne pro Jahr und mehr produzieren oder in die EU einführen. Jeder Stoff muss registriert werden, sofern er nicht ausdrücklich von der Registrierungspflicht ausgeschlossen ist. Die Präregistrierungsphase beginnt am 1. Juni 2008 und endet am 30. November 2008<sup>13</sup>. Angaben zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien sind vom Hersteller bzw. Importeur produktbezogen in einem Sicherheitsdatenblatt zusammenzustellen. Zudem sind Nanomaterialien, wie alle anderen Stoffe auch, hinsichtlich ihrer ggf. vorhandenen gefährlichen Eigenschaften einzustufen und zu kennzeichnen. Für diese Verpflichtungen gibt es keine Mengenschwelle<sup>14</sup>.

Alle länderspezifischen Regelungen der EU Mitgliedsstaaten müssen im Einklang mit der EU-Gesetzgebung sein oder darauf aufbauen. Im amerikanischen Rechtsraum entspricht das Toxic Substances Control Act (TSCA)<sup>15</sup> der Europäischen REACH Verordnung und deckt Nanomaterialien mit ab, ergänzt durch verschiedene branchenbezogenen Direktiven. In beiden Rechtsräumen bestehen neben den regulativen Maßnahmen zur Produktsicherheit noch Gesetze oder Verordnungen, die sich auf die Reinhaltung der Luft und der Umwelt und auf den Arbeitsschutz beziehen. In Zusammenhang mit dem Einsatz von Nanomaterialien in Lebensmitteln, Pharmazeutika oder Kosmetik wird häufig auf Bewertungssysteme wie den FDA Standard GRAS (Generally Recognized As Safe)<sup>16</sup> zurückgegriffen, der Materialien beschreibt, die aufgrund ihrer Unbedenklichkeit von den Prüfungen ausgenommen sind.

### Ebene der technisch orientierten Leitfäden und Leitlinien

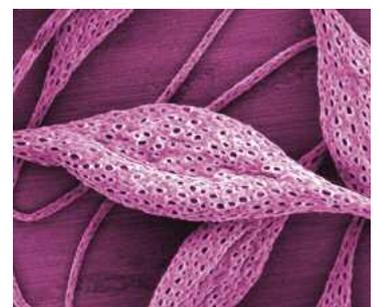
Ergänzend zum jeweiligen regulatorischen Rahmen finden sich in der zweiten Gruppe technische Leitfäden von nationalen Verbänden und Behörden, die mit der Risikobewertung oder dem Arbeitsschutz befasst sind. Sie fassen unterstützende Informationen zur konkreten Umsetzung bzw. Anwendung der Gesetze für die Unternehmen zusammen und geben Handlungsanweisungen in Checklisten-Form. Solche Leitfäden gibt es vom deutschen **Verband der Chemischen Industrie (VCI)**<sup>17</sup> zu Fragen der Charakterisierung, zur Risikobewertung und zur Informationsweitergabe entlang der Lieferkette sowie der Leitfäden zum Arbeitsschutz, der gemeinsam mit der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz (BAuA) entwickelt wurde. Die Leitfäden



AMETEK GmbH



Cotec



Universität Marburg

wurden im Dialog mit verschiedenen Stakeholdern kritisch hinterfragt und ergänzt<sup>18</sup>. Speziell zur Risikobewertung bietet der VCI eine Checkliste an, die Kriterien für Gefährdungsinformationen sammelt. Diese gehen über REACH hinaus und orientieren sich am Stand der OECD<sup>19</sup>. Der VCI entwickelte gemeinsam mit der BAuA eine Checkliste für die Gefährdungsbeurteilung von Nanomaterialien, die die verschiedenen Expositionswege berücksichtigt.

Das Ablaufschema versteht sich als vorläufige Orientierungshilfe und kann im Prozess der internationalen Harmonisierung von Guidelines weiter angepasst werden.

Die britische Standardisierungsorganisation „**BSI British Standards**“ veröffentlichte neun Dokumente mit Empfehlungen zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien, insbesondere im Hinblick auf Arbeits- und Umweltschutz. Sie empfiehlt dort Definitionen für Nanoprodukte so wie Leitlinien zum Labeling und sicheren Umgang mit Nanomaterialien<sup>20</sup>. Das amerikanische **National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)** veröffentlichte ebenfalls einen Leitfaden zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz und bietet eine gute Informations-Webpage<sup>21</sup> zum Thema Nanomaterialien an .

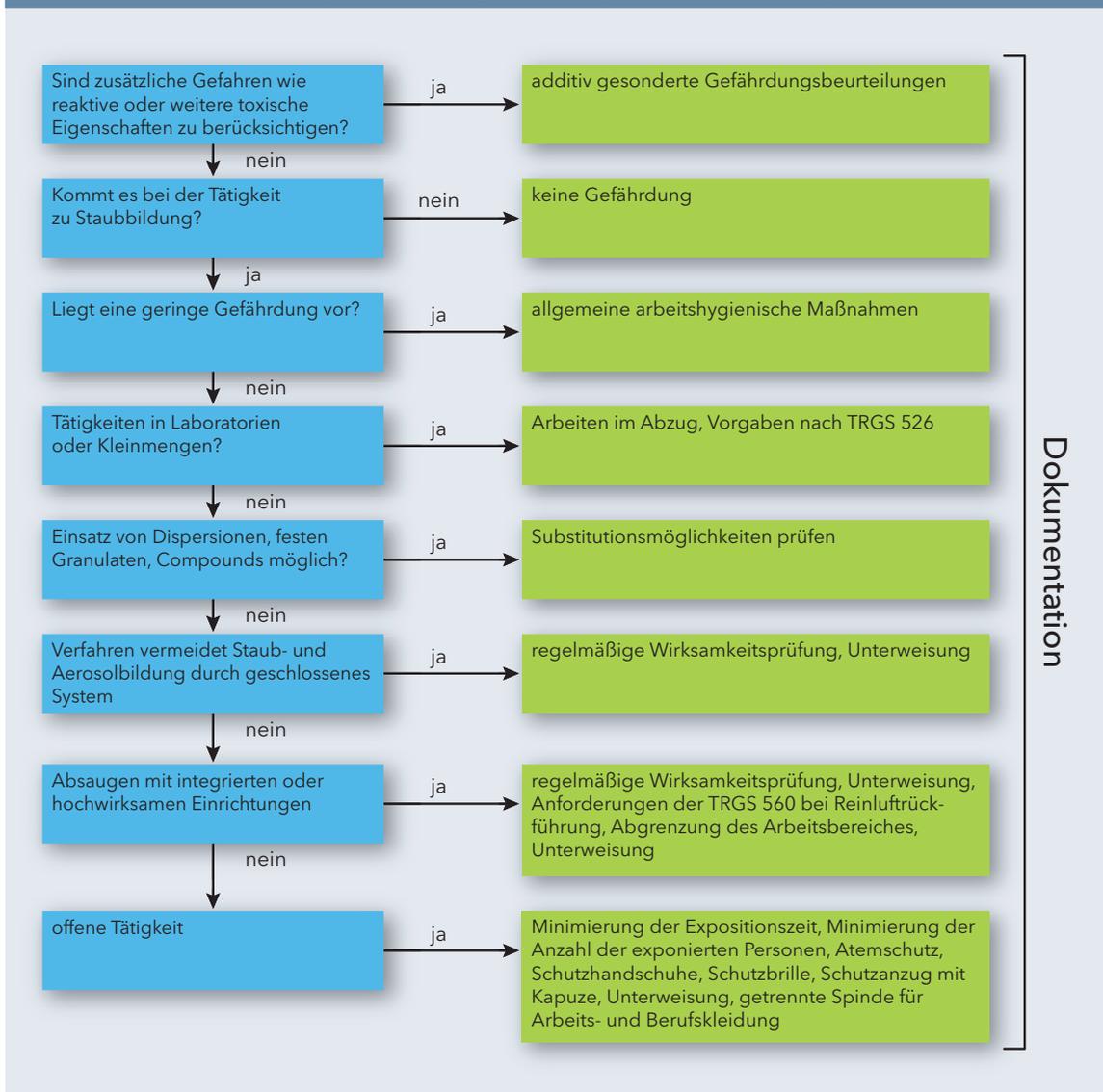
Die **schweizerische Unfallversicherungs-Anstalt SUVA** veröffentlicht auf ihrer Homepage ebenfalls einen Beitrag zum sicheren Umgang mit Nanopartikeln am Arbeitsplatz. Das Dokument informiert über den heutigen Wissensstand zu Nanopartikeln und zeigt konkrete Schutzmaßnahmen auf. Potentielle Risiken für die Gesundheit, Expositionswege und aktuelle Kenntnisse über Messungen und Bewertungen werden dort ebenso thematisiert wie vorläufige Empfehlungen zum Schutz der Arbeitnehmer<sup>22</sup>.

Die Kriterienlisten auf dieser Ebene haben eher empfehlenden Charakter und folgen dem Vorsorgeprinzip. In Form von Empfehlungen in Sicherheitsdatenblättern können sie allerdings zum Vertragsgegenstand zwischen Herstellern und Anwendern werden und erreichen damit eine hohe Rechtsverbindlichkeit. Darüber hinaus haben die Leitlinien der Arbeitsschutzbehörden eine hohe Relevanz für versicherungstechnische Fragen, denn Unternehmen müssen für ihre Produkte, Produktionsweisen und den dazugehörigen Arbeitsschutz jeweils den bestmöglichen, verfügbaren Wissens- und Sicherheitsstandard nachweisen.

### **Ebene der freiwilligen Vereinbarungen**

Viele Unternehmen arbeiten mit freiwilligen Verhaltenskodizes (Voluntary Codes of Conduct), die sich entweder direkt auf den verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien beziehen oder diese indirekt mit einschließen, wie z. B. die weltweit geltende Responsible Care Initiative der Chemischen Industrie<sup>23</sup>. In den verschiedenen Codes wird versucht, proaktiv den unterschiedlichen internationalen Rahmenbedingungen, denen globale Unternehmen unterliegen, Rechnung zu

## Ablaufschema Gefährdungsbeurteilung für Nanopartikel am Arbeitsplatz (inhalative Route)



tragen. Beispiele für spezifische Nanocodes auf Unternehmensebene sind der Code of Conduct zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien der BASF AG<sup>24</sup> oder das NanoRiskFramework<sup>25</sup> der amerikanischen Umweltorganisation Environmental Defense und dem Chemieunternehmen DuPont. Die Codes haben dabei firmenintern eine sehr hohe Verbindlichkeit und zeigen sowohl grundlegende Handlungsmaximen als auch konkrete Methoden des Arbeitsschutzes, der Messtechnik, der Informationsweitergabe und des Engagements im Dialog mit allen Stakeholdern. Extern werden die freiwilligen Verpflichtungen zur Nachhaltigkeitsbewertung der Unternehmen herangezogen.

Auf der internationalen Ebene wird der „Code of Conduct on Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research“ der Europäischen Kommission diskutiert und betrifft Wissenschaftseinrichtungen und Unternehmen, die direkt in Forschungsprojekte der EU eingebunden sind.

Abbildung 4:  
Ablaufschema Gefährdungsbeurteilung von Nanomaterialien am Arbeitsplatz<sup>26</sup>

#### Internationaler Trend:

##### Ergänzung der Leitfäden

- zur demalen Exposition
- zu Umweltschutzaspekten
- entlang des Produktlebenszyklus

Sie müssen in den EU-Anträgen nachweisen, dass Fragen der Risikobewertung über den gesamten Lebenszyklus, Arbeitsschutz und Umweltschutz sowie soziale Auswirkungen und ethische Argumente ausreichend berücksichtigt werden. Die Europäische Kommission fordert die Mitgliedsstaaten auf, den Code anzunehmen. Unter anderem werden stärkeres Engagement für Dialoge und gut verständliche Informationsangebote verlangt<sup>27</sup>.

Die britische **Royal Society**, **Insight Investment** und **Nanotechnology Industries Association (NIA)** hat im Dialog den so genannten **Responsible Nano Code** entwickelt<sup>28</sup>. Dieses Konsenspapier soll die Mindestanforderungen im verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien beschreiben. Das Papier wird noch weiter beraten. Weitergehende Empfehlungen werden derzeit von der Arbeitsgruppe 3 des deutschen **NanoDialogs** und der **Deutschen Nanokommission** erarbeitet. Das Prinzipienpapier zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien soll im Herbst 2008 veröffentlicht werden.

Alle derzeit vorliegenden Verordnungen und Leitfäden stimmen darin überein, dass für eine sinnvolle Gefährdungsbeurteilung und die Ableitung geeigneter Schutzmaßnahmen ein toxikologisches Profil einzelner Nanomaterialien eine notwendige Voraussetzung ist<sup>29</sup>. Derzeit wird der Aufbau von Datenbanken, in denen Studien zu Referenzmaterialien gesammelt werden, weltweit vorangetrieben. Hierzu einige ausgewählte Beispiele:

- Das amerikanische National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) sammelt in seiner Nanotechnology Information Library toxikologische Studien zu spezifischen Eigenschaften von Nanomaterialien aus dem Bereich Gesundheit und Umwelt.<sup>30</sup>
- Die Rice University unterhält eine aufwändige Datenbank zu toxikologischen Studien.<sup>31</sup>
- Das Woodrow Wilson Center erstellte für das Project on Emerging Nanotechnologies eine Literaturliste zu zusammenfassenden Gesundheits- und Umweltstudien sowie eine Datenbank zu Anwendungen in Produkten.<sup>32</sup>

Die Datenbanken von NIOSH, Rice University sowie die Datenbank des Woodrow Wilson Centers sind verlinkt.

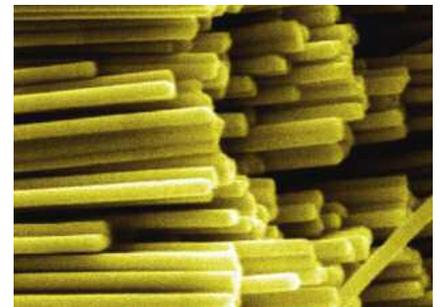
- Die Wisconsin University hat eine hilfreiche Zusammenstellung von Studien nach Stoffen und verschiedenen Themen sortiert auf ihrer Homepage mit vielen direkten Links.<sup>33</sup>
- Im Deutschen Forschungsprojekt NanoCare wird eine stoffbezogene, kommentierte Datenbank aufgebaut, die die Ergebnisse verschiedener Studien zusammenfasst.<sup>34</sup> Diese Datenbank ist allerdings noch nicht freigeschaltet.

## Fazit

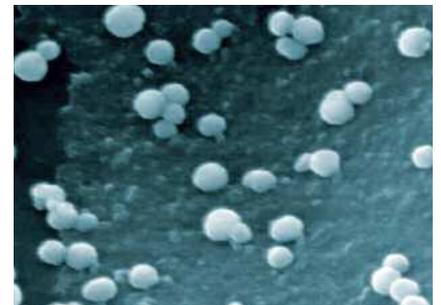
Die zu ermittelnden Datenmengen stellen kleine und mittelständische Unternehmen vor eine große Herausforderung. Eine schnelle Orientierung, ob zu bestimmten Stoffen im jeweiligen Verwendungszusammenhang bereits Daten vorliegen, ist deshalb essenziell. Die in dieser Studie angeführten Links sind auf dem Internetportal [www.nanoportal-hessen.de/infoplattform-nanorisiken](http://www.nanoportal-hessen.de/infoplattform-nanorisiken) zusammengestellt und werden dort fortlaufend aktualisiert.

Zwei Trends zeichnen sich durch die starke Perzeption der Regulierungsfragen und der Diskussion um freiwillige Vereinbarungen auf nationaler und internationaler Ebene ab:

- 1 Die Unternehmen werden zukünftig mehr und genauer darüber informieren müssen, mit welchen Maßnahmen sie den verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien gewährleisten. Hierzu ist es durchaus hilfreich, sich an Leitfäden und Codes zu orientieren, die die Anforderungen des jeweiligen Rechtssystems aufnehmen und den Bedürfnissen der Stakeholder entsprechend ggf. ausbauen. Gerade kleine und mittelständische Unternehmen können auf bestehende Codes Bezug nehmen. Die Informationsplattform stellt Links zu den verschiedenen Codes zur Verfügung.
- 2 Bisherige Codes fokussieren vor allem die Vermeidung einer inhalativen Exposition. Beim Aufbau von sicherheitsrelevanten Daten geraten zukünftig alle Anwendungen - und nicht nur die mit einer inhalativen Expositionsmöglichkeit - auf den Prüfstand, KMU müssen sich rechtzeitig auf diese Anforderungen einstellen, vor allem wenn sie auf dem internationalen Markt agieren wollen.
- 3 Neben dem Bereich des Arbeitsschutzes rücken in Zukunft Fragen der Produktsicherheit und des Umweltschutzes weiter in den Vordergrund. Die Komplexität steigt damit noch einmal. KMU müssen entweder selbst Kapazitäten aufbauen oder externe Kooperationen anstreben.
- 4 Angesichts der steigenden Komplexität der verlangten Daten wird sich eine Debatte entwickeln müssen, wie diese Anforderungen im Mittelstand handhabbar umgesetzt werden können. Eine Debatte über den praxisorientierten Aufbau von Sicherheitsdaten zwischen Herstellern und Anwendern, Wissenschaft und Behörden sollte deshalb aktiv vom Mittelstand vorangetrieben werden.



TU Darmstadt, Arbeitsgruppe Prof. Dr. Ensinger



AG von Briesen, FhG-IBMT



Universität Bonn

## 4 Messtechnik im Kontext von Nanomaterialien

### Kooperationsangebote für KMU

zu Messungen im Unternehmen:

- vom Berufsgenossenschaftlichen Institut in St. Augustin (BGIA)
- von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeits-sicherheit (BAuA)

Um das Risikopotenzial im Umgang mit Nanomaterialien zu charakterisieren, müssen neben Informationen zur möglichen Toxizität von Nanomaterialien auch die Möglichkeiten der Exposition geprüft werden. Besteht die Annahme einer Expositionsmöglichkeit mit Nanomaterialien, so stellt sich die Frage nach der Messbarkeit bzw. den adäquaten Messinstrumenten zur Bestimmung von Nanopartikeln. Verschiedene Forschungsprojekte arbeiten an der Weiterentwicklung belastbarer Messverfahren und Messstrategien.

Um langfristig messtechnische Informationen zu Nanopartikeln zu kategorisieren, führte das Berufsgenossenschaftliche Institut für Arbeitsschutz BGIA zusammen mit gewerblichen Berufsgenossenschaften ein Messprogramm an ausgesuchten Arbeitsplätzen durch. *„Dazu wird unter anderem die Partikelgrößenverteilung im Bereich zwischen ca. 10 nm und 500 nm und die Anzahlkonzentration dieser Teilchen bestimmt.“*<sup>35</sup>

Die Berufsgenossenschaften wollen mit dem so entstehenden Atlas von Informationen über ultrafeine Partikel zu einer sachlichen Diskussion beitragen sowie die Möglichkeiten zur Prävention verbessern.

Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) führt zurzeit ein Projekt zu Mess- und Analyseverfahren für Nanopartikel durch. Dieses dient als Grundlage für die Durchführung weiterer arbeitsmedizinisch-epidemiologischer Studien an relevanten Arbeitsplätzen.<sup>36</sup> Problematisch sind dabei die Bewertung der Messergebnisse sowie die Interpretation hinsichtlich der Quellen von Nanopartikeln (Hintergrundbelastung). Auch von der BAuA werden Kooperationsprojekte angeboten.

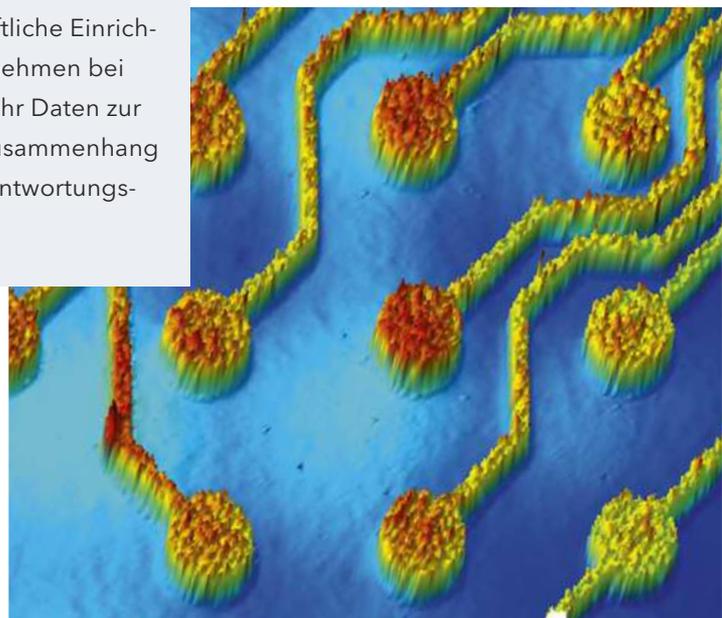
Der VCI hat in seinen Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz den Stand und die Entwicklung der Messtechnik aufgenommen. Im Stakeholder-Dialog im April 2007 wurde auf die Bedeutung von Oberfläche, Anzahl der Teilchen, Volumen, Struktur und Zusammensetzung der Nanopartikel als Dosismaß eingegangen. Es wurde darauf hingewiesen, dass die zur Messung eingesetzten stationären Geräte zwar dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, allerdings noch keine standardisierte oder validierte Messtechnik vorliegt. Die BASF veröffentlicht in ihrem Leitfaden Hinweise, wie Arbeitsplatz- und Expositionsmessungen im Unternehmen durchgeführt werden können:

„Als geeignete Methode steht derzeit die messtechnische Überwachung der Arbeitsbereiche durch Gesamtstaubmessung (einatembare Fraktion) entsprechend BGIA-Arbeitsmappe, Methode 7284 und Feinstaubmessung (alveolare Staubfraktion) gemäß BGIA-Methode 6068 zur Verfügung.“ Zur Bestimmung der Partikelanzahl und Partikelgrößenverteilung wurde im Unternehmen die Scanning-Mobility-Particle-Sizer-Messtechnik eingesetzt.<sup>37</sup>

Die britische Behörde für Gesundheit und Sicherheit „Health and Safety Executive“ (HSE) fordert in ihrem Memorandum eine adäquate Messmethodik für nanospezifische Effekte. „If your control measures are based on preexisting standards then you should ensure that these standards are relevant for nanoparticles.“<sup>38</sup> Sie verweist auf Forschungslücken, die dringend geschlossen werden müssen. Ebenso das amerikanische National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). „NIOSH guidance is a first step towards controlling nanoparticles in the workplace; however, more research is needed on the efficacy and specificity of engineering and work practice control measures.“<sup>39</sup>

## Fazit

- Da die Messverfahren und Messstrategien noch dringend einer Weiterentwicklung bedürfen, sollten Unternehmen bis auf weiteres verstärkt auf präventive Maßnahmen der Expositionsvermeidung setzen.
- Fachbehörden (BAuA) bzw. berufsgenossenschaftliche Einrichtungen (BGIA) können kleine und mittlere Unternehmen bei Messungen unterstützen. Zugleich können so mehr Daten zur konkreten Belastungssituation im Anwendungszusammenhang aufgebaut werden, die Orientierung für den verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien geben.



AMETEK GmbH, Geschäftsbereich TAYLOR HOBSON

# 5 Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz

Generell ist soweit wie möglich die Exposition mit Nanopartikeln zu vermindern oder zu vermeiden. Dies gilt insbesondere für Nanopartikel, deren Toxizität noch nicht abschließend bewertet ist. Für den Schutz der Mitarbeiter am Arbeitsplatz gelten entsprechende Maßnahmen.

## Substitution

In einigen Dokumenten wird die Substitution gesundheitsgefährdender Stoffe als sinnvolle Maßnahme erachtet. Im Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz des VCI und der BAuA wird bei der Festlegung von Schutzmaßnahmen entsprechend empfohlen zu prüfen, „*ob gesundheitsgefährdende Stoffe oder technische Verfahren durch weniger gefährliche Stoffe, oder durch weniger gefährliche Verfahren oder durch emissionsgeminderte Stoffvarianten ersetzt werden können.*“<sup>40</sup> Die Schweizer Unfallversicherungsanstalt (SUVA) empfiehlt, pulverförmige Zubereitungen durch Dispersionen, Pasten und Granulate zu ersetzen.<sup>41</sup>

## Technische Maßnahmen

Nicht immer ist es möglich, gesundheitsgefährdende Stoffe zu ersetzen, oder die Exposition durch Arbeiten in geschlossenen Systemen auszuschließen. „*Bei Arbeitsschritten wie beispielsweise Ein- und Abfüllen, Mahlen, Konfektionieren oder bei Probenahme besteht die Möglichkeit einer Staubemission.*“<sup>42</sup> Entsprechend sind technische Maßnahmen zum Schutz vor Exposition durchzuführen. Die meisten Unternehmen empfehlen das **Arbeiten in geschlossenen Systemen**: „*Nanopartikel werden soweit möglich in geschlossenen Systemen hergestellt und verwendet. Die Herstellung und Tätigkeit mit Nanopartikeln in geschlossenen Systemen wird als emissionsfrei eingeschätzt.*“<sup>43</sup> Wichtig ist es hierbei, die Schnittstelle Mensch-Maschine, Absaugungen, Prozesse der Reinigung, Wartung und Entsorgung von Filtern ausreichend zu berücksichtigen.

Die SUVA empfiehlt das Verwenden von geschlossenen Apparaturen, die Vermeidung der Entstehung von Stäuben oder Aerosolen, das Absaugen von Stäuben oder Aerosolen direkt an der Quelle, die Abluftreinigung für abgesaugte Luft („Filter“), gegebenenfalls die Abtrennung des Arbeitsraums und eine Anpassung der Raumlüftung (leichter Unterdruck) sowie eine Reinigung nur durch Aufsaugen oder feuchtes Aufwischen<sup>44</sup>.



Sensitac GmbH

## Organisatorische Maßnahmen

Die organisatorischen Maßnahmen werden immer als Ergänzung zu den oben genannten Maßnahmen betrachtet. Zu diesen zählen „geeignete Waschgelegenheiten, geschützte Aufbewahrung der nicht beruflich eingesetzten Kleider, weitere Hygienemaßnahmen, zeitliche Gestaltung der Arbeitsabläufe, Ausbildung und Unterweisung, Zugangs- und Lagerregeln“<sup>45</sup>. Die Minimierung der Expositionszeit so wie der Anzahl exponierter Personen sind weitere Maßnahmen.<sup>46</sup>

## Persönliche Schutzmaßnahmen

Eine der ersten umfangreichen Zusammenstellungen von persönlichen Schutzmaßnahmen findet sich auf der Homepage der BASF AG:

*„Geeignete persönliche Schutzmaßnahmen zur Vermeidung inhalativer Exposition stellen Atemschutzfilter der Filterklasse P2 und P3 dar. Ein höheres Schutzniveau kann bei Bedarf durch Verwendung dicht schließender Partikelfilter, beispielsweise durch eine Vollmaske mit P3-Atemschutzfilter, oder durch umgebungsluftunabhängige Atemschutzgeräte erreicht werden. Eine dermale Exposition wird durch Anwendung üblicher Sicherheitsstandards beim Umgang mit Arbeitsstoffen vermieden. Dementsprechend werden geeignete Chemikalienschutzhandschuhe und Einwegschutzoveralls verwendet. Hier kann bei Bedarf ein höheres Schutzniveau durch Chemikalienschutzanzüge erreicht werden.“<sup>47</sup>*

Die SUVA verweist zudem darauf, dass beim Umgang mit brennbaren Nanopartikeln und bei staubförmiger Verteilung und gefahrbringender Staubmenge zusätzliche Explosionsschutzmaßnahmen zu berücksichtigen sind<sup>48</sup>. Beim Umgang mit reaktiven oder katalytisch wirksamen Nanopartikeln ist zusätzlich der Kontakt mit unverträglichen Substanzen auszuschließen. Auch die VCI/BAuA Checkliste weist darauf hin, dass diese Gefahren zu beachten sind.



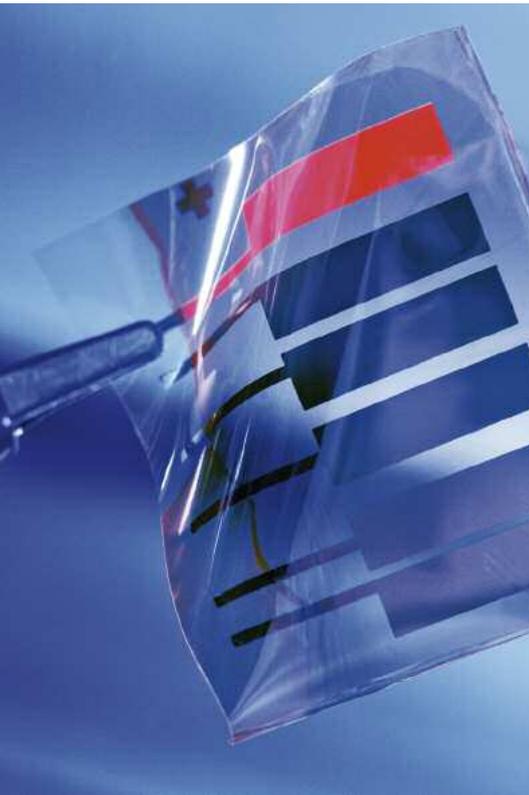
Inst. für Physik. Chemie, Uni Hamburg



AG Bakowsky, Universität Marburg



Fraunhofer IFAM



Fraunhofer IAP, A. Okulla

## Fazit

Die Anforderungen an die Sicherheitsmaßnahmen für KMU sind umfangreich. Folgende Strategien der Risikovermeidung haben sich bereits bei hessischen KMU bewährt:

- 1 Arbeit mit gut belegten, seit Jahren bekannten und als sicher zu verwendenden eingestuften Stoffen;
- 2 Absicherung von verwendeten Nanomaterialien durch Sicherheitsprüfungen für den jeweiligen Anwendungszusammenhang (z. B. EU Regularien wie REACH und die branchenspezifischen Direktiven / FDA Kriterien / GRAS Zertifizierung);
- 3 Arbeiten mit Dispersionen, Formulierungen, Kompositen oder Granulaten anstelle von luftgetragenen Nanopartikeln.
- 4 Wenn mit nicht gebundenen Partikeln gearbeitet wird, sollte dies in geschlossenen Anlagen geschehen, oder es müssen entsprechende Arbeitsschutzmaßnahmen ergriffen werden (Atemschutz, Ganzkörperschutz).
- 5 Expositionsmöglichkeiten sind entlang des Produktlebenszyklus zu prüfen und die entsprechenden Schutzmaßnahmen anzuwenden.
- 6 Die KMU sind für eine intensivere Betrachtung von sicherheitsrelevanten Fragestellungen in den der Produktion vor- und nachgelagerten Phasen stark auf die Informationen von Herstellern in ihren Sicherheitsdatenblättern angewiesen. Der Verband der Chemischen Industrie in Deutschland (VCI) bietet zu diesem Thema einen vertiefenden Dialog an<sup>49</sup>.
- 7 Eine lückenlose Dokumentation geeigneter Maßnahmen zur Vermeidung von Gefahrenpotenzialien wird erwartet. Ein direkter Kontakt und eine aktive Informationsbeschaffungsstrategie der KMU entlang der Lieferkette ist deshalb empfehlenswert, sollte sie noch nicht bestehen.

# 6 Risikowahrnehmung und Risikokommunikation

Wie aus vorangegangenen Technikdebatten gelernt werden konnte, sind es oft nicht nur naturwissenschaftlich messbare Risiken von Toxizität und Exposition, die über die Akzeptanz von Innovationen am Markt entscheiden. Auch die Risiko-Wahrnehmung einer Technologie durch Umwelt- und Verbraucherschutzorganisationen, Behörden oder Institutionen der Risikobewertung und nicht zuletzt der Medien kann zum „Risiko“ für den Markterfolg werden. Unternehmen müssen sich auf die gestiegenen Informations- und Dialoganforderungen der verschiedenen gesellschaftlichen Gruppen einstellen. Nicht nur das „was“, also die Inhalte von Informationen, steht auf dem Prüfstand, sondern auch das „wie“, also Glaubwürdigkeit und Konsistenz in der Kommunikation und in den gesamten Beziehungen.

Im Leitfaden „NanoKommunikation“ der Schriftenreihe Hessen-Nanotech des Hessischen Wirtschaftsministeriums wurden Eckpfeiler einer erfolgreichen Kommunikations- und Dialogstrategie für kleine und mittelständische Nano-Unternehmen entwickelt.<sup>50</sup> Die wesentlichen Punkte werden hier erneut zusammengefasst:

Leitfaden zur

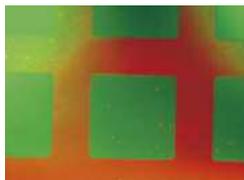
Risikokommunikation:

- ausführliche Dokumentationen
- offene Kommunikation mit allen Stakeholdern
- Partizipation an Dialogen zum Wissensaufbau

## 1 Identifizierung und Bewertung von Chancen- und Risikothemen (Issues Management)

Hierzu gehören

- Medienanalysen
- Auswertung von Homepages oder zentralen Internetportalen
- regelmäßiger Kontakt zu kritischen Gruppen, Institutionen oder Verbänden
- inhaltliche Vorbereitung auf gesellschaftlich relevante Fragen
- Aufbau von Chancen- und Risikoszenarien



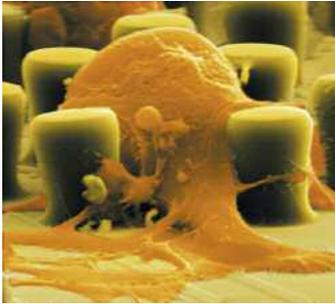
Universität Frankfurt



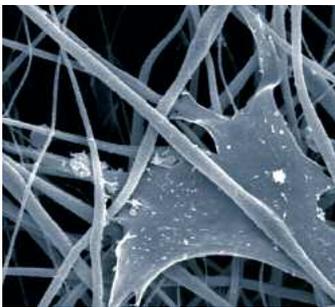
AG Wendorff, Universität Marburg



The Centre for Cell Engineering Glasgow



Max-Planck-Institut für Biochemie, Peter Fromherz



AG Wendorff, Universität Marburg

## 2 Der Aufbau einer Datenbank mit folgenden Dokumenten ist sinnvoll:

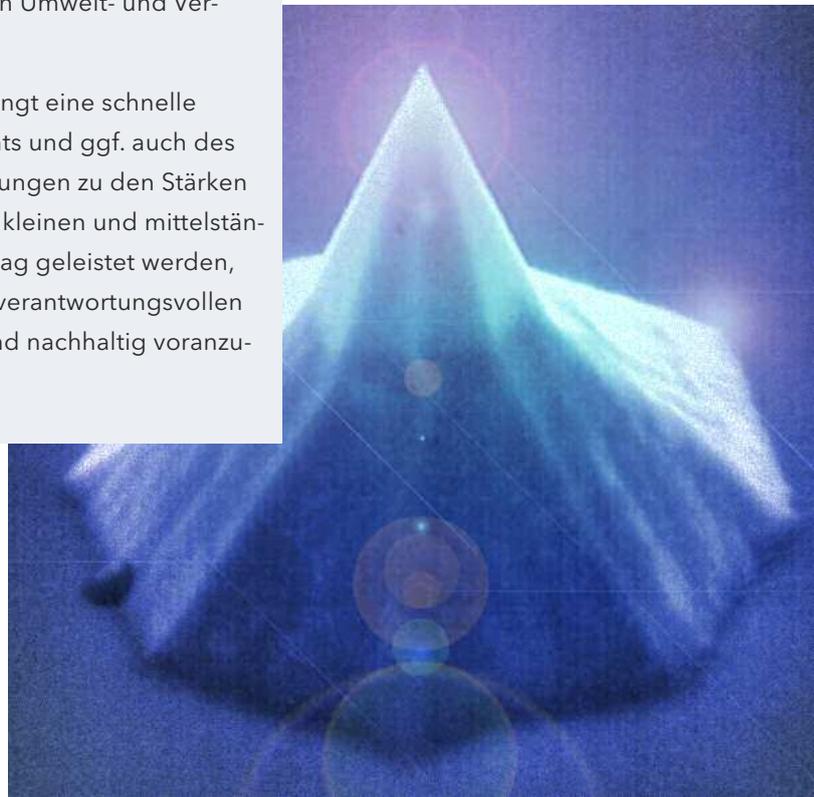
- Daten zum Produktnutzen und durchgeführten Qualitäts- und Sicherheitsstudien (Bestätigung der Daten durch unabhängige Institutionen)
- Dokumentation verwendeter Nanomaterialien und ihrer Eigenschaften (siehe vorherige Kapitel)
- Zusammenstellung der Sicherheitsdatenblätter
- Dokumentation der Anzahl der Mitarbeiter, die mit Nanomaterialien Kontakt haben
- Dokumente der Expositionsschutzmaßnahmen und Arbeitsplatzmessungen
- Sammlungen zu toxikologischen/epidemiologischen Daten
- Dokumentation von Produktsicherheitstests, -prüfungen und -zulassungen
- Dokumente zu Haftungsfragen im Schadensfall
- Dokumente der eigenen Qualitätssicherung

Auch organisatorisch muss die Kommunikation von Risiken vorbereitet werden. Hierzu gehört neben der technischen Realisierung der Datenbank auf dem Intranet auch die Vorbereitung der Mitarbeiter durch Kommunikationstrainings und die Benennung einer Kontaktperson als Ansprechpartner für Medienanfragen.

Die Entwicklung einer Kommunikationsstrategie sollte das Ziel verfolgen, Vertrauen nicht nur aufzubauen, sondern auch zu rechtfertigen und langfristig zu erhalten. Maßnahmen des verantwortungsvollen Umgangs mit Nanomaterialien können helfen, die Debatte um die Nanotechnologien differenziert zu führen und das Wissensniveau anzuheben. Es gilt, frühzeitig in einen offenen Dialog mit Medien, Kunden, Verbrauchern, Behörden und Nichtregierungsorganisationen zu treten und sich proaktiv zu positionieren, bevor Misstrauen etabliert ist.

## Fazit

- Die kleinen und mittelständischen Unternehmen verfügen oft nicht über große personelle Ressourcen, um Kommunikationsstrategien umfangreich umzusetzen. Für die Datengenerierung und das eigene Issues Management kann auf bewährte Kommunikationsplattformen wie [www.nanoportal-hessen.de/infoplattform-nanorisiken](http://www.nanoportal-hessen.de/infoplattform-nanorisiken) zurückgegriffen werden. Dort finden sich nicht nur die Aktualisierungen der international verfügbaren Leitfäden zu Maßnahmen des Arbeitsschutzes und der Messtechnik, sondern auch Hinweise zu aktuellen Bürger- und Stakeholderbefragungen, Bürgerkonferenzen oder Studien von Umwelt- und Verbraucherorganisationen.
- Die permanente Weiterentwicklung verlangt eine schnelle Anpassung des Informationsmanagements und ggf. auch des Risikomanagements. Da schnelle Anpassungen zu den Stärken von KMU gehören, kann gerade von den kleinen und mittelständischen Unternehmen ein wichtiger Beitrag geleistet werden, Innovationen im Sinne eines proaktiven, verantwortungsvollen Umgangs mit Nanomaterialien schnell und nachhaltig voranzutreiben.



Universität Kassel

# Quellenverweise

- 1 Vgl. OECD (2007), Capturing Nanotechnology's current state of development via analysis of patents, STI Working Paper, 2007 / 4, 23 May 2007, unter: [www.oecd.org/dataoecd/6/9/38780655.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/6/9/38780655.pdf), S. 10
- 2 Vgl. European Commission (2007): Towards A Code of Conduct for Responsible Nanoscience and Nanotechnologies Research. Consultation Paper, 2007, unter: [http://ec.europa.eu/research/consultations/pdf/nano-consultation\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/consultations/pdf/nano-consultation_en.pdf)
- 3 Vgl. OECD (2007), Capturing Nanotechnology's current state of development via analysis of patents, STI Working Paper, 2007 / 4, 23 May 2007, unter: [www.oecd.org/dataoecd/6/9/38780655.pdf](http://www.oecd.org/dataoecd/6/9/38780655.pdf), S. 10
- 4 Siehe NIOSH (2007): "Progress Toward Safe Nanotechnology in the Workplace", unter: [www.cdc.gov/niosh/docs/2007-123/pdfs/2007-123.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-123/pdfs/2007-123.pdf). S. 2
- 5 Vgl. NIOSH (2006): "Approaches to Safe Nanotechnology. An Information Exchange with NIOSH", unter: [www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/safenano/pdfs/approaches\\_to\\_safe\\_nanotechnology\\_28november2006\\_updated.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech/safenano/pdfs/approaches_to_safe_nanotechnology_28november2006_updated.pdf), S. 3 ff.
- 6 Vgl. SUVA (2007): „Nanopartikel an Arbeitsplätzen“, unter: [www.suva.ch/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.pdf](http://www.suva.ch/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.pdf)
- 7 Siehe HSE (2004): "Nanotechnology". In: HSE information note, 6 / 04, unter: [www.hse.gov.uk/pubns/hsin1.pdf](http://www.hse.gov.uk/pubns/hsin1.pdf). S. 1
- 8 Siehe BAuA/VCI (2007): „Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz“, unter: [http://www.baua.de/nn\\_43190/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/pdf/Leitfaden-Nanomaterialien.pdf](http://www.baua.de/nn_43190/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/pdf/Leitfaden-Nanomaterialien.pdf), S. 1-2
- 9 Siehe ICON (2006): "A Review of Current Practices in the Nanotechnology Industry - Phase two Report: Survey of Current Practices in the Nanotechnology", Full Report, unter: <http://cohesion.rice.edu/CentersAndInst/ICON/emplibrary/ICONNanotechSurveyFullReduced.pdf>, S. 7 / Vgl. auch Environmental Defense / DuPont (2007): „NANO Risk Framework“, unter: [www.environmentaldefense.org/documents/6496\\_Nano%20Risk%20Framework.pdf](http://www.environmentaldefense.org/documents/6496_Nano%20Risk%20Framework.pdf), S. 13
- 10 Vgl. BASF (2007): „Leitfaden zur sicheren Herstellung und bei Tätigkeiten mit Nanopartikeln an Arbeitsplätzen in der BASF AG“, unter: <http://www.corporate.basf.com/de/sustainability/dialog/politik/nanotechnologie/mitarbeiter/>, S. 1
- 11 Siehe SUVA (2007): „Nanopartikel an Arbeitsplätzen“, unter: [www.suva.ch/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.pdf](http://www.suva.ch/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.pdf), S.2
- 12 Einen guten Überblick bieten das Infoportal des Umweltbundesamtes unter: [www.reach-info.de](http://www.reach-info.de) oder die Europäische Kommission (DG Environment) unter: [http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach\\_intro.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/reach/reach_intro.htm)
- 13 Für die Zielgruppe der KMU und der anwendenden Unternehmen stellen z.B. der VCI oder die BASF Informationen zu REACH zusammen: [www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~122418~lastDokNr~122306.htm](http://www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~122418~lastDokNr~122306.htm)  
[http://corporate.basf.com/de/sustainability/management/expertservices/?gclid=CN\\_J8-H9iZICFSfaXgodKi5C-g&id=V00-guxKtBzuzbcp\\*XW](http://corporate.basf.com/de/sustainability/management/expertservices/?gclid=CN_J8-H9iZICFSfaXgodKi5C-g&id=V00-guxKtBzuzbcp*XW)
- 14 Vgl. hierzu die „Positionen und Empfehlungen des VCI zum Umgang mit Nanopartikeln und nanoskaligen Stoffen unter rechtlichen Gesichtspunkten“, unter: [www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~118639~lastDokNr~122306.htm](http://www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~118639~lastDokNr~122306.htm)

- 15 Die Überblickseite der Amerikanischen Environmental Protection Agency (EPA) findet sich unter: [www.epa.gov/lawsregs/laws/tsca.html](http://www.epa.gov/lawsregs/laws/tsca.html)
- 16 Ein Leitfaden für die Industrie mit häufig gestellten Fragen und Antworten der amerikanischen Food and Drug Administration findet sich unter: [www.cfsan.fda.gov/~dms/grasguid.html](http://www.cfsan.fda.gov/~dms/grasguid.html)
- 17 Auf der Homepage des VCI finden sich die Dokumente als PDF in deutscher und englischer Sprache: [www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~122306~lastDokNr~116417.htm](http://www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~122306~lastDokNr~116417.htm)
- 18 Die Dialog-Dokumente finden sich als PDF unter [www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~116378.htm](http://www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~116378.htm)
- 19 Download des Leitfadens unter: [www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~122417~lastDokNr~122306.htm](http://www.vci.de/default~cmd~shd~docnr~122417~lastDokNr~122306.htm)
- 20 Weiterführende Informationen unter <http://engineers.ihs.com/news/2008/> > nano sowie der Download der Dokumente: [www.bsigroup.com/nano](http://www.bsigroup.com/nano).
- 21 Verfügbar unter: [www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech](http://www.cdc.gov/niosh/topics/nanotech)
- 22 Weitere Informationen unter [http://www.suva.ch/home/suvapro/branchenfachthemen/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.htm?mc=nanoparticules](http://www.suva.ch/home/suvapro/branchenfachthemen/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.htm?mc=nanoparticules) sowie der Beitrag als Download: [www.suva.ch/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.pdf](http://www.suva.ch/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.pdf)
- 23 Überblickseite in deutscher Sprache unter: [www.responsible-care.de](http://www.responsible-care.de)
- 24 Download des Code of Conduct Nanomaterialien der BASF [www.corporate.basf.com/en/innovationen/felder/nanotechnologie/?getasset=file2&name=code-of-conduct.pdf&MTITEL=Code+of+Conduct+Nanotechnology&suffix=.pdf&id=V00-GGTVkBzZ8bcp.Ou](http://www.corporate.basf.com/en/innovationen/felder/nanotechnologie/?getasset=file2&name=code-of-conduct.pdf&MTITEL=Code+of+Conduct+Nanotechnology&suffix=.pdf&id=V00-GGTVkBzZ8bcp.Ou)
- 25 Weiterführende Informationen sowie der Download des „Nano Risk Framework“ [www.nanoriskframework.com](http://www.nanoriskframework.com)
- 26 Aus: BAuA/VCI (2007): Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz
- 27 Der vollständige Text des Codes findet sich unter: [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanocode-recommendation-pe0894c08424\\_de.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nanotechnology/docs/nanocode-recommendation-pe0894c08424_de.pdf)
- 28 Informationen unter [www.responsiblenanocode.org](http://www.responsiblenanocode.org)
- 29 Vgl. DuPont / Environmental Defense (2007): „NANO Risk Framework“, unter: [www.environmentaldefense.org/documents/6496\\_Nano%20Risk%20Framework.pdf](http://www.environmentaldefense.org/documents/6496_Nano%20Risk%20Framework.pdf), S. 41ff.
- 30 Link zu NIOSH und seiner Nanotechnology Information Library unter: [www2a.cdc.gov/niosh-nil](http://www2a.cdc.gov/niosh-nil)
- 31 International Consortium for Environment and Nanotechnology Research an der Rice University, unter: [http://cohesion.rice.edu/centersandinst/eesi/nanotech.cfm?doc\\_id=4149](http://cohesion.rice.edu/centersandinst/eesi/nanotech.cfm?doc_id=4149)  
Publikationsliste des Centre for Biological & Environmental Nanotechnology: gute Suchfunktion unter: <http://icon.rice.edu/searchResearch.cfm>
- 32 Vergleiche mit [www.nanotechproject.com/index.php?id=18&action=view&db](http://www.nanotechproject.com/index.php?id=18&action=view&db)  
Eine Liste von Nanoprodukten findet sich unter: [www.nanotechproject.org/index.php?id=44](http://www.nanotechproject.org/index.php?id=44)
- 33 University of Wisconsin-Madison, nsec (nanoscale science and engineering center): Referenzen zu Papers, Artikeln und Büchern zu Gesundheits- und Umweltrisiken der Nanotechnologie sowie Verweise auf Studien zu einzelnen Nanomaterialien unter: [www.nsec.wisc.edu/NanoRisks/NS--NanoRisks.php](http://www.nsec.wisc.edu/NanoRisks/NS--NanoRisks.php)
- 34 Vgl. NanoCare (2006), hier besonders das Arbeitspaket Nr. 6 unter: [www.nanopartikel.info/projekt/arbeitspakete.html](http://www.nanopartikel.info/projekt/arbeitspakete.html)

- 35 Bundesgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz (Hrsg.) (2003): „Nr.: 0160 Ultrafeine Partikeln an Arbeitsplätzen“. In: Aus der Arbeit des BIA, unter: [www.hvbg.de/d/bia/pub/ada/pdf/abia0160.pdf](http://www.hvbg.de/d/bia/pub/ada/pdf/abia0160.pdf), S. 1
- 36 Die Studie ist noch nicht veröffentlicht. Weitere Informationen wie Ansprechpartner sind zu finden unter: [www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Links-Beispiele.html\\_\\_nnn=true](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Links-Beispiele.html__nnn=true)
- 37 Siehe BASF (2007): „Leitfaden zur sicheren Herstellung und bei Tätigkeiten mit Nanopartikeln an Arbeitsplätzen in der BASF AG“, unter: [www.corporate.basf.com/de/sustainability/dialog/nanotechnologie/mitarbeiter/?getasset=fileabs1&name=Leitfaden+Deutsch+M%E4rz+2005.pdf&MTITEL=Leitfaden+zur+sicheren+Herstellung+und+bei+T%E4tigkeiten+mit+Nanopartikeln+an+Arbeitspl%E4tzen+in+der+BASF+AG&suffix=.pdf&id=\\_MQt.B70Ubcp10u](http://www.corporate.basf.com/de/sustainability/dialog/nanotechnologie/mitarbeiter/?getasset=fileabs1&name=Leitfaden+Deutsch+M%E4rz+2005.pdf&MTITEL=Leitfaden+zur+sicheren+Herstellung+und+bei+T%E4tigkeiten+mit+Nanopartikeln+an+Arbeitspl%E4tzen+in+der+BASF+AG&suffix=.pdf&id=_MQt.B70Ubcp10u), S. 2
- 38 Siehe HSE (2004): „Nanotechnology“. In: HSE information note, 6 / 04, unter: [www.hse.gov.uk/pubns/hsin1.pdf](http://www.hse.gov.uk/pubns/hsin1.pdf). S. 2
- 39 Siehe NIOSH (2007): „Progress Toward Safe Nanotechnology in the Workplace“, unter: [www.cdc.gov/niosh/docs/2007-123/pdfs/2007-123.pdf](http://www.cdc.gov/niosh/docs/2007-123/pdfs/2007-123.pdf), S. X, Executive Summary
- 40 Siehe BAuA / VCI (2007): „Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz“, unter: [www.vci.de/template\\_downloads/tmp\\_/Leitfaden\\_Nano\\_Stand%2027.08.2007~DokNr~121215~p~101.doc](http://www.vci.de/template_downloads/tmp_/Leitfaden_Nano_Stand%2027.08.2007~DokNr~121215~p~101.doc), S. 4
- 41 Vgl. SUVA (2007): „Nanopartikel an Arbeitsplätzen“, unter: [www.suva.ch/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.pdf](http://www.suva.ch/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.pdf), S.5
- 42 Siehe BASF (2007): „Leitfaden zur sicheren Herstellung und bei Tätigkeiten mit Nanopartikeln an Arbeitsplätzen in der BASF AG“, unter: <http://www.corporate.basf.com/de/sustainability/dialog/politik/nanotechnologie/mitarbeiter/>, S. 2
- 43 Siehe BASF (2007): „Leitfaden zur sicheren Herstellung und bei Tätigkeiten mit Nanopartikeln an Arbeitsplätzen in der BASF AG“, unter: <http://www.corporate.basf.com/de/sustainability/dialog/politik/nanotechnologie/mitarbeiter/>, S. 1
- 44 Siehe SUVA (2007): „Nanopartikel an Arbeitsplätzen“, unter: [www.suva.ch/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.pdf](http://www.suva.ch/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.pdf), S.5
- 45 Siehe BAuA / VCI (2007): „Leitfaden für Tätigkeiten mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz“, unter: [www.vci.de/Nanomaterialien](http://www.vci.de/Nanomaterialien), S. 4
- 46 Siehe SUVA (2007): „Nanopartikel an Arbeitsplätzen“, unter: [www.suva.ch/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.pdf](http://www.suva.ch/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.pdf), S.5
- 47 Siehe BASF (2007): „Leitfaden zur sicheren Herstellung und bei Tätigkeiten mit Nanopartikeln an Arbeitsplätzen in der BASF AG“, unter: [www.corporate.basf.com/de/sustainability/dialog/nanotechnologie/mitarbeiter](http://www.corporate.basf.com/de/sustainability/dialog/nanotechnologie/mitarbeiter), S. 2
- 48 Vgl. SUVA (2007): „Nanopartikel an Arbeitsplätzen“, unter: [www.suva.ch/nanopartikel\\_an\\_arbeitsplaetzen.pdf](http://www.suva.ch/nanopartikel_an_arbeitsplaetzen.pdf), S.5
- 49 Vgl. VCI Stakeholderworkshop zum Arbeitsschutz 2007, S. 4, Download unter [www.vci.de/Nanomaterialien](http://www.vci.de/Nanomaterialien)
- 50 Ausführliche Informationen finden sich in der Broschüre, herausgegeben vom Hessischen Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung (2006): „Nanokommunikation. Leitfaden zur Kommunikation von Chancen und Risiken der Nanotechnologie für kleine und mittelständische Unternehmen in Hessen“ unter, [www.hessen-nanotech.de/mm/NanoKomm\\_final\\_Internetneu.pdf](http://www.hessen-nanotech.de/mm/NanoKomm_final_Internetneu.pdf)

# Schriftenreihe

der Aktionslinie **Hessen-Nanotech** des  
Hessischen Ministeriums für Wirtschaft,  
Verkehr und Landesentwicklung

**Band 1 Einsatz von Nanotechnologie in  
der hessischen Umwelttechnologie**

Innovationspotenziale für Unternehmen

**Band 2 Nanomedizin**

Innovationspotenziale in Hessen  
für Medizintechnik und  
Pharmazeutische Industrie

**Band 3 Nanotechnologie im Auto**

Innovationspotenziale in Hessen für  
die Automobil- und Zuliefer-Industrie

**Band 4 NanoKommunikation**

Leitfaden zur Kommunikation von  
Chancen und Risiken der Nanotechno-  
logien für kleine und mittelständische  
Unternehmen in Hessen

**Supplement zum Leitfaden  
NanoKommunikation**

Innovationsfördernde Good-Practice  
Ansätze zum verantwortlichen Umgang  
mit Nanomaterialien

**Band 5 Nanotechnologien für  
die optische Industrie**

Grundlage für zukünftige  
Innovationen in Hessen

**Band 6 NanoProduktion**

Innovationspotenziale für hessische  
Unternehmen durch Nanotechnologien  
im Produktionsprozess

**Band 7 Einsatz von Nanotechnologien  
in Architektur und Bauwesen**

**Band 8 NanoNormung**

Normung im Bereich der  
Nanotechnologien als Chance  
für hessische Unternehmen

**Band 9 Einsatz von Nanotechnologien  
im Energiesektor**

Informationen / Download / Bestellungen:  
[www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)



[www.hessen-nanotech.de](http://www.hessen-nanotech.de)



[www.risiko-dialog.ch](http://www.risiko-dialog.ch)

