

Verantwortlicher Umgang mit Nanotechnologien

Bericht und
Empfehlungen der
NanoKommission
der deutschen
Bundesregierung
2008





Impressum

Herausgeber:	NanoKommission der deutschen Bundesregierung
Redaktion:	Wolf-Michael Catenhusen Antje Grobe Bianca Bendisch
Bezugsquellen:	Verfügbar im Internet unter: www.bmu.de/nanokommission Bestellungen schriftlich an den Herausgeber Bundsumweltministerium – NanoKommission 11055 Berlin
Layout und Satz:	Selbach Design www.SelbachDesign.de
Druck:	BMU
Stand:	November 2008

Inhalt

Vorwort	4
Zusammenfassung	6
I. Grundlagen der Arbeit der Deutschen NanoKommission	12
1. Vorläufige Definition	12
2. Deutschland investiert in Nanotechnologien	13
3. Gesellschaftlicher Dialog zu Fragen der Nachhaltigkeit und Sicherheit	14
4. Konsequenzen für die Arbeit der NanoKommission	16
5. Entwicklung der deutschen Dialoglandschaft	17
6. Aufbau und Ziele der NanoKommission	21
7. Internationale Einbettung der deutschen Dialoge	23
II. Ergebnisse der Arbeit der NanoKommission	25
1 Ergebnisse der Arbeitsgruppe 1: Nanotechnologien – Chancen für Umwelt und Gesundheit	25
1.1 <i>Nanotechnologien für die Umwelt: eine erste Übersicht</i>	26
1.2 <i>Beispiele zur Energiespeicherung, Energie- und Ressourceneffizienz sowie zum Umweltschutz</i>	29
1.2.1 <i>Energiespeicherung</i>	29
1.2.2 <i>Energie- und Ressourceneffizienz</i>	31
1.2.3 <i>Umweltschutz</i>	34
1.3 <i>Einschätzung der NanoKommission zu den Ergebnissen der AG 1</i>	35
2 Ergebnisse der Arbeitsgruppe 2: Risiken und Sicherheitsforschung	36
2.1 <i>Einführung</i>	36
2.2 <i>Empfehlungen zu Forschungsprioritäten</i>	37
2.3 <i>Kriterien zur Vergleichbarkeit von Studien</i>	40
2.3.1 <i>Informationen zur Charakterisierung von Nanomaterialien für biologische Experimente</i>	40
2.3.2 <i>Anforderungen an Expositionsmessungen in Luft, Wasser und Boden</i>	41
2.4 <i>Besorgnis- und Entlastungskriterien</i>	42
2.5 <i>Erste Risikoabschätzung für exemplarische Anwendungsbereiche</i>	45
2.5.1 <i>Amorphe Kieselsäure (SiO₂) in Lebensmitteln</i>	45
2.5.2 <i>Photokatalytisches Titandioxid (TiO₂) für selbstreinigende Oberflächen und zur Luftreinigung</i>	46
2.5.3 <i>CNT in elektrisch leitenden Folien (Lebenszyklusbetrachtung)</i>	47
2.5.4 <i>Silber-Nanospray als Pflanzenstärkungsmittel</i>	49
2.6 <i>Einschätzung der NanoKommission zu den Ergebnissen der AG 2</i>	50
3 Ergebnisse der Arbeitsgruppe 3: Prinzipien für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien	52
3.1 <i>Rahmenbedingungen</i>	52
3.2 <i>Fünf grundlegende Prinzipien für den verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien</i>	55
3.3 <i>Ausblick der AG 3: Nächste Schritte im Dialog</i>	58
3.4 <i>Einschätzung der NanoKommission zum den Ergebnissen der Arbeitsgruppe 3</i>	59
III. Empfehlungen der Deutschen NanoKommission und Ausblick	61
IV Anhang	65
Empfehlung für praxisnahe Leitfäden zur Umsetzung des Prinzipienpapiers	65
Zusammensetzung der Deutschen NanoKommission und der Arbeitsgruppen	67

Vorwort

Die Nanotechnologien sind eine Schlüsseltechnologie von strategischer Bedeutung. Wir haben bei ihr in einem vergleichsweise frühen Stadium der Technologieentwicklung die Chance, eine neue Qualität von Innovationskultur zu verwirklichen, die den Prinzipien der Nachhaltigkeit und der Risikoversorgung verpflichtet ist. Weltweit gibt es Bemühungen, aus Fehlern in Technikkonflikten der letzten Jahrzehnte zu lernen und eine integrierte Innovationsstrategie für Nanotechnologien zu entwickeln. Technologieförderung soll frühzeitig mit der Erforschung möglicher Gefährdungen für Mensch oder Umwelt, der wissenschaftlichen Aufarbeitung ethischer, rechtlicher, ökologischer und anderer gesellschaftlicher Folgen und öffentlicher Kommunikation über die Ergebnisse verbunden werden. Von zentraler Bedeutung ist eine angemessene Kommunikation zwischen Akteuren der Technologieentwicklung aus Wissenschaft und Wirtschaft und der Gesellschaft.

Die Berufung der NanoKommission durch das BMU erfolgte im Rahmen der High-Tech-Strategie der Bundesregierung Ende 2006. Eine solche Kommission ist bislang international ohne Vorbild. Die NanoKommission ist als „Stakeholder-Dialog“ strukturiert: Vertreter von Umwelt- und Verbraucherorganisationen, Gewerkschaften, Wissenschaft, Wirtschaft und Regierungsvertreter (Ministerien, Bundesbehörden) tauschen sich in einem kontinuierlichen Prozess über ihre jeweiligen Positionen und Einschätzungen zu spezifischen Themenbereichen auf dem Gebiet der Nanotechnologien aus. In einem solchen Verständigungsprozess müssen Schwerpunkte gesetzt werden. Die NanoKommission hat ihre Arbeit auf Nanomaterialien fokussiert und sich zu Beginn folgende Ziele gesetzt:

1. Das Potential von Nanomaterialien für eine nachhaltige Entwicklung herauszuarbeiten, im Sinne einer Entlastung für Umwelt, Gesundheit und für unsere begrenzten Ressourcen. Dazu sollen gute, verständliche Beispiele dargestellt werden, die Impulse für eine sinnvolle Standortpolitik geben können.
2. Der Frage nach möglichen Risiken für Umwelt und Gesundheit durch Nanomaterialien nachzugehen. Hier ging es vor allem um eine Klärung, welches Wissen zu möglichen Gefährdungen bereits verfügbar ist und welche weiteren Forschungsaktivitäten kurz- bis mittelfristig notwendig sind.
3. Empfehlungen zu erarbeiten, wie in einer Phase noch unzureichenden Wissens zum einen freiwillige Verpflichtungen einen Beitrag für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien leisten können (Prinzipienpapier). Und zum anderen inwiefern eine vorläufige Einstufung von Nanomaterialien zu möglichen Risikopotenzialen erfolgen kann, damit Innovationen Kriterien der Nachhaltigkeit und der Risikoversorgung entsprechen.

Die NanoKommission hat die Anstrengungen auf diesen Gebieten in der OECD, der EU und wichtigen Industrieländern intensiv beobachtet und in ihre Arbeit integriert. Sie hat sich darüber hinaus mit dem wichtigen Thema der Kommunikation beschäftigt und sich in einem Expertengespräch beraten lassen. Insgesamt herrscht im internationalen Vergleich ein durchaus positives Bild über Nanotechnologie in der deutschen Öffentlichkeit vor, aber das Informationsbedürfnis der Öffentlichkeit wächst erkennbar. Verbraucherinnen und Verbraucher unterscheiden durchaus nach für sie sinnvollen und weniger sinnvollen Anwendungen. Zurzeit gibt es – außer im Lebensmittelsektor - kaum Akzeptanzprobleme bei Produkten mit Nanomaterialien. Diese Situation wurde jedoch als sensibel eingeschätzt. Im Falle einer Kommunikationskrise könnte die Öffentlichkeit leicht an Erfahrungen mit der Debatte um „Risikotechnologien“ anknüpfen.

Im Rückblick war die Arbeit der NanoKommission dadurch geprägt, dass zum einen unterschiedliche Erfahrungen, Informationen, Kommunikationskulturen und Interessen aufeinander trafen. Zum anderen gab es eine deutliche Bereitschaft zu ergebnisoffener Zusammenarbeit, zu gemeinsamen Lernprozessen und - wo möglich - auch zur Konsensbildung. Dies wird auch in dem vorliegenden Bericht der NanoKommission deutlich.

Allen Beteiligten ist klar: Der gesellschaftliche Dialog über Nanotechnologie wird im November 2008 nicht beendet sein. Der vorliegende Bericht versteht sich als Bestandsaufnahme der bisherigen Arbeit. Er enthält darüber hinaus auch Empfehlungen zur Fortsetzung des Stakeholder-Dialogs.

Wolf-Michael Catenhusen



Zusammenfassung

Die Deutsche NanoKommission hat es sich zur Aufgabe gemacht, Nutzen und Risiken von Nanotechnologien im Sinne des Vorsorgeprinzips zu betrachten und nachhaltige Innovationen zu fördern. In einer Situation von unzureichendem Wissen stellt sie Kriterien für eine vorläufige Bewertung von Nutzen und Risiken zur Verfügung und formuliert grundlegende Prinzipien eines verantwortungsvollen Umgangs mit Nanomaterialien.

Die NanoKommission wurde Ende 2006 als zentrales nationales Dialoggremium der Bundesregierung geschaffen und hat sich zu einer wichtigen Plattform für die verschiedenen Interessengruppen entwickelt. Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft, Unternehmen, Umwelt- und Verbraucherorganisationen, Gewerkschaften, Ministerien und Behörden arbeiten gemeinsam an konkreten Lösungsansätzen. Chancen und Risiken von Nanomaterialien, damit verbundene wissenschaftliche und technische Fragen sowie Querschnittsthemen wie Transparenz und Information standen gleichermaßen im Mittelpunkt der Arbeit.

Die Arbeit erfolgt vor dem Hintergrund eines starken wirtschaftlichen und staatlichen Engagements in Deutschland, das die Forschung und Entwicklung von nachhaltigen Anwendungen der Nanotechnologien fördert und ausbaut. Deutschland verfügt über eine vergleichsweise umfangreiche Dialogtradition, bei der gesellschaftliche Gruppen bereits seit 2003 in verschiedenen Formen an der Debatte zu Nutzen und Risiken von Nanotechnologien beteiligt sind. In der Öffentlichkeit ist das Thema Nanotechnologie bereits angekommen. Jeder zweite kann Konkretes mit dem Begriff „Nano“ anfangen. Unter denjenigen, die wissen, was Nanotechnologien sind, herrscht derzeit eine mehrheitlich positive Grundstimmung auch wenn kritische Fragen zum Gesundheitsschutz bei der großen Mehrheit bereits präsent sind. Die Verbraucherinnen und Verbraucher wünschen sich mehr Informationen. Auch bei Experten werden mehr Informationen benötigt, um Kriterien der Risikobewertung von Nanomaterialien weiter zu entwickeln und international Standards auszubauen.

Die Deutsche NanoKommission (16 Mitglieder) hat sich durch drei Arbeitsgruppen (je etwa 20 Personen) unterstützen lassen. Die Diskussionskultur war von einer großen Offenheit und Lernbereitschaft geprägt. Jedoch bestand die Herausforderung immer wieder darin, ein hohes Maß an inhaltlicher Differenzierungsarbeit zu leisten und gleichzeitig die verschiedenen Erfahrungen und Interessen zusammen zu führen. Von allen Arbeitsgruppen wurden schriftliche Ergebnisse vorgelegt, die in den vorliegenden Abschlussbericht eingeflossen sind.

Für den vorliegenden Bericht wurden die Beiträge der Arbeitsgruppen teilweise gekürzt und zusammengefasst. Die wissenschaftlich vertiefenden Originaldokumente sind im Internet verfügbar unter: www.bmu.de/nanokommission.

Chancen für Umwelt und Gesundheit

Die NanoKommission hat Anwendungsbereiche von Nanomaterialien zusammen gestellt, welche die Millenniums Ziele der Vereinten Nationen unterstützen und einen Beitrag zum effizienten Umgang mit Ressourcen und zum Gesundheitsschutz leisten können. Im Bericht finden sich eine Übersicht zu diesen Beispielen sowie eine Vertiefung von ausgewählten Produkten, bei denen versucht wurde, den Nutzen für Umwelt und Gesundheit zu veranschaulichen. Eine integrierte Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus war bis zum Abschluss der ersten Arbeitsphase der NanoKommission nur in begrenztem Umfang möglich:

1. Für mehr Energieeffizienz können großformatige Lithium-Ionen Batterien sorgen. Sie werden mit Hilfe von Nanomaterialien leichter, günstiger und länger haltbar und sind für den Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen geeignet bzw. können alternative Energien aus Wind-, Wasser- oder Solarkraft speichern.
2. OLEDs sorgen als neue Leuchtmittel für einen niedrigen Stromverbrauch und helfen, CO₂ Emissionen zu verringern. Sie benötigen durch die Nanostrukturen deutlich weniger elektrische Energie bei gleichzeitig sehr hoher Lichtausbeute.
3. Carbonnanotubes werden Kunststoffen beigemischt und erzeugen je nach Auslegung des Produkts sehr stabile, reißfeste oder nicht statisch aufladbare Materialien. Diese werden z.B. als Strukturbauteile für Luftfahrt, Autos oder Flügel von Windkraftwerken eingesetzt. Die Hersteller wollen so einen geringeren Energieaufwand und geringere Kosten ermöglichen.
4. Nanoporöse Schäume können als Dämmmaterialien für Renovierungen und Neubauten eingesetzt werden. Hier geht es ebenfalls um die Reduzierung von Heizkosten und Energieverbrauch.
5. Schutz unserer begrenzten Ressource Wasser: Nanofilter werden für die Aufarbeitung von Produktions-, Siedlungs- und Deponieabwässern genutzt. Trinkwasser kann gereinigt und entkeimt werden. Auch eine Wasserentsalzung ist möglich, sowie das Unschädlichmachen von Schwermetallen. Dabei können Trenngenaugigkeit und Durchsatz erheblich genauer gesteuert werden, als bei herkömmlichen Verfahren.

Fragen zur Qualitätssicherung

Die Qualitätssicherung der erarbeiteten Chancen und Potenziale ist von großer Bedeutung, um - heute und morgen - eine nachhaltige Technologieentwicklung zu gewährleisten. Folgende Fragen dienen als erste Leitplanken für eine differenzierte Beschreibung und Bewertung der Ansätze:

- Welche besondere Funktion oder Eigenschaft des Produktes wird durch den Einsatz von Nanomaterialien/ Nanotechnologien erzeugt (Vorteile gegenüber bisherigen Produkten)?
- Welcher Mehrwert oder positive Beitrag entsteht aufgrund des Einsatzes von Nanomaterialien / Nanotechnologien für den Schutz der Umwelt?
- Stand der Produktentwicklung / der Anwendung? Welchem Kundenbedürfnis / gesellschaftlichen Anliegen wird Rechnung getragen?
- Kann bereits eine Einschätzung zur Sicherheit, Nachhaltigkeit und Recyclingfähigkeit vorgenommen werden?

Die Frage, ob diese Punkte zu einem integrierten Prüfraster für eine Gesamtbewertung von Chancen und Potenzialen weiter entwickelt werden können, ist am Ende des bisherigen Dialogprozesses offen geblieben. Von einigen Stakeholdern wurde dieser Wunsch geäußert, um die ökologische Gesamtbilanz eines Produktes mit potentiellen Alternativen über seinen gesamten Lebenszyklus zu vergleichen.

Risiko- und Sicherheitsforschung

Die Entwicklung neuer Verfahren und Materialien wirft gleichzeitig Fragen nach der Sicherheit für Mensch und Umwelt auf. Die NanoKommission empfiehlt, die Forschungsanstrengungen im Bereich Risiko- und Sicherheitsforschung insgesamt zu erhöhen. Die Arbeitsgruppe 2 hat hierfür eine Prioritätenliste erarbeitet.

Die NanoKommission schlägt darüber hinaus vor, eine vorläufige Einteilung der Nanomaterialien in Kategorien vorzunehmen. Dieser vorsorgeorientierte Ansatz (preliminary assessment) gilt nur, solange noch keine konkreten Risikobewertungen für Gesundheits- und Umweltschutz vorliegen. In der Arbeitsgruppe 2 wurden Entlastungs- und Besorgniskriterien erarbeitet, die hier eine Hilfestellung sein können, jedoch einer weiteren Konkretisierung bedürfen.

Den Kriterien zugrunde liegen bisher erschienene Studien zu Nanomaterialien, aus denen sich erste Bewertungstendenzen ablesen lassen: Das höchste Risikopotenzial sehen die Wissenschaftler beim Einatmen von Nanomaterialien. Sind Nanomaterialien z.B. in einer Matrix gebunden, - also in einer ausgehärteten Oberflächenbeschichtung - so werden die Risiken für die menschliche Gesundheit durch Einatmen von der Mehrheit der Experten als eher gering eingeschätzt. Die Aufnahme über die Haut wird von den meisten Experten als tendenziell eher weniger problematisch bewertet. Viele dermatologische Studien zeigen, dass gesunde menschliche Haut nach heutigen Erkenntnissen einen relativ guten Schutz gegen Nanomaterialien bietet und diese nicht in den Körper eindringen. Die Ergebnisse aktueller Untersuchungen an geschädigter Haut sind noch nicht veröffentlicht. Weniger bekannt sind mögliche Effekte, falls Nanomaterialien über den Magen-Darm-Trakt aufgenommen werden. Die Expertinnen und Experten fordern hier eindeutig eine bessere Datenlage. Auch die Auswirkungen von Nanomaterialien auf die Umwelt

Gruppe 1: Gefährdung wahrscheinlich - Besorgnis hoch

Kriterien: Exposition gegeben, hohe Mobilität, Reaktivität, Persistenz oder Toxizität der Materialien

Maßnahmenkonzept zur Minimierung der Exposition oder Verzicht auf bestimmte Anwendungen erforderlich

Gruppe 2: Gefährdung möglich - Besorgnis mittel

Kriterien: Exposition nicht auszuschließen, unbekanntes Agglomerations- bzw. Deagglomerationsverhalten, zu wenig Informationen zur Löslichkeit und biologischen Abbaubarkeit, Möglichkeit der Freisetzung von Nanopartikeln aus einer Matrix nicht geklärt.

Maßnahmenkonzept zur Verminderung der Exposition von Mensch und Umwelt erforderlich

Gruppe 3: Gefährdung unwahrscheinlich - Besorgnis gering

Kriterien: Exposition weitgehend ausgeschlossen, Materialien löslich oder biologisch abbaubar, Materialien gebunden in einer Matrix, Bildung stabiler Aggregate oder Agglomerate

Keine über die 'gute Arbeitsschutzpraxis' (oder 'Hygienepaxis') hinausgehenden Maßnahmen erforderlich.

können derzeit noch nicht ausreichend bewertet werden. Daher empfiehlt die NanoKommission auch hier einen besonderen Forschungsschwerpunkt zu setzen.

Abschätzung im Einzelfall

Die bisher veröffentlichten Studien zur Risikobewertung von Nanomaterialien können aber nur erste Anhaltspunkte geben. Verallgemeinerte Aussagen, ob Nanomaterialien prinzipiell gefährlich sind oder nicht, lassen sich nicht treffen. Aufgrund der Vielzahl an Materialien und ihrer verschiedenen Anwendungskontexte müssen Nanomaterialien immer im Einzelfall (case-by-case) unter Abwägung des möglichen Nutzens mit den potentiellen Risiken bewertet werden. Selbst zu bestimmten Stoffen oder Stoffgruppen sind verallgemeinerte Aussagen problematisch. Die AG 2 hat eine vorläufige Einschätzung zu den folgenden Beispielen vorgelegt, die im vorliegenden Bericht in gekürzter Form enthalten sind.

1. Amorphe Kieselsäure (SiO_2) in Lebensmitteln, 2. CNT in elektrisch leitenden Folien (Lebenszyklusbetrachtung), 3. Photokatalytisches Titandioxid (TiO_2) für selbstreinigende Oberflächen, 4. Silbernanospray zum Einsatz bei Pflanzen. Ziel war es, mögliche Risiken zu differenzieren und beschreibbar zu machen bzw. den Forschungsbedarf zu konkretisieren.

Leitfaden für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien

Wie kann nun mehr Verbindlichkeit für den sicheren Umgang mit Nanomaterialien geschaffen werden? Im Rahmen der AG 3 der NanoKommission sind "Prinzipien für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien" erarbeitet worden. Dieser Handlungsrahmen soll die bereits existierenden regulativen Maßnahmen (REACH, branchenbezogene EU-Richtlinien) ergänzen, die Nanomaterialien im Grundsatz erfassen, die aber gegebenenfalls angepasst werden müssen. Beides zusammen bildet das Dach, unter dem Wissenschaft und Unternehmen Nanotechnologien verantwortungsvoll entwickeln können.

Zu den 5 grundlegenden Prinzipien gehören:

1. **Verantwortung und Management definieren und offenlegen (Good Governance)**
2. **Transparenz hinsichtlich Nanotechnologie-relevanter Informationen, Daten und Prozesse**
3. **Bereitschaft zum Dialog mit Interessengruppen**
4. **Risikomanagement etablieren**
5. **Verantwortung in der Wertschöpfungskette übernehmen**

Die Prinzipien wurden auf Basis der gegenwärtigen wissenschaftlichen, regulativen und gesellschaftlichen Situation formuliert. Die Eignung und auch die Notwendigkeit der Prinzipien soll in den nächsten zwei Jahren überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Ein Beratungsprozess mit notwendigen Kriterien und Verfahren zur Umsetzung sowie deren Überprüfbarkeit und Kontrolle wird frühzeitig im Rahmen der nächsten Arbeitsphase der NanoKommission vereinbart.

Empfehlungen

Die NanoKommission hat abschließend Empfehlungen an Politik und Verwaltung, aber auch an die Industrie und Verbände formuliert:

1. **Ressortübergreifende Begleitforschung zur Sicherheits- und Risikoforschung:**
Hier sind die Mittel für Forschungen und die Entwicklung konkreter Maßnahmen zum Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und Umweltschutz deutlich zu erhöhen und die Ergebnisse in strukturierter Form der Gesellschaft zugänglich zu machen.
2. **Umsetzung der vorläufigen Bewertungskriterien und der Prinzipien zum verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien:**
Es wird empfohlen, den drei Gruppen zur vorläufigen Risikobewertung definierte Bestimmungs-

und Messverfahren zuzuordnen und die Kriterien zu gewichten. Einstufungskriterien und daraus resultierende Maßnahmen sind zu verknüpfen.

Das Prinzipienpapier sollte auf andere Branchen ausgeweitet werden, die Nanotechnologien oder Nanomaterialien anwenden. Die Diskussion, ob freiwillige Selbstverpflichtungen insgesamt ausreichend sind, oder eine höhere Rechtsverbindlichkeit geschaffen werden muss, ist weiter zu führen. Die NanoKommission empfiehlt die Entwicklung eines Umsetzungsmonitorings und die Überprüfung der Prinzipien nach 2 Jahren.

3. Markttransparenz für Verbraucherinnen und Verbraucher:

Informationen zu Inhaltsstoffen, Funktion und Wirkung sowie zur Sicherheit der Produkte sind so aufzubereiten, dass sie verständlich und frei zugänglich sind. Hierzu müssen neue Konzepte erstellt werden.

4. Weiterführung der NanoKommission:

In der nächsten Arbeitsphase der NanoKommission sollte intensiv zu den folgenden Themen gearbeitet werden

- Diskussion von Regulierungsfragen
- Ausweitung auf weitere Anwendungsfelder
- verstärkte Lebenszyklus-Analysen
- thematische Öffnung des Dialogs zu sozialen und ethischen Fragen
- Weiterentwicklung von vorsorgeorientierten Verfahren zur Risikoabschätzung und -bewertung
- Verstärkung der Kommunikation der laufenden Arbeiten und der Ergebnisse an die Öffentlichkeit
- stärkere Beteiligung an der internationalen Debatte
- stärkere Einbindung der anwendenden Industrie

Für die weitere Arbeit ist eine professionelle Unterstützung der Kommissionsarbeit durch eine Geschäftsstelle und die dafür erforderlichen Ressourcen notwendig. Die NanoKommission sollte sich bei Bedarf durch eine unabhängige Moderation unterstützen lassen können.

Die NanoKommission blickt zurück auf zwei intensive Jahre der produktiven Zusammenarbeit verschiedenster Stakeholder. Sie begrüßt die Initiative der Bundesregierung, dieses Engagement im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung der Innovationspotenziale von Nanotechnologien weiter zu fördern.

I. Grundlagen der Arbeit der Deutschen NanoKommission

Nanotechnologien sind in verschiedenen Branchen einsetzbar und gelten als Querschnittstechnologien, die ihr Innovationspotenzial auf unterschiedlichen Wegen entwickeln können. Das Wissen, neue Materialien und Verfahren zu gestalten und Forschung schnell und nachhaltig in Produkte umzusetzen, wird weltweit zu einem wichtigen Wettbewerbsfaktor. Die Deutsche NanoKommission will den verantwortlichen Umgang mit Nanotechnologien fördern und wichtige Fragen zu Chancen und Risiken frühzeitig im Dialog mit gesellschaftlichen Anspruchsgruppen (Stakeholder) bearbeiten.

1. Vorläufige Definition

Der Begriff der Nanotechnologien umfasst verschiedene Verfahren zur Untersuchung und zur gezielten Herstellung und Anwendung von Prozessen, Strukturen, Systemen oder molekularen Materialien, die in mindestens einer Dimension typischer Weise unterhalb von 100 Nanometern ($1 \text{ nm} = 10^{-9}\text{m}$) liegen.

Als **Nanomaterialien** werden künstlich hergestellte Materialien verstanden, die vor allem durch das veränderte Oberflächen-Volumen-Verhältnis insbesondere in diesem Größenbereich häufig neuartige Eigenschaften entfalten. Eine international abgestimmte Definition liegt allerdings derzeit noch nicht vor. Nach dem Entwurf des Technischen Komitees der Internationalen Standardisierungs-Organisation (ISO Technical Committee 229), werden **Nanomaterialien** in verschiedene Gruppen untergliedert. Hierzu gehören:

- **Nanoobjekte:** Materialien, die entweder in ein, zwei oder drei äußeren Dimensionen nanoskalig (näherungsweise 1 bis 100 nm) sind. Typische Vertreter sind Nanopartikel, Nanofasern und Nanoplättchen. Zu den Nanofasern gehören elektrisch leitende Fasern (Nanowires), Nanoröhrchen (Nanotubes) und feste Nanostäbchen (Nanorods). Nanoobjekte kommen dabei häufig in Gruppen vor.
- **Nanostrukturierte Materialien** haben eine innere, nanoskalige Struktur und treten in der Regel als Verbundsysteme von Nanoobjekten auf. Typische Vertreter sind Aggregate und Agglomerate. Diese sind laut ISO nicht in ihrer physikalischen Größe oder Form begrenzt¹.

Die Begriffe wurden in die Arbeitsdefinition der OECD aufgenommen und werden u.a. von der Europäischen Kommission, vom deutschen Verband der Chemischen Industrie sowie von der Bundesanstalt für Arbeitssicherheit und Arbeitsschutz in ähnlicher Form verwendet. Die NanoKommission hat diese vorläufigen Definitionen für ihre Arbeit übernommen. Davon ungeachtet äußern Umwelt- und Verbraucherverbände Bedenken gegenüber einer zu eng gefassten Definition.

Aus Sicht der NanoKommission sollte in der zukünftigen Definition deutlich werden, dass die Aggregate und Agglomerate auch über 100 nm zu den nanostrukturierten Materialien zählen. Hintergrund ist hier auch der Aspekt der Vorsorge, denn neben der Notwendigkeit einer eindeutigen Definition sind es ja insbesondere die neuen Eigenschaften von Nanomaterialien, die im Mittelpunkt der Betrachtung stehen. Wenn größere Systeme als 100 nm über neue Eigenschaften verfügen, sollten diese bei der zukünftigen Arbeit ebenfalls mit betrachtet werden. Zu ergänzen wären in der Definition ggf. Materialien, die spezifische, nanoskalige Strukturen wie z.B. Hohlräume aufweisen und ebenfalls unter dem Begriff der nanostrukturierten Materialien zusammengefasst werden sollten.

Die Arbeit der internationalen Gremien an grundlegenden Definitionen wird von der NanoKommission in Hinblick auf Regulierungsfragen als besonders wichtig erachtet. Die verschiedenen Branchenverbände der Industrie sollten eine einheitliche Definition annehmen, um verschiedene Interpretationen zu vermeiden und Behörden wie auch NGO's und der Öffentlichkeit eine einheitliche Einschätzung zum Einsatz von Nanotechnologien und Nanomaterialien zu ermöglichen. Sie ist außerdem notwendige Voraussetzung, um Förderprogramme oder Risiko minimierende Maßnahmen genauer einzugrenzen.

Der vorliegende Bericht der Deutschen NanoKommission bezieht sich auf die beschriebenen, vorläufigen Definitionen und bezieht die Möglichkeit späterer Anpassungen mit ein.

2. Deutschland investiert in Nanotechnologien

Deutschland ist ein starker Standort auf dem Feld der Nanotechnologien. Nahezu die Hälfte der europäischen Nanotechnologie-Unternehmen hat ihren Sitz in Deutschland. Seit den 90er Jahren fördert die Bundesrepublik Deutschland gezielt diese Zukunftstechnologie und die Kooperation zwischen Wissenschaft und Wirtschaft. Gleichzeitig wurde in Risikoforschungsprojekte investiert und Dialogprogramme aufgebaut. Seit 1998 wurden die Mittel für Projektförderungen vervierfacht, 2002 eine erste Nano-Strategie vorgelegt. Deutschland steht mit rund 438 Millionen Euro pro Jahr an öffentlichen Fördermitteln in Europa an der Spitze. Von den 165 Millionen Projektmitteln des BMBF entfallen 6 Millionen Euro (3,6%) auf die reine Risikoforschung. Hinzu kommen fachlich differenzierte Forschungsanstrengungen des Umweltbundesamtes, des Bundesinstituts für Risikobewertung und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, die zur besseren Koordinierung eine gemeinsame Forschungsstrategie entwickelt haben. Auf Seiten der forschenden Industrie wurden in Gemeinschaftsprojekten mit der öffentlichen Hand 250 Millionen Euro in Nanotechnologien und Nanomaterialien investiert. Bezüglich der Anzahl der angemeldeten Patente liegt Deutschland hinter den USA und Japan auf Platz 3. In Bezug auf wissenschaftliche Veröffentlichungen hält Deutschland Platz 4.

Im Rahmen ihrer Hightech-Strategie verabschiedete die Bundesregierung 2006 die ressortübergreifende „Nano-Initiative – Aktionsplan 2010“ als Rahmenprogramm zur Nanotechnologie. Beteiligt sind unter der Führung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) sieben Bundesministerien: Das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), für Arbeit und Soziales (BMAS), für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), für Gesundheit (BMG), für Wirtschaft und Technologie (BMWi) sowie das Bundesministerium für Verteidigung (BMVg).

Ziel ist es,

- Forschung und Entwicklung in den Schwerpunktbereichen Elektronik, Automobilbau, Chemie, Medizin, Lichttechnik, Energie ressortübergreifend und interdisziplinär zu fördern,
- mögliche Risiken für Mensch und Umwelt zu erforschen,
- die Umsetzung der Forschungsergebnisse für nachhaltige Innovationen zu beschleunigen und Innovationshemmnisse abzubauen,
- frühzeitig in Ausbildung und Wissensvermittlung zu investieren,
- international an der Erarbeitung von Standards und Normen sowie der Ermittlung möglicher Risiken und Vorbereitung möglicher Regulierung mitzuarbeiten und
- Chancen und Risiken mit der Öffentlichkeit und verschiedenen Interessengruppen zu diskutieren.

3. *Gesellschaftlicher Dialog zu Fragen der Nachhaltigkeit und Sicherheit*

Das Besondere an der deutschen Debatte zu Nanotechnologien ist die vergleichsweise frühe Auseinandersetzung mit Chancen einerseits und möglichen Risiken andererseits, die gemeinsam mit den verschiedenen Stakeholdergruppen bearbeitet wurden.

Bei den Chancen hat die NanoKommission einen Schwerpunkt auf Anwendungsbereiche gelegt, die die Millenniums Ziele der Vereinten Nationen unterstützen und einen Beitrag zum effizienten Umgang mit Ressourcen und zum Gesundheitsschutz leisten können. Verbrauchernahe Beispiele für Anwendungen, die zu einer Umweltentlastung führen können, finden sich in der **Oberflächentechnologie**. Hier sorgen nanostrukturierte Materialien für leicht zu reinigende, kratzfeste Beschichtungen auf Autos, Sanitärprodukten, Fassaden oder Fenstern. Gewünschter positiver Effekt für die Umwelt: Die Produkte sollen langlebiger werden und der Aufwand an umweltgefährdenden Reinigungsprodukten sinken. In der Antriebstechnologie können außerdem reibungsarme Beschichtungen in den Lagern für einen geringeren Energieverbrauch sorgen.

Einen großen Nutzen der Nanotechnologien verspricht man sich auch bei **Umweltechnologien**. Vor allem im Bereich **effizienter Energieerzeugung und -speicherung**, werden große Entwicklungsschübe erwartet. So können z.B. Photovoltaikanlagen kostengünstiger hergestellt und mit einem höheren Wirkungsgrad betrieben werden und erzeugter Strom kann in großen Lithium-Ionen Batterien mit Nanomembranen sicher gespeichert werden. Die Energieversorgung könnte dadurch mobiler, dezentraler und kleiner werden. Eine solche Technologie hat das Potenzial, die Zukunft von Automobilen und elektronischen Geräten deutlich zu verändern. Ein anderes Beispiel sind Nanomembranen und -beschichtungen für **Filteranlagen**. Sie eröffnen neue Möglichkeiten, Trinkwasser aufzubereiten und verschmutztes Wasser zu reinigen bzw. einer Verunreinigung gezielt vorzubeugen.

Die Entwicklung neuer Verfahren und Materialien wirft gleichzeitig Fragen nach der **Sicherheit für Mensch und Umwelt** auf:

Die Forschungsanstrengungen konzentrieren sich derzeit auf das Einatmen freier Nanopartikel, die biologisch schwer abbaubar sind, da hier verschiedene Tests auf mögliche gesundheitliche Risiken hingewiesen haben. Gegenwärtig werden in der Forschung verschiedene Materialien in Hinblick auf mögliche Dosis-Wirkungs-Beziehungen betrachtet, um ggf. Grenzwerte ableiten zu können. International müssen hierzu standardisierte Testverfahren weiter entwickelt und die Forschungen zur Messtechnik vorangetrieben werden, damit zuverlässige Aussagen zur Exposition von Mensch und Umwelt getroffen werden können. Solange keine Risikobewertung, Grenzwerte und validierte Messmethoden vorliegen, sollte aus Vorsorgegründen bei der Herstellung und der Anwendung von Nanomaterialien die Exposition von Mensch und Umwelt minimiert bzw. vermieden werden.

Die Fragen des Arbeitsschutzes sind bereits frühzeitig von der Industrie aufgegriffen worden und es stehen erste Leitfäden zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien in der Produktion zur Verfügung, die vor allem eine inhalative Exposition vermeiden sollen. Sind Nanomaterialien in einer Matrix gebunden, also in einer Flüssigkeit oder später z.B. in einer ausgehärteten Oberflächenbeschichtung, so werden die inhalativen Risiken für die menschliche Gesundheit von der Mehrheit der Experten als eher gering eingeschätzt.

Die meisten **dermatologischen** Studien zeigen, dass gesunde menschliche Haut einen guten Schutz gegen Nanomaterialien bietet und diese nicht in den Körper eindringen. Dies gilt auch für Anwendungen in der Kosmetik, wie z.B. Sonnencremes. Derzeit laufen noch die Untersuchungen an verletzter Haut, ausreichende Ergebnisse stehen noch aus.

Weniger bekannt sind mögliche Effekte, falls Nanomaterialien über den **Magen-Darm-Trakt** aufgenommen werden. Hier liegen aus der Lebensmittelindustrie nur wenige Referenzmaterialien vor. Gut vergleichbare Fütterungsstudien gibt es nur für wenige ausgewählte Materialien wie z.B. nanostrukturiertes Siliziumdioxid. Die NanoKommission sieht hier Forschungsbedarf und unterstreicht die Notwendigkeit eines besseren Austausches zwischen Industrie, Wissenschaft und Behörden – insbesondere angesichts der hohen öffentlichen Relevanz des Themas.

Vor allem die Auswirkungen von Nanomaterialien auf die Umwelt können derzeit noch nicht ausreichend bewertet werden, erste Untersuchungen legen jedoch nahe, dass den Umweltrisiken besondere Aufmerksamkeit zukommen sollte. Die NanoKommission empfiehlt, die Forschungsanstrengungen in diesem Bereich deutlich zu erhöhen und das Vorsorgeprinzip hier besonders ernst zu nehmen. Bei der Risikoanalyse von Nanomaterialien in der Umwelt stellt sich das Problem, Veränderungen aufgrund der eingebrachten Materialien nachzuweisen oder sie von den natürlich vorkommenden Substanzen zu unterscheiden. Bislang liegen außerdem zu wenige Informationen vor, um das Verhalten von Nanomaterialien, die in Flüssigkeiten gebunden sind, auf die Umwelt genau beschreiben zu können. Zu möglichen Risiken können deshalb an dieser Stelle noch keine Aussagen gemacht werden.

4. Konsequenzen für die Arbeit der NanoKommission

Sind also Nanomaterialien gefährlich oder nicht? Der obige Abschnitt zu den Risikofragen zeigt, dass es aufgrund der Vielzahl an Materialien und ihrer verschiedenen Anwendungskontexte gegenwärtig unmöglich ist, generelle und einfache Antworten auf diese Frage zu geben. Die Experten gehen davon aus, dass Nanomaterialien oder die Anwendung von Nanotechnologien vorerst immer im Einzelfall (case-by-case) unter Abwägung des möglichen Nutzens mit den potentiellen Risiken bewertet werden müssen. Außerdem müssen im Sinne des Vorsorgeprinzips geeignete Maßnahmen zur Risikominimierung ergriffen werden. Aber auch diese sind auf das jeweilige Material, seine genauen Eigenschaften (siehe hierzu die Ergebnisse der Arbeitsgruppe 2) und seine jeweilige Verwendung abzustimmen.

Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus können derzeit seriöser Weise kaum verallgemeinerte Aussagen getroffen werden. Genau diese einfachen Antworten werden aber in der öffentlichen Debatte gesucht. Möglicherweise besteht die eigentliche Herausforderung darin, mit der unumgänglichen **Komplexität** umzugehen, diese gesellschaftlich zu vermitteln und die einzelnen Schritte der Bewertung von Chancen und Risiken transparent zu machen. Nutzen und Gefahren sollten zunächst ergebnisoffen unter Beteiligung von allen Stakeholdern gegeneinander abgewogen und in einer integrierten Bewertung zusammengefasst werden. Es braucht international standardisierte Kriterien für die Risikobewertung und Leitlinien (z.B. für das Risikomanagement und die Kommunikation), an denen sich Forscher, Unternehmen und Behörden gleichermaßen orientieren können.

In der NanoKommission setzen sich verschiedene Stakeholdergruppen mit Unsicherheiten und Wissenslücken auseinander, die in diesem frühen Stadium der Entwicklung von Nanotechnologien bestehen. Vorgeschlagen wird ein zweistufiges Verfahren: Den etablierten Verfahren des Risikomanagements - mit wissenschaftlicher Wirkungsabschätzung, Expositionsabschätzung, Risikobewertung und den darauf aufbauenden Maßnahmen des Gesundheits- und Umweltschutzes - wird eine ‚**vorläufige Risikoabschätzung**‘ (**preliminary assessment**) vorgeschaltet. Diese vorläufige Abschätzung stützt sich auf Informationen, die schon sehr früh im Innovationsprozess verfügbar sind, also vor allem auf die schon bekannten oder vergleichsweise rasch ermittelbaren Charakteristika von Nanomaterialien (insb. ihre physikalisch-chemischen Eigenschaften). Für die Durchführung der vorläufigen Risikoabschätzung hat die AG 2 der NanoKommission ein Raster von Entlastungs- und Besorgniskriterien entwickelt. Auf der Basis dieser Einordnungen können in einem nächsten Schritt dann entsprechende Maßnahmen nach dem Vorsorgeprinzip erfolgen. Die praktische Relevanz derartiger vorläufiger Abschätzungen und der mit ihnen verbundenen Maßnahmen sinkt allerdings in dem Maße, in dem das Wissen über Wirkungsmechanismen und Expositionen steigt und damit die klassischen Verfahren der Risikobewertung und des Risikomanagements greifen können.

Die Deutsche NanoKommission hat sich den Herausforderungen für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanotechnologien gestellt. Sie will die angesprochenen Unsicherheiten, offenen Fragen und Wissenslücken lösungsorientiert und anhand von konkreten Beispielen bearbeiten. Eine gesellschaftliche Verständigung über die folgenden Fragen erscheint für den jetzigen und den nachfolgenden Dialog besonders wichtig:

- Welchen Beitrag können und sollen Nanotechnologien und Nanomaterialien für die zukünftige Entwicklung von Wirtschaft und Gesellschaft leisten? Welche Risiken für Mensch und Umwelt gibt es und können diese sicher ausgeschlossen werden?

5. *Entwicklung der deutschen Dialoglandschaft*

Die Deutsche NanoKommission ist Teil eines breit gestützten nationalen Dialogprozesses. Möglicherweise sind es diese frühzeitigen Dialoge, die die Nanodebatte in Deutschland von Debatten in anderen Ländern unterscheidet. Die NanoKommission hat bei ihrer Arbeit von früheren Dialoginitiativen profitiert:

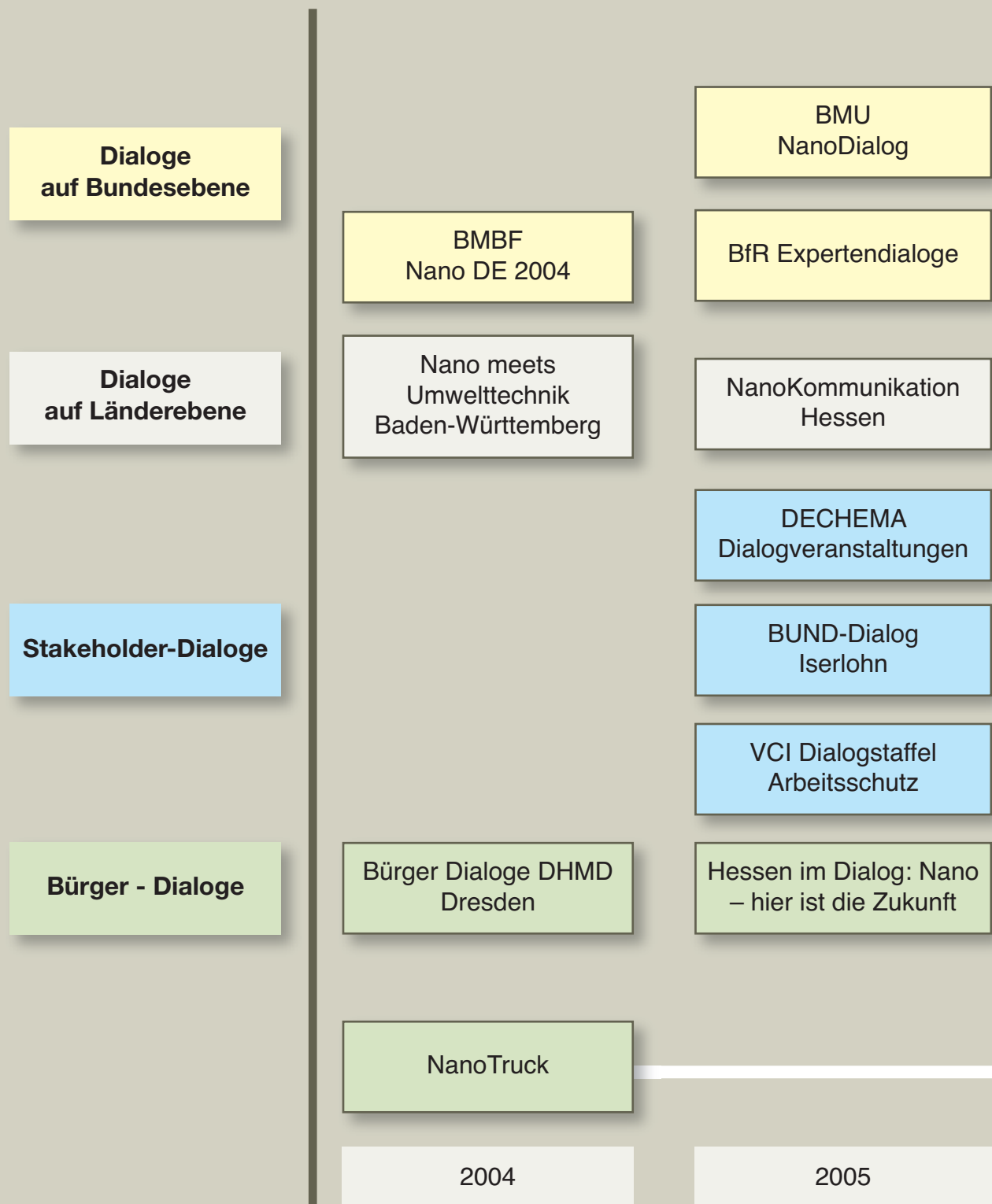
Die gesellschaftspolitische Debatte zur Nanotechnologie begann 2003 mit dem ersten Bericht des Büros für Technikfolgenabschätzung des Deutschen Bundestages. Im Frühjahr 2004 wurden erste Bürger-Dialoge zur Nanotechnologie am Deutschen Hygiene Museum in Dresden durchgeführt. Im Sommer 2004 verabschiedete der Deutsche Bundestag eine Entschließung „Aufbruch in den Nanokosmos – Chancen nutzen, Risiken abschätzen“. Große Verbände und wissenschaftlich-technische Gesellschaften wie der Verband der Chemischen Industrie (VCI), der Verein Deutscher Ingenieure (VDI) oder die DECHEMA unterstützen den Wissensaufbau und Wissenstransfer in der Nanotechnologie und führen seitdem eine Vielzahl von Veranstaltungen und Forschungsprojekten zu den neuen Entwicklungen sowie zur Risikoforschung und zum Risikomanagement durch.

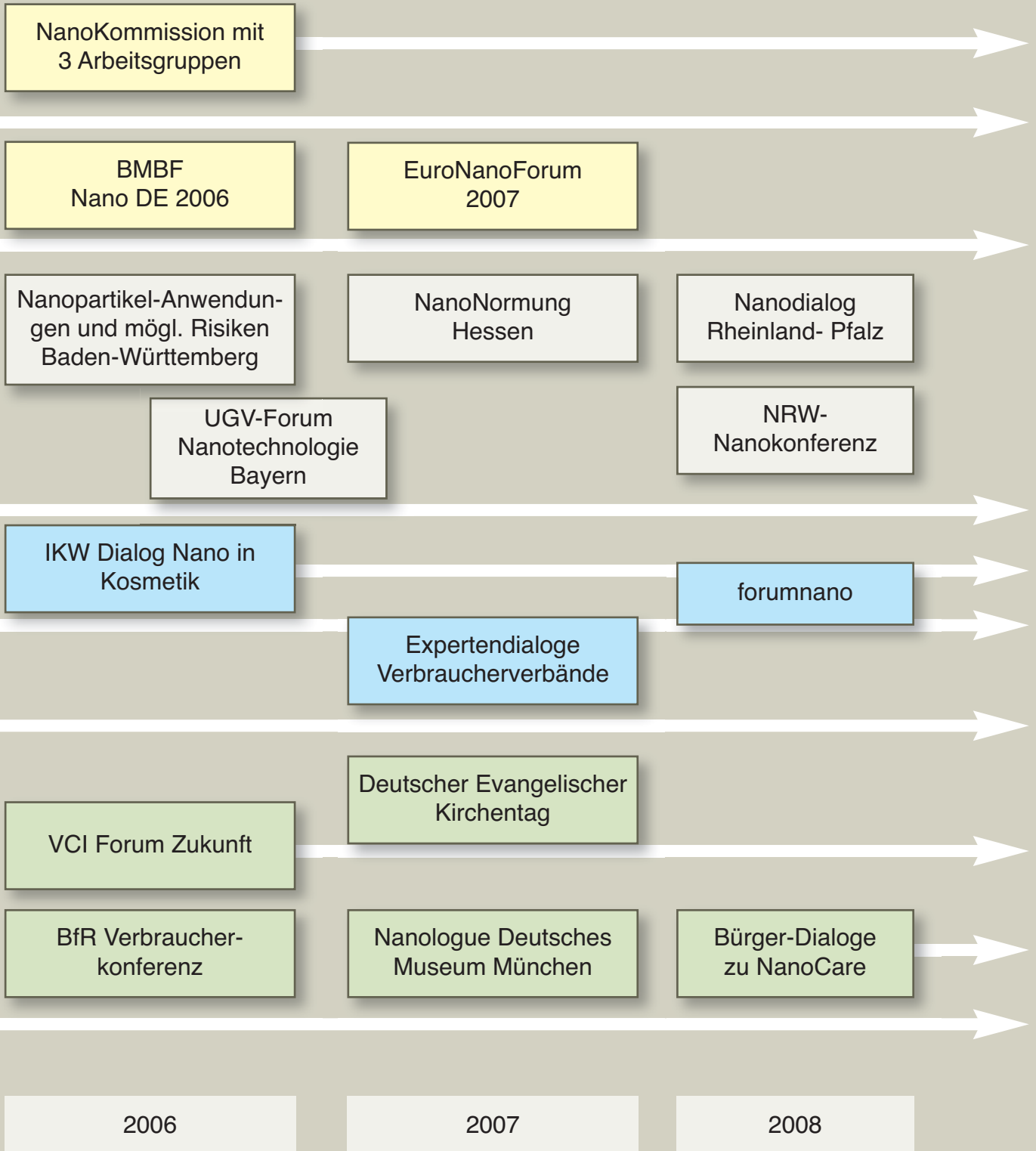
2005 organisierte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und das Umweltbundesamt mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin eine große internationale Tagung und schaffte damit die Basis für den breit angelegten NanoDialog. 170 Expertinnen und Experten aus Politik und Behörden, Wissenschaft, Wirtschaft, Verbraucher- und Umweltorganisationen, Gewerkschaften und Kirchen folgten der Einladung zum NanoDialog und diskutierten zu Chancen und Risiken, zu Fragen der Messtechnik und der Kommunikation.

Der VCI führt seit 2005 einen Stakeholder-Dialog zu Risikothemen (z.B. Arbeitsschutz) durch. In diesen Dialogen arbeiten Expertinnen und Experten an Arbeitsschutzmaßnahmen und Messtechnik. Gemeinsam wurden Leitlinien zum verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien am Arbeitsplatz und zur Informationsweitergabe entlang der Lieferkette abgestimmt. Zusammen mit der Bundesanstalt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz führte der VCI eine Firmenbefragung zum Einsatz von Nanomaterialien in der chemischen Industrie durch. Die Dialogstaffel wird mit den Themen Umweltschutz und Verbraucherschutz weiter geführt. Der IKW (Industrieverband Körperpflege und Waschmittel e.V.) führt ebenfalls seit diesem Zeitpunkt einen eigenen Stakeholderdialog zum Thema „Nanotechnologie und Kosmetik“ durch.

Ebenfalls seit 2005 engagiert sich der Bund für Umwelt und Naturschutz in Deutschland (BUND) auf dem Feld der Nanotechnologie und führte jährliche Tagungen an der evangelischen Akademie Iserlohn durch. Verschiedene Positionspapiere und eine Studie zu Nanotechnologien im Lebensmittelbereich entstanden seitdem.

Beispiele deutscher Dialoge zu Chancen und Risiken von Nanotechnologien





Das Bundesministerium für Bildung und Forschung startete 2006 das interdisziplinäre Forschungsprojekt NanoCare, in dem Wissenschaft und Industrie gemeinsam mit einem Projektvolumen von 7,6 Millionen Euro an der Risikobewertung von Nanomaterialien und dem Aufbau von standardisierbaren Testverfahren arbeiten. Arbeitsergebnisse werden in öffentlichen Dialogen mit Bürgerbeteiligung vorgestellt und diskutiert.

2006 entwickelten die drei Bundesoberbehörden, die Bundesanstalt für Arbeitsmedizin und Arbeitsschutz, das Bundesinstitut für Risikobewertung und das Umweltbundesamt eine gemeinsame Forschungsstrategie zu Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanomaterialien. Diese Forschungsstrategie identifizierte die Wissenslücken und setzte eine gemeinsame Prioritätenliste fest. In einem Konsultationsverfahren ergänzten und bewerteten verschiedene Stakeholder diese Forschungsstrategie für eine Endfassung.

2006 führte das Bundesinstitut für Risikobewertung eine Expertenbefragung zur Nanotechnologie in den Bereichen Lebensmittel, Kosmetik und Bedarfsgegenstände durch. 100 Expertinnen und Experten wurden zu den Risikopotenzialen im verbrauchernahen Bereich befragt und bewerteten vorhandene und zukünftige Anwendungsbereiche. Kritisch betrachtet wurden hier vor allem die mögliche Überversorgung mit Vitaminen (Hypervitaminosen) bei einem Einsatz von Nano-Träger-Systemen im Lebensmittelbereich, der zunehmende Einsatz von Silber im verbrauchernahen Bereich und der Einsatz von Fullerenen in Kosmetika. Im Anschluss an die Expertenbefragung fand eine Verbraucherkonferenz zum gleichen Thema statt. Die Bürgerinnen und Bürger gaben ein sehr differenziertes Votum ab. Sie betonten ihre generell positive Grundeinstellung und stellten gleichzeitig ihr Bedürfnis nach mehr Informationen in den Vordergrund. Kritisch äußerten sie sich vor allem zum Einsatz von Nanomaterialien in Lebensmitteln selbst. Intelligente Verpackungen dagegen stießen durchaus auf Interesse, sofern diese auf Sicherheit geprüft wurden.

Ebenfalls 2006 legte das Öko-Institut e.V. und die Sonderforschungsgruppe SOFIA der Universität Darmstadt im Auftrag des Umweltbundesamtes ein Rechtsgutachten (ReNaTe) zur Nanotechnologie vor, bei dem erstmals für den deutschen Rechtsraum geprüft wurde, ob der Rechtsrahmen als ausreichend zu betrachten sei. Im Gutachten wurden verschiedene Anregungen zur Präzisierung sowie der Handlungsbedarf für den Gesetzgeber konkretisiert. Ebenso hat der VCI die rechtliche Behandlung von Nanomaterialien in mehreren Papieren behandelt.

Auch auf Länderebene (Sachsen, Hessen, Baden-Württemberg, Bayern, Rheinland-Pfalz, Nordrhein-Westfalen und Bremen) bestehen seit 2005 verschiedene Förderprogramme und Netzwerke zu Nanotechnologien und Nanomaterialien. Die Länder haben verschiedene Dialogveranstaltungen z.B. zum Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz und Umweltschutz sowie zur Risikokommunikation durchgeführt. Besonderen Wert legten sie darauf, frühzeitig die in Deutschland auf Länderebene organisierten Vollzugsbehörden mit in die Dialoge einzubeziehen und die Wissensbasis zu verbreitern.

Im Bereich der Kommunikation mit der Öffentlichkeit werden verschiedene Veranstaltungsformate erprobt. Seit 2004 rollt der NanoTruck durch Deutschland und zieht auf öffentlichen Plätzen interessierte Besucher, aber vor allem auch Schulklassen an, die sich vor Ort über Nanotechnologien informieren können. Der VCI stellt mit der Nanobox Experimentiermaterialien und didaktisches Material für Schulen zur Verfügung. Verschiedene Wissensportale im Internet sind speziell auf die Zielgruppe Schüler und Studierende abgestimmt. Wissenschaftsmuseen, allen voran das Deutsche Museum in München und das Deutsche Hygiene Museum in Dresden, organisierten Ausstellungen und Dialogveranstaltungen zu Nanotechnologien, bei denen auch die Risikofragen erörtert wurden.

Die Arbeit der NanoKommission hat gleichzeitig Dialoge in den verschiedenen Stakeholdergruppen initiiert oder verstärkt. 2007 führte z.B. der Bundesverband der Verbraucherzentralen eine Fortbildungsreihe für Multiplikatoren aus den Verbraucherzentralen zu Nanotechnologien durch, bei der über die Arbeit der NanoKommission berichtet wurde. Im Mai desselben Jahres fand auf dem Deutschen Evangelischen Kirchentag ein großes, von ca. 3000 Teilnehmern besuchtes Forum zur Nanotechnologie statt.

Im internationalen Vergleich haben die Deutschen interessanter Weise eine vergleichsweise offene und positive Einstellung zu Nanotechnologien. Der Bekanntheitsgrad der Nanotechnologien liegt hier bei etwa 50%. 66% derjenigen, die etwas mit dem Begriff Nanotechnologie anfangen konnten, standen 2007 laut einer repräsentativen Umfrage des Bundesinstituts für Risikobewertung den Nanotechnologien positiv gegenüber.

Eine qualitative Studie im Auftrag der Bundeszentrale der Verbraucherverbände bestätigte 2008 die positiven Einstellungswerte, hiernach waren 64% positiv, 31% beschrieben sich als ambivalent und nur 5% äußerten sich klar negativ. Die Studie zeigte außerdem, dass die Bürgerinnen und Bürger, die schon einmal etwas von Nanotechnologie gehört haben, im Durchschnitt bereits 5-6 verschiedene Anwendungsbereiche kennen und sehr viel besser informiert sind, als bisher angenommen. Dabei schauen die Bürgerinnen und Bürger in den Medien und im Internet durchaus genauer hin. Sie unterscheiden eindeutig in gewünschte und weniger gewünschte Bereiche. Wie groß der Bedarf an Informationen zu Funktion und Wirkung von Nanomaterialien ist, lässt sich daran ablesen, dass schon 87% das Thema Gesundheitsrisiken von sich aus aufgreifen. „Mehr Information“ ist deshalb eine der zentralen Forderungen der Verbraucherinnen und Verbraucher.

Ein erstes Fazit: Die vielfältigen Dialoge haben dazu beigetragen, den Wissensstand der beteiligten Expertinnen und Experten aber auch der Bürgerinnen und Bürger zu erhöhen, kritische Fragestellungen frühzeitig zu bearbeiten und den verantwortungsvollen Umgang mit Nanotechnologien zu thematisieren. Dies ist eine wesentliche Grundlage der Arbeit der Deutschen NanoKommission. Sie baut in ihrer Arbeit auf den Ergebnissen der verschiedenen Dialoge und Forschungsprojekte auf und führt diese ergebnisorientiert weiter.

6. Aufbau und Ziele der NanoKommission

Die Deutsche NanoKommission wurde Ende 2006 als zentrales Dialoggremium im Rahmen der Nano-Initiative der Bundesregierung geschaffen. Sie ist eine wichtige Plattform für verschiedene Interessengruppen und berät die beteiligten Ministerien und ihre Bundesbehörden z.B. zu Forschungsfragen und hinsichtlich Bewertungsfragen bei aktuellen Entwicklungen. Chancen und Risiken, wissenschaftliche und technische Fragen sowie Transparenz und Informationsweitergabe stehen gleichermaßen im Mittelpunkt der Arbeit. Die NanoKommission stellt ihre Ergebnisse der Öffentlichkeit zur Verfügung und stärkt den Dialog über die Zukunft der Nanotechnologien. Die NanoKommission hat im Zuge der zunehmenden Debatte um Nutzen und mögliche Gefahren an Bedeutung gewonnen. Ihr Ziel ist es, einen konstruktiven, Dialog trotz unterschiedlicher Interessen zu ermöglichen.

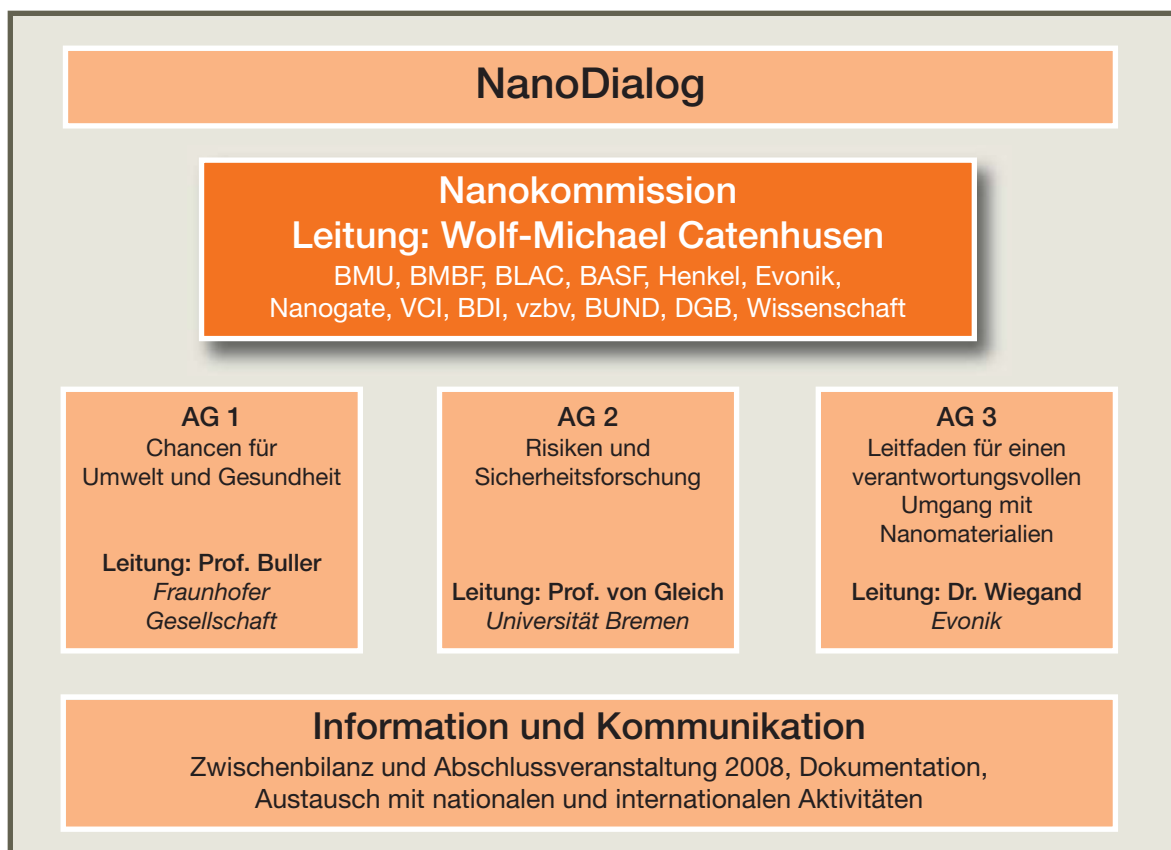
Wolf-Michael Catenhusen, Staatssekretär a.D., leitet die NanoKommission der deutschen Bundesregierung mit insgesamt 16 berufenen Expertinnen und Experten aus verschiedenen Stakeholdergruppen. Beteiligt sind daran

Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und deren Verbänden, Umwelt- und Verbraucherschutzorganisationen, ein Arbeitnehmervertreter und staatliche Vertreter der Bundes- und Länderebene.

Die NanoKommission hat Ihre Schwerpunktthemen gemeinsam bestimmt und sich zunächst drei Aufgaben gestellt, für die spezifische Arbeitsgruppen gebildet wurden².

1. Welcher Beitrag kann durch Nutzung von Nanomaterialien für eine nachhaltige Wirtschafts- und Gesellschaftsentwicklung in Deutschland geleistet werden, insbesondere für den Umwelt-/ Gesundheits- und Verbraucherschutz?
2. Wo brauchen wir Beiträge einer interdisziplinären Risiko- und Sicherheitsforschung zur Klärung von Fragen möglicher Auswirkungen des Umgangs mit Nanopartikeln auf Umwelt und Gesundheit?
3. Müssen wir erst auf Ergebnisse der ersten zwei Arbeitsgruppen warten oder kann vorher schon etwas aktiv für den Schutz von Mensch und Umwelt getan werden?

Abbildung 1: Aufbau der NanoKommission 2006-2008



² Eine vollständige Liste der Mitglieder der Arbeitsgruppen sowie der NanoKommission findet sich im Anhang.

Die NanoKommission begleitete die Prozesse der Arbeitsgruppen und unterstützte die Treffen mit Hilfe des Bundesumweltministeriums. Die Arbeitsgruppen haben sich im Rahmen der Vorgaben eigene Ziele gesetzt und Arbeitsprogramme entwickelt. Der Austausch mit einem erweiterten Kreis von Interessierten wurde über eine Zwischenbilanzveranstaltung und die Einladung von Experten in die Arbeitsgruppen oder die NanoKommission organisiert.

Ziel war es, in der NanoKommission und in allen Arbeitsgruppen aktive Vertreterinnen und Vertreter der verschiedenen Stakeholdergruppen zu beteiligen. Von Seiten der NGO's (Umwelt-, und Verbraucherorganisationen, Gewerkschaften und Berufsgenossenschaften) wurden durch eine Vielzahl von kritischen Beiträgen wichtige Fragen aufgeworfen, die maßgeblich zu einem integrierten Charakter der Ergebnisse beigetragen haben. Unternehmen und ihre Verbände entwickelten durch die Arbeit mit den gesellschaftlichen Anspruchsgruppen mehr Sensibilität für gesellschaftlich relevante Risikofragen. Strategien wurden sowohl hinsichtlich der Transparenz von Risikomanagement-Maßnahmen als auch bei der Kommunikation und bei freiwilligen Verhaltensregeln für einen verantwortlichen Umgang mit Nanomaterialien ausgebaut. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler stellten ihre Forschungsergebnisse zur Diskussion und erhielten Anregungen zum weiteren Forschungsbedarf. Politik und Behörden auf Bundes- und Länderebene erhielten insbesondere zu Risikothemen einen besseren Einblick in den aktuellen Stand von Forschung und Entwicklung.

Die NanoKommission hat außerdem zu einer Differenzierung der gesellschaftlichen Debatte in Deutschland beigetragen. Polarisierungen sind bisher weitgehend ausgeblieben - vor allem in den Anwendungsbereichen, in denen frühzeitig im Dialog gearbeitet wurde, z.B. in der chemischen Industrie und der Kosmetikindustrie. Deutlich wurde aber auch, dass an einer transparenten Klärung von offenen Fragen der Gesellschaft kein Weg vorbei führt. Selbst im umstrittenen Themenbereich der Nanotechnologie in Lebensmitteln signalisiert die Branche seit 2008 erstmalig Dialogbereitschaft.

7. Internationale Einbettung der deutschen Dialoge

Die internationale Organisation für Wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) besteht aus 30 führenden Industrienationen sowie assoziierten Experten aus Brasilien, China, Russland und Thailand. Die Internationale Standardisierungs-Organisation (ISO), die Welt-Gesundheits-Organisation (WHO), das Umweltprogramm der Vereinten Nationen (UNEP) sowie Wirtschaft, NGO's und Gewerkschaften entsenden jeweils Beobachter oder stellen Experten zur Verfügung. Die OECD hat es sich zum Ziel gemacht, wirtschaftliches Wachstum, Beschäftigung, einen wachsenden Lebensstandard und eine Liberalisierung des Handels im Sinne der Nachhaltigkeit zu gestalten. Nachhaltigkeit meint hier die Balance zwischen wirtschaftlichen, sozialen und umweltbezogenen Aspekten.

Für den verantwortungsvollen Umgang mit Nanotechnologien und Nanomaterialien wurden zwei Arbeitsbereiche aufgebaut:

- Erstens der Arbeitsbereich zu künstlich hergestellten Nanomaterialien (Working Party on Manufactured Nanomaterials, WPMN), der sich mit Fragen des Gesundheits- und Umweltschutzes befasst.

- Zweitens der Arbeitsbereich zur Nanotechnologie (Working Party on Nanotechnology, WPN), der sich mit dem Aufbau von international vergleichbaren Wirtschafts- und Technologiedaten, Informationsaustausch und Dialogen sowie globalen Herausforderungen wie der Gewinnung von sauberem Trinkwasser beschäftigt.



Beide Bereiche werden von internationalen Arbeitsgruppen getragen, in denen Expertinnen und Experten Empfehlungen für die zukünftigen, weltweit gültigen Richtlinien des Umgangs mit Nanotechnologien aufstellen. Die intensive Vorarbeit im NanoDialog, in den deutschen Arbeitsgruppen und der NanoKommission können hier eingebracht werden. Mitglieder der NanoKommission konnten Ergebnisse in die OECD tragen und internationale Erfahrungen in den deutschen Diskurs einspeisen.

Im Projekt 2 der WPMN wird eine international abgestimmte Forschungsstrategie zu Gesundheits- und Umweltrisiken entwickelt. Die Ergebnisse aus dem NanoDialog wurden hier eingespeist. Im Projekt 3 der WPMN prüfen die OECD-Experten ein Set von 14 marktrelevanten Nanomaterialien auf Gesundheits- und Umwelteffekte. Deutschland kann hier wichtige Beiträge leisten, zumal einige der weltweit führenden Hersteller von Nanomaterialien hier ihren Sitz haben. Deutschland übernimmt die Hauptverantwortung für den Bereich Titandioxid und Mitverantwortung bei der Untersuchung von Silberanwendungen. Weitere Nanomaterialien wurden von der OECD für die Tests ausgesucht: Fullerene, ein- und mehrwandige Kohlenstoff-Nanoröhren (Carbonanotubes), Kohlenstoffverbindungen wie Carbon Black, Eisenpartikel, Aluminiumoxid, Ceriumoxid, Zinkoxid, Siliziumdioxid, Polystyrole, Dendrimere und Nanoclays. Die Projektgruppe 4 der OECD WPMN beschäftigt sich mit der Anpassung von Testverfahren. Die Gruppen 5 und 6 arbeiten zu freiwilligen Verhaltensregeln und Fragen kooperativer Risikobewertung, die Gruppen 7 und 8 zur Nanotoxikologie und zur Expositionsmessung.

Wissenschaft und Wirtschaft in Deutschland forschen aktiv in den genannten Bereichen und sind in vielfältigen nationalen und internationalen Forschungsprojekten eingebunden. Hilfreich für die Arbeit der OECD ist auch die 2007 durchgeführte Erhebung zum Einsatz von Nanomaterialien in der chemischen Industrie durch die Bundesanstalt für Arbeitsmedizin und Arbeitssicherheit (BAuA) gemeinsam mit dem Verband der Chemischen Industrie.

Die Europäische Kommission legte 2004 mit ihrem Papier „Towards a European strategy for nanotechnology“ ihre Nanostrategie vor. 2005 verabschiedete die EU-Kommission einen Aktionsplan für eine integrative, sichere und verantwortliche Nanotechnologie-Strategie, damit Fragen des Umweltschutzes, Gesundheitsschutzes und Sicherheitsaspekte in allen europäischen Forschungsprojekten der Nanowissenschaften und Nanotechnologien einbezogen werden. 2008 legte die EU-Kommission einen Vorschlag eines Verhaltenskodex für die Nano-Forschung vor. Dieser Kodex, der die Verantwortung der Forschung in den Vordergrund stellt, wurde innerhalb der NanoKommission bisher nicht beraten. Die Arbeitsgruppe 3 der NanoKommission beschäftigte sich allerdings mit ähnlichen Fragestellungen in Zusammenhang mit den Anwendungen in der Industrie. Die Europäische Union hat im Sommer 2008 mit der Gründung der CASG eine beratende Expertengruppe zum Thema Nano und REACH eingerichtet, deren Arbeit für die Diskussion innerhalb der NanoKommission in Zukunft relevant sein wird.

II. Ergebnisse der Arbeit der NanoKommission

Die Arbeit der Deutschen NanoKommission ist geprägt vom Grundsatz der Vorsorge. Die vertieften Diskussionen in den drei Arbeitsgruppen führten dazu,

- dass Anwendungsbereiche identifiziert wurden, die aus Sicht der Stakeholder ein positives Potenzial für die Umwelt entfalten können,
- dass Wissen über mögliche Risikopotenziale zusammen getragen und Kriterien einer frühen Risikobewertung entwickelt wurden
- dass angemessene Maßnahmen zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien in Form eines Prinzipienpapiers zusammen gestellt wurden.

Die drei Arbeitsgruppen erhielten Vorgaben von der NanoKommission als Eckpfeiler für ihre Arbeit. In diesem Rahmen haben sie eigene Schwerpunkte gesetzt und dazu Arbeitsprogramme entwickelt. Die beteiligten Expertinnen und Experten haben ihr Wissen in Rückkoppelung mit ihren jeweiligen Organisationen in die Arbeit der NanoKommission eingebracht. Die Ergebnisse sind in den folgenden Kapiteln dokumentiert. Sie sind als Zwischenstand eines Prozesses zu verstehen, der nicht abgeschlossen sein kann. An den entsprechenden Stellen wird auf die offenen Fragen hingewiesen, die zukünftig bearbeitet werden müssen.

1 *Ergebnisse der Arbeitsgruppe 1: Nanotechnologien – Chancen für Umwelt und Gesundheit*

2007 trafen sich erstmalig die rund 20 entsendeten Expertinnen und Experten der AG 1 aus Industrie, Forschung, Umwelt- und Verbraucherschutzverbänden sowie aus Bundes- und Landes-Behörden.

Auftrag der NanoKommission an die AG 1 war es:

- Beispiele aufzuzeigen von - bereits verfügbaren oder in der Entwicklung befindlichen - Nano-Produkten und Verfahren, die Potenziale für den Umwelt- und Gesundheitsschutz erschließen können,
- die Entwicklung nachvollziehbarer Kriterien zur Bewertung der Potenziale,
- Empfehlungen zu erarbeiten für Entwicklungsschwerpunkte innerhalb der Hightech Strategie mit Fokus auf den Umwelt- und Gesundheitsschutz.

In einer ersten Sondierungsphase wurde eine Vielzahl von verfügbaren Beispielen zusammen getragen. Es kristallisierten sich die Themenschwerpunkte „Energie“ und „Schutz von Umwelt und Ressourcen“ heraus. Die Mitglieder der Arbeitsgruppe setzten es sich zum Ziel, weitere Forschungsprojekte und konkrete Produktbeispiele in diesen Themenfeldern zusammen zu tragen und die (zu erwartenden) Entlastungseffekte für die Umwelt zu beschreiben. Wunsch war es, für ausgewählte Beispiele eine Analyse des Lebenszyklusses durchzuführen, wobei sich dieser Gedanke grundsätzlich bei allen Bewertungen wieder finden sollte.

Es wurden Kriterien erarbeitet, die die qualitativen und quantitativen Entlastungseffekte für die Umwelt definieren sollten:

- **Klimaschutzbeitrag** z.B. durch Einsparung an Treibhausgasen
- **Energieeffizienz** im Vergleich zum bisherigen Produkt
- **Ressourceneffizienz** durch Einsparung von Stoffmengen bei Herstellung sowie Ge- und Verbrauch eines neuen Produkts sowie Potenziale für die Abfallminimierung oder die Schonung von Rohstoffen
- **Substitution von umweltgefährlichen Stoffen** wie Schwermetallen, Chlorverbindungen oder organischen Lösemitteln durch den Einsatz von gesundheits- und umweltverträglichen Nanomaterialien
- **Reduktion von umweltgefährdenden Stoffen** durch den Einsatz von Nanotechnologien und Nanomaterialien z.B. durch dünnere Materialschichten, leicht zu reinigende Oberflächen, die Reinigungsmittel reduzieren, Filtertechnologien für Wasser, Boden und Luft
- **Erhöhung der Sicherheit** in der Herstellung (Prozessführung) und Anwendung eines Produktes durch den Einsatz von Nanotechnologien und Nanomaterialien.

Die Kriterien beschreiben Innovationspotenziale im Sinne der Nachhaltigkeit, sofern dadurch keine neuen Risikopotenziale für Mensch und Umwelt entstehen. Sie umreißen eine Art Korridor positiver Eigenschaften („Go Area“), die in Deutschland einen besonderen Rückhalt haben und nach Meinung der Stakeholder gezielt gefördert werden sollten.

Die folgende Ergebnisdokumentation enthält eine Auswahl aus der umfangreicheren Sammlung von Beispielen der Originaldokumente aus der AG 1. Das Originaldokument steht im Internet zur Verfügung (<http://www.bmu.de/nanokommission>).

1.1 Nanotechnologien für die Umwelt: eine erste Übersicht

In der folgenden Übersichtstabelle werden Nanoprodukte dargestellt, die in Deutschland entwickelt werden und die ein großes Entlastungspotenzial für die Umwelt beinhalten. Die aufgeführten Produkte sind bereits kommerziell verfügbar. Von einer breiten Anwendung ist in vielen Fällen noch nicht auszugehen. Offen ist daher, inwiefern die potentiellen Chancen der hier vorgestellten Produkte tatsächlich in vollem Umfang realisiert werden können. Diese Liste könnte nach Ansicht der NanoKommission ausgebaut und Baustein für eine umfassende Forschungs- und Marktübersicht werden.

Produkt Typ	Kurzbeschreibung	Status
	Energiespeicherung	
Lithium-Ionen-Batterien	Eine keramische Membran mit Nanokompositen sorgt für mehr Sicherheit in Lithium-Ionen Batterien. Die Batterien werden leichter, günstiger und länger haltbar. Sie sind für den Einsatz in Elektro- und Hybridfahrzeugen geeignet und können alternative Energien aus Wind-, Wasser- oder Solarkraft speichern.	Produkt auf dem Markt
Brennstoffzellen-Technologie	Verschiedene Brennstoffzellen sind derzeit in der Entwicklung. Ein Beispiel: Nanostrukturierte Wasserstoffspeicher bestehen z.B. aus synthetischen metallorganischen Gerüsten (Nanocubes) und machen Brennstoffzellen mobil nutzbar. Weitere Forschungsprojekte untersuchen nanokristalline Materialien und ionische Flüssigkeiten. Wasserstoff betriebene Brennstoffzellen nutzen spezielle nanoporöse Membranen und nanostrukturierte Katalysatoren (Platin), um die Leistungsdichte zu erhöhen.	Prototypen
	Energie- und Ressourceneffizienz	
Photovoltaik	In neueren Photovoltaikzellen kommen verschiedene Nanomaterialien zum Einsatz: Durch Nanokristalle werden z.B. die sonst relativ niedrigen Wirkungsgrade von Dünnschichtsolarzellen erhöht. Siliziumsolarzellen werden durch nanoporöse Schichten entspiegelt oder es werden mit speziellen Techniken effektivere Strukturen erzeugt. Durch Nano-Silber-Beschichtungen wird der photovoltaisch nicht genutzte Teil des Lichtes ausgeblendet, der sonst zur Aufheizung der Solarzelle führt und damit deren Wirkungsgrad verringert. Ebenfalls auf dem Markt sind Farbstoffsolarzellen mit nanokristallinem TiO ₂ für eine effiziente Energienutzung.	Produkt auf dem Markt
Wärmeisolierung	Besonders Silicat-Aerogele zeigen sehr gute Eigenschaften für die Verwendung als transparente Wärmedämmung auf Fenstern und Baustoffen. Die Aerogele bilden poröse Festkörper, die bis zu 95% aus Poren im Nanometerbereich bestehen. Sie sind optisch transparent, leiten die Wärme nicht weiter und sind dazu noch sehr leicht.	Produkt auf dem Markt
Alternative Produktionsprozesse in der Chemie	Nanomaterialien können bei verschiedenen chemischen Prozessen helfen, Energie und Ressourcen einzusparen: Nanoskalige Pulver ermöglichen in Fertigungsprozessen niedrigere Temperaturen (z.B. beim Sintern oder Löten), Nano-Beschichtungen sparen Wasser, Energie und Chemikalien ein. Nanopartikel als Fließmittel ermöglichen in Polymerschmelzen z.B. beim Spritzgießen niedrigere Temperaturen.	Produkt auf dem Markt
Baustoffe, Beton	Durch optimierte Asphaltmischungen können Straßenbeläge mechanisch leistungsfähiger und langlebiger gemacht werden. Dies ist auch vor dem Hintergrund spezifischer klimatischer Anforderungen vielversprechend. Beton wird mit Nanopartikeln um das Zehnfache tragfähiger und korrosionsbeständiger gegenüber Normalbeton.	Produkt auf dem Markt

Produkt Typ	Kurzbeschreibung	Status
Energie- und Ressourceneffizienz		
Leichtbauwerkstoffe	Bauteile aus nanotechnisch optimierten Kunststoffen für Fahrzeuge oder Flugzeuge können Gewicht einsparen und damit den Treibstoffverbrauch senken. Geringe Anteile an Nanopartikeln, üblicherweise 2–5%, können die mechanischen und thermischen Eigenschaftswerte von Kunststoffen häufig um wenigstens 50% verbessern. Dadurch treten sie zunehmend in Konkurrenz zu metallischen Werkstoffen.	Produkt auf dem Markt
Lösbare Klebeverbindung	Einsatz magnetischer Nanopartikel in Klebeverbindungen: Die Partikel werden - durch ein magnetisches Wechselfeld – erwärmt. Sie werden sowohl zur Aushärtung thermisch aktivierbarer Polymerverbindungen als auch zur Zerstörung der Klebeverbindungen genutzt. Dieses Verfahren vereinfacht die Wiederverwendung von Produktkomponenten.	Produkt auf dem Markt
Umweltschutz		
Nanoporöse Filter	Nanofilter werden für die Aufarbeitung von Produktions-, Siedlungs- und Deponieabwässern genutzt. Trinkwasser kann gereinigt und entkeimt werden. Auch eine Wasserentsalzung ist möglich, sowie das Unschädlichmachen von Schwermetallen, Dioxinen und Radionukliden. Dabei können Trenngenaugigkeit und Durchsatz erheblich genauer gesteuert werden, als bei herkömmlichen Verfahren.	Produkt auf dem Markt
Nanobasierte Photokatalysatoren	Photokatalysatoren zersetzen Bakterienfilme und Schmutz an Oberflächen und werden zur Schwimmbaddesinfektion - ohne Chlorierung - eingesetzt. Aktiver Sauerstoff und Hydroxyl-Radikale desinfizieren das Wasser. Photokatalysatoren können auch an Fassaden, Verglasungen, Fensterrahmen und in Baumaterialien Verschmutzungen verhindern (und damit längere Haltbarkeit und Einsparung von Reinigungsmitteln bewirken). Sie kommen auch für die Reinigung schadstoffbelasteter Luft zum Einsatz.	Produkt auf dem Markt
Easy-to-clean- und selbstreinigende Beschichtungen.	Nanoskalige Oberflächenbeschichtungen sind den Verbraucherinnen und Verbrauchern vertraut, z.B. auf Autos, Badezimmerkeramik oder Duschkabinen können sie den Einsatz von Reinigungsmitteln und Wasser vermindern. In Lacken und Farben erhöhen Nanomaterialien die Haltbarkeit z.B. von Außenanstrichen.	Produkt auf dem Markt

1.2 Beispiele zur Energiespeicherung, Energie- und Ressourceneffizienz sowie zum Umweltschutz

Die folgenden Beispiele stammen aus Unternehmen, die sich in der AG 1 engagieren. Eine erste Qualitätssicherung der Vertiefungsbeispiele wurde anhand folgender Fragen vereinbart:

- Welche besondere Funktion oder Eigenschaft des Produktes wird durch den Einsatz von Nanomaterialien / Nanotechnologien erzeugt (Vorteile gegenüber bisherigen Produkten)?
- Welcher Mehrwert oder positiver Beitrag entsteht aufgrund des Einsatzes von Nanomaterialien/Nanotechnologien für den Schutz der Umwelt?
- Status der Produktentwicklung / der Anwendung?
- Welchem Kundenbedürfnis / gesellschaftlichen Anliegen wird Rechnung getragen?
- Kann bereits eine Einschätzung zur Sicherheit, Nachhaltigkeit und Recyclingfähigkeit vorgenommen werden?

Die Beteiligten haben – wo immer dieses aufgrund des Entwicklungsstandes möglich war – Daten und Fakten zum erwarteten Nutzen zusammengetragen. Bei Produkten in der Entwicklung mussten teilweise Abschätzungen auf Basis plausibler Annahmen vorgenommen werden. Ein an der Universität Bremen parallel laufendes Forschungsprojekt (Steinfeldt, M. et al., 2008)³ hat hier sehr positive Beiträge geleistet, weil zu ausgewählten Beispielen alle verfügbaren Daten zum Life-Cycle bereits systematisch zusammen geführt und abgeschätzt wurden.

Es gelang in den Treffen dieser Arbeitsphase noch nicht, ein gemeinsam abgestimmtes Prüfraster für die zukünftige Arbeit zu entwickeln. Der im Verlauf der AG 1 stärker werdende Wunsch nach einer integrativen und systematischen Betrachtung von Einzelbeispielen wird für die weitere Arbeit der NanoKommission und ihrer Arbeitsgruppen vorgeschlagen. Bei einigen Beispielprodukten werden dennoch explizit Aussagen zu Sicherheitsfragen, Risikopotenzialen oder zu Fragen der Entsorgung getroffen.

1.2.1 Energiespeicherung

Eine neue Generation von leistungsstärkeren und zugleich sicheren, preisgünstigen und leichten Batterien kann die breitere Nutzung regenerativer Energien möglich machen. Die Speicherung von alternativ erzeugter Energie aus Wind- und Wasserkraft oder Solarenergie wird einen großen Innovationsschub in Richtung Nachhaltigkeit auslösen. Effizientere Hybrid- und Elektroantriebstechnologien in Fahrzeugen sind ein weiteres viel versprechendes Anwendungsfeld, bei dem bisherige Lösungen ohne Nanomaterialien nicht erfolgreich waren. Eine durch das Umweltbundesamt in Auftrag gegebene Studie schätzt, dass bei Bussen (eingesetzt im ÖPNV) mit Hybridantrieb in Kombination mit Lithium-Ionen-Batterien der Kraftstoffverbrauch bis zu 25% unter dem konventionell angetriebenen Stadtbussen liegt (Steinfeldt, M. et al., 2008). Um diese Technologie voranzutreiben hat das BMBF über die Innovationsallianz „Lithium-Ionen-Batterie 2015“ 60 Millionen Euro Forschungsförderung in den nächsten vier Jahren bereitgestellt. Gleichzeitig hat ein Konsortium der Industrie ein finanzielles Engagement von insgesamt 360 Millionen Euro zugesagt.

³ (Steinfeldt, M. et al., 2008): Steinfeldt, M., von Gleich, A., Petschow, U., Sprenger, R.: Entlastungseffekte für die Umwelt durch nanotechnologische Verfahren und Produkte, Bremen 2008

Beispiel: Leistungsstarke mobile Energieversorgung - Lithium-Ionen-Batterien

Nanoform	Dünne, poröse Kompositmembran, die nanoskalige Oxidpartikel enthält
Produkt	Separator-Membran für Li-Ionen Batterien
Eigenschaft durch Nano = Vorteil gegenüber bisherigen Produkten	Hohe Temperaturstabilität durch Verwendung der Oxidpartikel
Erzielter Mehrwert	Sicherheit der Batterien durch temperaturstabile Trennung der Elektrodenräume Kraftstoff-Einsparungspotenzial bei Hybridfahrzeugen mit zukünftigen Lithium-Ionen-Batterien von bis zu 25%
Befriedigtes Kundenbedürfnis	Sicherheit, Mobilität bei niedrigen Kosten Einsatzmöglichkeit zur Speicherung und zum mobilem Einsatz von erneuerbaren Energien
Produktstatus	Kommerziell verfügbare Produkte und neue Prototypen in der Entwicklung

Wichtiges Element der Lithium-Ionen-Batterien sind Membranen, die als Separatoren die Überhitzung (Explosionsgefahr) der Batterien verhindern. In der Membran werden nanoskalige Oxide und keramische Verstärkungen verbunden. Es entsteht eine dünne und hoch hitzebeständige Membran, die hervorragende Isolationseigenschaften besitzt. Dadurch wird nicht nur die Sicherheit, sondern auch die Langlebigkeit von großformatigen Lithiumbatterien entscheidend verbessert. Konventionelle Separatoren sind für kleinere Konsumenten Anwendungen wie Mobiltelefone und Laptop Computer ausreichend, in großformatigen Batterien ist eine hohe thermische Stabilität aber unverzichtbar.



Quelle: Li-tec GmbH (Foto S. Döring)

Die Anwendung ist seit einigen Jahren kommerziell verfügbar, ebenso gehen derzeit bereits entsprechende großformatige Lithiumbatterien in die Massenfertigung.

Lithiumbatterien können als umweltfreundlich betrachtet werden, wenn sie Blei- oder Kadmium Verbindungen ersetzen und kein Kobalt enthalten. Außerdem besteht auch für die Lithiumbatterien ein funktionierendes Recycling System, wodurch sichergestellt wird, dass aus diesem Batterietypus bei sachgerechter Behandlung keine (Nano)Materialien in die Umwelt austreten können.

Aktuell sind weitere Nanomaterialien zum Einsatz in Lithiumbatterien in der Entwicklung oder bereits integriert. Nanoskaliges Lithiumeisenphosphat beispielsweise erhöht die Sicherheit und Leistungsfähigkeit der Zellen, Nanosilizium erhöht die Energiedichte der Batterien entscheidend.

1.2.2 Energie- und Ressourceneffizienz

Der Stromverbrauch für Beleuchtung betrug im Jahr 2005 weltweit 2651 TWh. Technisch ist es machbar 30-50% dieser Energie durch hocheffiziente Beleuchtungssysteme einzusparen. Dadurch könnten nach Schätzungen mehr als 450 Millionen Tonnen CO₂-Emission weltweit gespart werden. Während herkömmliche Glühlampen nur 5% der eingesetzten elektrischen Energie in Licht umwandeln, liegt diese Rate bei Energiesparlampen bei 25%, bei OLEDs sogar bei bis zu 50%. Organische Leuchtdioden aus halbleitenden Materialien sind Flächenstrahler, die ohne - die Effizienz verringern - externe Reflektoren auskommen. Nach einem im Dezember 2006 vom US Department of Energy veröffentlichten Report wird für **OLEDs (Organische Leuchtdioden)** eine nahezu zweifach höhere Effizienz im Energieverbrauch gegenüber konventionellen Leuchtstoffen bei gleicher Lebensdauer prognostiziert. Solche Beleuchtungssysteme könnten zukünftig traditionelle Lampensysteme weitgehend ersetzen und vollkommen neue Anwendungen erschließen. Neben der Erzeugung flächigen Lichtes, was deutlich angenehmer für den Nutzer ist, sind sie wesentlich einfacher zu recyceln. Sie enthalten im Gegensatz zu Leuchtstoffröhren kein giftiges Quecksilber. Stabile und effiziente Halbleitermaterialien für die hauchdünnen Leuchtdioden werden weiter erforscht. In der OLED-Initiative der Bundesregierung (u. a. die vom BMBF mit 100 Mio. Euro geförderte Innovationsallianz OLED) werden Materialien und



(Foto: BASF AG)

Beispiel: Energieeinsparung durch OLEDs

Nanoform	Dünne aktive Schichten
Produkt	OLED-Beleuchtungssysteme
Eigenschaft durch Nano = Vorteil gegenüber bisherigen Produkten	Wenig elektrische Energie bei gleichzeitig sehr hoher Lichtausbeute durch Nanostrukturen
Erzielter Mehrwert	Energieeinsparung
Befriedigtes Kundenbedürfnis	Geringe Kosten, Convenience
Produktstatus	Kommerziell verfügbare Produkte und neue Prototypen in der Entwicklung

Produktionsprozesse bis zur Marktreife entwickelt, die für vollphosphoreszente Leuchtdioden innerhalb der nächsten 2 Jahre geplant sind.

Weitere Forschungsprojekte beschäftigen sich mit weißen Quantenpunkt-LEDs, die eine bis zu 100%ige Quanteneffizienz, d.h. minimalen Stromverbrauch, ermöglichen. Die Entwicklung solcher Hochleistungs-LED-Module ist zwar noch nicht abgeschlossen, allerdings sind erste marktfähige Produkte wie Innenraumbeluchtungen oder Kraftfahrzeugscheinwerfer bereits im Einsatz.

Beispiel: CNT Produktentwicklungen für Leichtbaumaterialien	
Nanoform	Kohlenstoff-Nanoröhren (CNT), allgemein polymer-, metallbasierte Verbundwerkstoffe mit Nanofasern, Nanopartikeln, Nanotubes als Füllstoffe.
Produkt	Verbundwerkstoffe auf Polymerbasis oder Metallbasis (Strukturbauteile für Luftfahrt, Automobil, Flügel von Windkraftwerken oder Sportgeräte)
Eigenschaft durch Nano = Vorteil gegenüber bisherigen Produkten	Verbesserte elektrische oder mechanische Eigenschaften bei kleinen Füllstoffgehalten Gleiche elektrische oder mechanischen Kennwerte bei reduziertem Gewicht (Materialeinsparung) durch Nanofüller
Erzielter Mehrwert	Energieeinsparung, Ressourcen- bzw. Materialeinsparung, Reduktion CO ₂ -Belastung (hier große Potenziale), neue Eigenschaften und Eigenschaftskombinationen, höhere Effizienz, Kostenminderung
Befriedigtes Kundenbedürfnis	Geringere Kosten, optimale Eigenschaftskombinationen, erhöhte Effizienz (z.B. bei der Stromerzeugung aus Wind)
Produktstatus	Produkte auf dem Markt

Ressourcen und Energiequellen müssen für eine nachhaltige Entwicklung unserer Gesellschaft in Zukunft effizient genutzt werden. Hierbei kann die Nanotechnologie einen wesentlichen Beitrag leisten. Das BMBF fördert die Weiterentwicklung von Verbundwerkstoffen mit Nanopartikeln/-fasern im Rahmen der Innovationsallianz "CNT erobern Märkte", um hier eine nationale Technologieplattform für eine Vielzahl von Wertschöpfungsketten zu etablieren.

Kohlenstoffnanoröhrchen (Carbonanotubes – CNT) sind mechanisch sehr belastbar (um ein Vielfaches belastbarer als Stahl) und weisen eine hohe Flexibilität auf. Durch ihre beeinflussbare elektrische und thermische Leitfähigkeit haben sie das Potenzial, Werkstoffe wesentlich zu verbessern. Im Bereich Leichtbau können zum Beispiel durch den Einsatz weniger Prozent CNT-modifizierter Verbundmaterialien erhebliche Gewichtseinsparungen im Vergleich zu konventionellen Kompositen erzielt werden. Zudem verhindern diese CNT-Nanokomposite oft auch eine elektrische Aufladung. Im Automobilbereich können z.B. dadurch neben Gewicht auch Prozessschritte eingespart (z.B. beim



(Foto: Bayer MaterialScience)

elektrostatischen Lackieren) und somit im Gesamtprozess der Verbrauch von Energie und Material reduziert werden.

Ein weiteres Anwendungsfeld von CNT sind Verpackungen. Die Foliendicke z.B. bei Verpackungsfolien für elektronische Bauteile kann bei gleicher Leitfähigkeit und Stabilität durch Beimischung weniger Prozente CNT im Vergleich zu herkömmlichen Folien um 10-20% reduziert werden. Besonders durch den geringeren Materialbedarf werden der Energieverbrauch (17% weniger Energieverbrauch) sowie die CO₂-Emissionen (ca. 20% weniger Emission) reduziert (vgl. Steinfeldt, M. et al., 2008).

Kohlenstoffnanoröhrchen ermöglichen Windkraftwerksflügel mit erhöhter Spannweite (bzw. geringerem Gewicht und höherer mechanischer Belastbarkeit). Windenergie kann effizienter in elektrischen Strom umgewandelt werden.

In allen genannten Anwendungen sind die CNT in einer Matrix gebunden. Hinweise auf eine Exposition von Endverbrauchern oder der Umwelt gibt es derzeit nicht. Für den Arbeitsschutz liegen entsprechende Maßnahmen vor. In vielen Fällen z.B. bei thermoplastischen Nanokompositen können die hochwertigen Werkstoffe wieder verwertet werden. Zum Thema Risikoabschätzung wird auf das Beispiel der Arbeitsgruppe 2 (Seite 47) verwiesen.

Beispiel: Nanoschäume als Dämmmaterial

Nanoform	Schaum mit Nanoporen
Produkt	Wärmedämmung mit polymeren Nanoschäumen
Eigenschaft durch Nano = Vorteil gegenüber bisherigen Produkten	Verringerte Wärmeleitung dadurch bessere Wärmeisolation
Erzielter Mehrwert	Energieeinsparung, Reduktion CO ₂ -Belastung
Befriedigtes Kundenbedürfnis	Geringere Kosten
Produktstatus	Polymere Nanoschäume bislang nur Prototypen

Der Schlüssel zum energieeffizienten Wohnen ist die richtige Dämmung. 2005/2006 verheizten die Deutschen durchschnittlich etwa 15 Liter Heizöl pro Quadratmeter Wohnfläche und Jahr, so eine Studie der Techem in Eschborn. Bewohner eines unsanierten Altbauhauses verbrauchen leicht das 1,5-fache bis Doppelte dieses Wertes. Der



(Foto: BASF AG)

gebräuchlichste Dämmstoff ist heute immer noch das Styropor, gefolgt von Materialien wie Neopor und extrudiertem Polystyrol. Diese haben im Vergleich zu Styropor schon deutlich bessere Dämmeigenschaften, die derzeit besten polymeren Dämmmaterialien sind Polyurethanschäume.

Ein Dämmmaterial der Zukunft mit noch erheblich verbesserten Eigenschaften könnten nanoporöse Schäume sein. Im Styropor bewegen sich die Abmessungen der Poren im Mikrometer-Bereich. Nanoschäume sind hingegen Kunststoffe mit nanometergroßen Poren. Da die Poren in Nanoschäumen kleiner als die freie Weglänge der Gasteilchen sind, können Luftmoleküle im Inneren der Poren nicht aufeinander stoßen. Dadurch werden die Materialien im Vergleich zum Styropor nochmals deutlich weniger wärmeleitfähig. Da es sich um nanostrukturierte Materialien handelt (nanogroße Hohlräume, die mit Luft gefüllt sind), aus denen keine Nanoobjekte freigesetzt werden können, stellt sich aufgrund fehlender Exposition nicht die Frage eines möglichen Risikos. Damit Nanoschäume als Dämmmaterial konkurrenzfähig werden, müssen allerdings großtechnische Verfahren entwickelt und ihre Herstellungskosten gesenkt werden. Für die Zukunft scheinen sie jedoch einen wichtigen Beitrag zur Energieeffizienz leisten zu können.

1.2.3 Umweltschutz

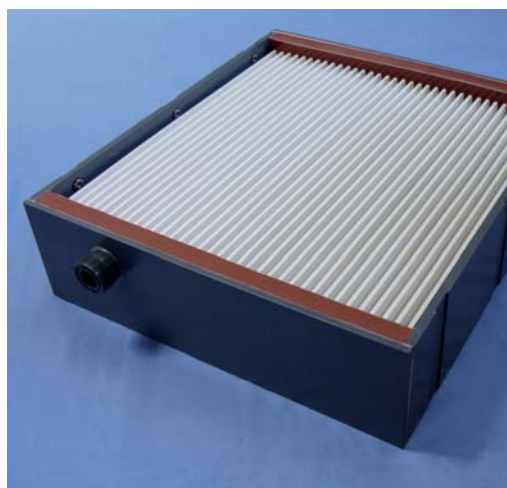
Spezielle keramische Membranen bilden die Grundlage für Filtrationssysteme z.B. für die biologische Abwasserreinigung und die Wasseraufbereitung. Die besonderen Vorteile ergeben sich daraus, dass erstmalig die Eigenschaften einer Plattenmembran mit den Eigenschaften einer keramischen Membran vereint werden. Die keramischen Flachmembranen werden in einem speziellen Produktionsverfahren mit einer dauerhaft haltbaren und hochbelast-

Beispiel: Wasseraufbereitung durch Filtrationssysteme

Nanoform	Membran mit Nanoporen
Produkt	Filtermembran zur Wasserreinigung
Eigenschaft durch Nano = Vorteil gegenüber bisherigen Produkten	Bessere Abtrennbarkeit durch gezielt einstellbare Nanoporosität
Erzielter Mehrwert	Sauberes Wasser, Ressourceneinsparung
Befriedigtes Kundenbedürfnis	Gesundheit, Hygiene
Produktstatus	Produkte auf dem Markt

baren Nano-Beschichtung versehen. Die aktive Filterschicht ist auf der Außenseite angeordnet - einzigartig für keramische Membranen.

Das System erlaubt stabile und hohe Filtrationsraten und ermöglicht den Bau platzsparender Hochleistungskläranlagen, so genannter Membranbioreaktoren (durch Reduktion der investitionsrelevanten Membranfläche). Die Leistungsfähigkeit bestehender Kläranlagen kann weiter gesteigert werden. Gereinigtes Abwasser kann gefahrlos wieder verwendet werden (feststofffreie und keimfreie Ablaufqualität). Eine Versorgung mit hochwertigem Trinkwasser oder die universelle Aufbereitung von Oberflächenwassern wird möglich.



(Foto: ItN Nanovation AG)

Eine keramische Membran ist länger haltbar als organische Membranen, weil sie gegen verschiedenste Einflüsse von außen resistent ist. Nach den bisherigen Erfahrungen und der materialtechnischen Expertise liegen die Standzeiten bei 15 bis 20 Jahren.

1.3 *Einschätzung der NanoKommission zu den Ergebnissen der AG 1*

Die NanoKommission gab der AG 1 in der Zwischenbilanzveranstaltung im Frühjahr 2008 verschiedene Aufgaben mit auf den Weg:

- Die Beispiele sollten verständlich und verbrauchernah sein
- Wissen zur Funktion der Nanotechnologien und Nanomaterialien sollte vermittelt werden
- Der durch Nanotechnologien erzeugte Nutzen für Umwelt und Gesundheit sollte deutlich und - wenn möglich – quantifiziert werden.
- Wichtige Fragen der Nachhaltigkeit sollten in die Betrachtung der Chancen mit einbezogen werden z.B. ob für Mensch und Umwelt ein Expositionsrisiko besteht und wie mit möglichen Risikopotenzialen umgegangen wird.

Diese Aufgaben wurden nach der Zwischenbilanz angegangen. Zu danken ist hier vor allem den beteiligten Unternehmen, die die Daten zur Verfügung stellten. Leider blieb zu wenig Zeit für eine Diskussion der Beispiele mit Umweltorganisationen, Verbraucherverbänden und Behörden, die für mehr Verständnis und Klarheit bei der Bewertung des Nutzens der Abwägung der möglichen Risiken hätte sorgen können. Für die kommende Arbeitsperiode soll der Dialog dazu intensiviert und Nutzen- und Risikoaspekte frühzeitig integriert werden. Einige Unternehmen haben hierzu schon im Vorfeld des Dialogs Informationen zusammen gestellt, andere bauen sie gerade auf. Aus den Erfahrungen der gemeinsamen Dialoge empfiehlt die NanoKommission:

- Unternehmen sollten differenzierte und wenn möglich, quantifizierbare Aussagen über den **nano-spezifischen Nutzen** eines Produktes oder einer Anwendung – vor allem auch im Vergleich zu bisherigen Lösungen – machen.
- Gleichzeitig sollten sie aussagefähig sein, wie **möglichen Risiken** im jeweiligen Kontext vorgebeugt wird. Hierzu gehören Aussagen zum eingesetzten Material sowie zur möglichen Exposition von Mensch und Umwelt über den gesamten Lebenszyklus, Aussagen zu Testverfahren und Expositionsmessungen.
- Notwendig wären Hinweise auf die **Verlässlichkeit der Informationen**, z.B. durch Anwendung von internationalen Standards oder unabhängige Prüfer.
- Eine umfassende, differenziertere Informationsstrategie zum Nutzen und zum Risikomanagement ist Aufgabe **aller Partner in der Wertschöpfungskette**.
- Neue Themen für die nächste Arbeitsperiode der NanoKommission könnten die Bereiche Medizin oder Verbraucherprodukte sein.
- Es sollte zukünftig über die Entwicklung eines integrierten Prüfrasters zur Gesamtbewertung potentieller Chancen diskutiert werden. Dadurch soll ein Vergleich der ökologischen Gesamtbilanz eines Produktes über seinen gesamten Lebenszyklus mit potentiellen Alternativen möglich werden.

2 Ergebnisse der Arbeitsgruppe 2: Risiken und Sicherheitsforschung

2.1 Einführung

Die Arbeitsgruppe 2 erhielt bei der konstituierenden Sitzung im März 2007 folgenden Rahmen von der NanoKommission hinsichtlich gewünschter Produkte der Arbeit:

- Überblick über Wissen zu Risiken für Gesundheit und Umwelt durch Nanomaterialien: hierzu gehören Kenntnisse über Materialien und Exposition, Referenzen, eine Bewertung des Wissens sowie das Identifizieren von Wissenslücken. Empfehlungen zum Vorgehen bei einer Risikoabschätzung sollten abgeleitet werden.
- Vorschläge für Prioritäten in der Sicherheitsforschung, ausgehend von einer Beratung des Konzepts einer Forschungsstrategie der Bundesoberbehörden BAuA, UBA und BfR sowie unter Einbeziehung der bereits laufenden Fördermaßnahmen des BMBF.

Zu Beginn der Arbeit wurden von den Teilnehmern der Arbeitsgruppen Wünsche für Arbeitsschwerpunkte zusammen getragen:

- Neue Blickwinkel durch die Zusammensetzung der AG gewinnen, Input über die Aktivitäten der Interessengruppen erhalten
- Gezielte Initiierung von Forschung zur Abschätzung der Risiken, Erstellen einer Roadmap

- Erstellen einer Bewertungsstrategie, Hinweise auf eine intelligente Teststrategie, damit verbunden integrierte Risikobewertungsstrategien
- Anwendung des Vorsorgeprinzips, Umgang mit Unvollständigem und Nichtwissen, Notwendigkeit von Einzelfallbetrachtung
- Einbeziehung nationaler und internationaler Aktivitäten auf diesem Gebiet.

Die Arbeitsgruppe informierte sich zunächst in Kurzvorträgen (Forschungsstrategie der Bundesoberbehörden, Definitionsüberlegungen in internationalen Gremien, Hinweise auf sensible Anwendungsbereiche aus Sicht der Verbraucherzentrale). Wichtig war außerdem eine erste Verständigung über wesentliche Begriffe wie Risikoabschätzung /-bewertung /-management. Als wichtige Zielgruppen der gemeinsamen Arbeit werden Ministerien, die NanoKommission und die Organisationen der beteiligten Gruppen gesehen.

Folgende Schwerpunkte für das Arbeitsprogramm kristallisierten sich heraus:

1. Empfehlungen zu Forschungsprioritäten: Die AG 2 leistet einen Beitrag zur Priorisierung von Forschungsansätzen und Forschungsprojekten auf der Basis der von den Bundesoberbehörden vorgelegten Forschungsstrategie und gibt damit auch Anregungen für die Arbeit der OECD Working Party on Manufactured Nanoparticles.
2. Kriterienliste: Die AG 2 erarbeitet eine Zusammenstellung von physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften und Funktionalitäten von Nanomaterialien unter besonderer Berücksichtigung von Umwelt-, Gesundheits-, Arbeits- und Verbraucherschutz. Ziel ist zum einen, dass durch die Kriterien ein besserer Vergleich der Ergebnisse von Risikostudien möglich wird, was auch zur Qualitätssteigerung wissenschaftlicher Studien beitragen kann und wird. Zum anderen wurden „Besorgnis- und Entlastungskriterien“ für eine vorläufige Abschätzung erarbeitet.
3. Bearbeitung exemplarischer Anwendungsbereiche von Nanomaterialien: Die AG 2 behandelt exemplarisch Beispiele von ausgewählten Anwendungsgebieten von Nanomaterialien und nimmt eine vorläufige Abschätzung vor.

2.2 Empfehlungen zu Forschungsprioritäten

Es ist zu erwarten, dass durch den steigenden Einsatz von Nanomaterialien in zunehmendem Maße Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, Verbraucherinnen und Verbraucher und die Umwelt mit Nanomaterialien in Berührung kommen werden. Somit stellen sich Fragen möglicher Risiken und unbeabsichtigter Wirkungen für Mensch und Umwelt.

Den Akteuren der AG 2 ist bewusst, dass die Entwicklung und Anwendung von Nanomaterialien heute mit Wissenslücken über mögliche Risiken für Mensch und Umwelt verbunden ist. Deshalb ist es im Interesse aller, dass diese Wissenslücken umgehend geschlossen werden, um die Sicherheit und Akzeptanz nanotechnologischer Anwendungen gewährleisten zu können. Dazu sind dringend Forschungsarbeiten erforderlich, die eine fundierte Abschätzung möglicher Gefährdungen für Mensch und Umwelt durch Nanomaterialien ermöglichen. Zu klären sind

insbesondere toxikologische und ökotoxikologische Risiken sowie Fragen der Nachhaltigkeit mit Blick auf den gesamten Produktlebenszyklus. Es werden außerdem Daten zu Exposition und Auswirkungen auf Mensch und Umwelt benötigt.

Die vorliegende Prioritätenliste wurde von den Mitgliedern der AG 2 erarbeitet. Daran beteiligt waren vor allem Wissenschaftler, insbesondere Toxikologen und Ökotoxikologen aus verschiedenen Instituten sowie interdisziplinäre Expertinnen und Experten aus Wirtschaft und Behörden, die jeweils mit Risikoforschung beschäftigt sind, sowie Umwelt- und Verbraucherschutzverbände.

A. Hohe Priorität

Charakterisierung und Identifizierung von Nanomaterialien

Charakterisierung von Nanomaterialien

- Identifizierung der relevanten physikalischen und chemischen Parameter
- Begründung relevanter Parameter
- Formulierung von Mindestanforderungen an einen Datensatz zur Bewertung (zum Vergleich von Publikationen)
- Methodenentwicklung und Festlegung geeigneter Methoden
- Theoriebildung für eine mögliche Gruppenbildung bei Nanomaterialien

Identifizierung der relevanten Nanomaterialien in Bezug auf Exposition

- Identifizierung der Nanomaterialien, die produziert und vermarktet werden (inkl. Produktionsvolumen, Herstellungsverfahren, Anwendung und Gebrauch) mit einem besonderen Fokus auf mögliche Exposition von Mensch oder Umwelt
- Form: Befragungen oder freiwillige bzw. verpflichtende Meldeverfahren

Messmethoden und Messstrategien

Messmethoden und Messstrategien

- Anpassung und Entwicklung von Messmethoden zum Nachweis und zur Charakterisierung von Nanomaterialien
- Entwicklung von Messstrategien (inkl. Berücksichtigung der Hintergrundbelastung) am Arbeitsplatz, in der Umwelt, in Organismen, verbrauchernahen Produkten und Lebensmitteln
- Entwicklung von standardisierten, gut charakterisierten Referenz-Nanomaterialien (Stichworte: Benchmarking, Ringversuche, akkreditierte Labors)

Expositionsabschätzung und -analyse

Expositionsabschätzung / -analyse von Nanomaterialien über den Lebensweg

- Abschätzung und Analyse der Exposition entlang des Lebensweges von Nanomaterialien: Herstellung (Emission / Immission), Umgang und Verwendung (Arbeitsplatz, verbrauchernahe Produkte, inkl. Lebensmittel), Entsorgung (Abfall-Aspekte)
- Schwachstellenanalyse: Szenarien zur Verteilung von Nanomaterialien in der Umwelt (z. B. freie und matrix-gebundene bzw. gecoatete Partikel) und Abschätzung der zu erwartenden Konzentration und Deposition.
- Modellierung und Kategorisierung

Verhalten in der Umwelt

Untersuchungen zum Verhalten der Nanomaterialien in der Umwelt

- Persistenz und Abbaubarkeit,
- Agglomeration, Sorption
- Katalytische Wirkung
- Mobilität, Verbleib, Ferntransport, Wechselwirkungen
- Stabilität, Exposition, Metamorphose
- Anreicherung über die Nahrungskette
- Carrierfunktion
- Hintergrundbelastung
- Identifizierung der relevanten Parameter für das Umweltverhalten, auch unter Berücksichtigung sich ändernder Umweltbedingungen

Untersuchung möglicher ökotoxikologischer Wirkungen von Nanomaterialien

- in Abhängigkeit von Art, Aufnahme, Konzentration, Dauer und Verbleib in Umweltmedien, sowie in Organismen (inkl. systemischer Eigenschaften) etc. (besondere Berücksichtigung von Agglomerationsbildung, Stabilität)
- Aufnahmemechanismen für aquatische und terrestrische Organismen

Toxikologie und Toxikokinetik

Untersuchung möglicher toxikologischer Wirkungen von Nanomaterialien

- in Abhängigkeit von Art, Aufnahme, Konzentration, Dauer; Erkennung der Zielorgane und toxikol. Endpunkte; Einbeziehung von Partikelanzahl, -konzentration und Oberflächenkonzentration
- Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Nanomaterialien
- Wirkungen auf Gewebeverbände (z.B. Alveolen, Schleimhäute)

Toxikokinetik

- Bestimmung der Verteilung, Akkumulation, Persistenz und Ausscheidung von Nanomaterialien innerhalb des menschlichen Körpers (Toxikokinetische Profile)
- Untersuchung relevanter Expositionswege (vor allem oral, aber auch über Lunge und Haut), der Verteilung, Akkumulation, Stabilität und Agglomeratbildung
- Entwicklung geeigneter Methoden

Test- und Bewertungsstrategien

Ökotoxikologie

- Forschung zur Anwendbarkeit validierter Testsysteme auf Nanomaterialien durch ihre Anpassung an die besonderen Erfordernisse von Nanopartikeln, z. B. neue Parameter
- Überprüfung der Eignung, gegebenenfalls Adaptation von ökotoxikologischen Standardtests (besondere Berücksichtigung von Löslichkeit u. a.)
- Entwicklung von neuen Testsystemen als Grundlage für Bewertung und Regulierung

Toxikologie

- Entwicklung einer risikobezogenen, toxikologischen Test- und Bewertungsstrategie unter Berücksichtigung der Exposition für Mensch und Umwelt

Aktuelle Risikobewertung ausgewählter Nanomaterialien

Aktuelle Risikobewertung

- Beschreibung möglicher Risiken mit den gegenwärtigen regulatorischen Instrumenten, die von expositionsrelevanten Nanomaterialien (z.B. Auswahl aus Siliziumdioxid, Titandioxid, Zinkoxid, Carbon Black, Aluminiumoxid, Eisenoxiden, Silber, Nanotubes und Fullerene etc.) ausgehen, einschließlich Defizitanalyse und Beschreibung des Handlungsbedarfs
- Auswertung durchgeführter Studien (Literaturanalyse) im Hinblick auf relevante Endpunkte; welche Methoden wurden verwendet (auch nicht validierte), welche Aussagekraft kann ihnen zugeschrieben werden?

B. Mittlere Priorität

Toxikologie

- Untersuchungen zur Hautpenetration von Nanopartikeln aus kosmetischen Mitteln und Bedarfsgegenständen, Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz und deren Evaluierung
- Entwicklung und Testung von technischen, organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen unter Exposition
- Neu- und Weiterentwicklung der Messmethodik am Arbeitsplatz
- Bewertung von persönlicher Schutzausrüstung gegenüber Nanomaterialien und Weiterentwicklung des Control Banding-Ansatzes für Nanomaterialien

Entwicklung und Überprüfung von Möglichkeiten zur Kategorisierung von Nanomaterialien hinsichtlich erwartbarem Verhalten/ Verbleib (fate), Exposition und Gefährdung (Hazard) für Mensch und Umwelt; Entwicklung theoretischer Grundlagen zur Begründung derartiger Kategorisierungen.

2.3 Kriterien zur Vergleichbarkeit von Studien

2.3.1 Informationen zur Charakterisierung von Nanomaterialien für biologische Experimente

Beim Zusammenstellen der Prioritätenliste für die Forschung diskutierte die AG 2 über die Problematik der Vergleichbarkeit von Studienergebnissen. Viele der international verfügbaren Studien lassen sich derzeit nicht gut vergleichen, da Testmaterialien und Verfahren nicht übereinstimmen und aufgrund des gewählten Forschungsdesigns unterschiedliche Ergebnisse erzeugt werden. Für eine Risikobewertung von Nanomaterialien wären deshalb übereinstimmende Testparameter eine grundlegende Bedingung. Die nachfolgende Liste von Testparametern erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie soll aber einige wichtige Voraussetzungen schaffen, um den Wert von Studien zur biologischen Wirkung von Nanomaterialien zu prüfen und zu gewährleisten. Wegen der Vielfalt der Nanomaterialien liegt es in der Verantwortung des Durchführenden, die Parameter sinnvoll zu ergänzen oder zu verändern. Mit der Liste soll die Grundlage geschaffen werden,

- dass Untersuchungen wiederholt und Ergebnisse verbessert werden und damit auch notwendige Beweise für die Validität eines Testsystems ermöglicht werden.
- dass Ergebnisse aus verschiedenen Studien verglichen werden können und grundsätzliche Zusammenhänge zwischen Materialeigenschaften und adversen Wirkungen erkannt werden können.

Die eindeutige Charakterisierung des Prüfmusters ist nicht nur vor dem Experiment wichtig, sondern auch unter den Bedingungen des Versuchs. Nur so können Ergebnisse entsprechend interpretiert werden. Nicht erkannte Veränderungen von charakteristischen Kenngrößen (z.B. durch die Probenvorbereitung) führen zu Fehlverknüpfungen der ursprünglichen Materialeigenschaften mit beobachteten Wirkungen im Versuch.

Minimal-Charakterisierung des Nanomaterials zur Vergleichbarkeit von Studien:

- Chemische Zusammensetzung, Reinheit, Verunreinigungen
- Partikelgröße und Partikelgrößenverteilung
- Spezifische Oberfläche
- Morphologie (Kristallphase, Form)
- Oberflächenchemie / Coating
- Ausmaß der Agglomeration / Aggregation bzw. Partikelgrößenverteilung unter Versuchsbedingungen je nach Erfordernis (z.B. Medium mit oder ohne Protein)
- Wasserlöslichkeit (mit besonderem Fokus auf metastabilen Partikeln)
- Nur relevant für ökotoxikologische Fragen: Octanol-Wasser-Verteilungskoeffizient

Bei allen Verfahren ist die Messmethode anzugeben. Im Idealfall sollten alle relevanten Informationen gegeben werden, wobei innerhalb dieses Informationspakets für zukünftige Studien eine Gewichtung (je nach Notwendigkeit des Tests) vorgenommen werden sollte.

2.3.2 Anforderungen an Expositionsmessungen in Luft, Wasser und Boden

Die folgende Liste führt die Parameter auf, die für eine Beurteilung der Expositionen relevant sind. Im Falle eines klaren Quellenbezuges, wie er z.B. an Arbeitsplätzen in der Industrie gegeben ist, können die stofflich spezifischen Eigenschaften näher beschrieben werden. In diesem Fall kann die Liste der Mindestanforderung für biologische Experimente zur Expositionsmessung herangezogen werden.

Mit dem fehlenden Quellbezug zu einem spezifischen nanoskaligen Material wird es problematisch, eine Charakterisierung des Ausgangsmaterials zu geben. Mit steigender Distanz (und Zeit) der Freisetzung erfolgen außerdem Prozesse, welche die anfänglich gegebenen spezifischen Eigenschaften verändern können.

Zu den ersten Aufgaben in der Expositionsbewertung gehört es, nanostrukturierte Produktmaterialien in Luft, Wasser und Boden zu identifizieren. Anhaltspunkte für die Identifizierung sind hierbei insbesondere

- die Materialstrukturgröße/Partikelgröße,
- die chemische Zusammensetzung,
- persistente, morphologische Strukturen; Kristallphasen.

Erst mit der Identifizierung dieser nanostrukturierten Materialien in Luft, Wasser und Boden kann eine weitere Beschreibung der physikalisch/chemischen Parameter erfolgen. Zusätzlich sind Parameter zu berücksichtigen, die die Mobilität und Verteilung nanoskaliger Materialien in der Umwelt einschließen. Diese Parameter beeinflussen die Transportwege und den evtl. Verbleib in der Umwelt. Zu diesen Parametern zählen u.a.:

- Hydrophilie,
- Größe/Struktur,
- Staubungsverhalten, Agglomeratstabilität.

2.4 Besorgnis- und Entlastungskriterien

Den Mitgliedern der AG 2 „Risiko und Sicherheitsforschung“ ist klar, dass die Umsetzung der vorrangigen Forschungsaufgaben einige Zeit dauern wird. Angesichts der dynamischen Markteinführung von Nanomaterialien sollten auch jetzt schon Möglichkeiten bereitgestellt werden, die eine erste Einschätzung von Nanomaterialien erlauben. Mögliche Gefährdungen sollen mit Hilfe nachvollziehbarer Kriterien früh erkannt und dadurch eine **vorläufige Abschätzung (preliminary assessment)** möglich gemacht werden.

Die AG2 der NanoKommission stützt sich bei ihren Überlegungen auf vorhandene Systeme der Stoffprüfung und Stoffbewertung, wie sie z.B. nach dem geltenden EU-Recht bestehen. In welchem Umfang diese Systeme für Nanomaterialien geeignet sind, sie modifiziert werden bzw. neue Teststrategien gefunden werden müssen, ist nicht Gegenstand der Arbeit. Diese Themen werden aktuell in internationalen Gremien bearbeitet.

Maßnahmen nach dem Vorsorgeprinzip können angebracht sein, wenn zu möglichen Wirkungen von Nanomaterialien mit Blick auf Sicherheit, Umwelt und Gesundheit noch keine ausreichenden wissenschaftlichen Erkenntnisse vorliegen (European Commission 2000).

Als ein Ergebnis können nun Kriterien vorgestellt werden, die zum einen in Form von Besorgniskriterien einen Hinweis auf problematische Nanomaterialien und deren Anwendungen liefern können, zum anderen als Entlastungskriterien andeuten, in welchen Anwendungen geringere Gefährdungen zu erwarten sind.

- **Entlastungsrelevant** sind Hinweise darauf, dass die Nanomaterialien in der jeweiligen Anwendung entweder dauerhaft fest in einer Matrix eingebunden sind, oder dass sie ihre möglicherweise problematischen Nanoeigenschaften rasch verlieren, z.B. durch gute Löslichkeit oder schnelle Abbaubarkeit.
- **Besorgnisrelevant** sind Hinweise auf eine erwartbar hohe Exposition (bis hin zur Nicht-Rückholbarkeit), mögliche problematische Wirkungen und nicht zuletzt auch Probleme beim Nachweis und bei der Verfolgung freigesetzter Nanomaterialien.

Die unten stehende Liste von Entlastungs- und Besorgnis-kriterien ist Ergebnis einer intensiven Diskussion zwischen den Stakeholdern aus Wirtschaft, Bundes- und Landesbehörden, Umwelt- und Verbraucherverbänden und Wissenschaft. Diese Liste spiegelt das derzeitige Wissen und die Erfahrungen der Beteiligten wider und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Die Kriterien sind als Hinweise auf erwartbare (geringere oder höhere) Gefährdungen zu verstehen. Die Bedeutung der Kriterien für das Risikomanagement nimmt in dem Maße ab, in dem das Wissen über Wirkungen und erwartbare Expositionen zunimmt.

Die vorgestellten Besorgnis- und Entlastungskriterien sollten im Rahmen des Risikomanagements angemessen berücksichtigt werden. Wünschenswert ist eine Integration in die Ergebnisse der von der Arbeitsgruppe 3 bearbeiteten ‚Empfehlungen für praxisnahe Umsetzungshilfen‘.

Die Arbeitsgruppe versteht die Kriterien als ein relevantes Instrument für eine erste Einschätzung von Nanomaterialien. Beispielsweise deuten eine hohe Reaktivität, Mobilität und Persistenz von Nanomaterialien bei gegebener Exposition unter Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips auf Handlungsbedarf hin, während für Nanomaterialien, die über den gesamten Lebenszyklus in einer Matrix fest gebunden sind, Freisetzungen und damit eine etwaige Gefährdung von Mensch und Umwelt wenig wahrscheinlich sind.

Für eine praktische Anwendung der Kriterien ist entscheidend, dass es sich zunächst um Indikatoren für mögliche Risiken handelt. Ein Automatismus zwischen dem Zutreffen eines Kriteriums und einer daraus folgenden Maßnahme des Risikomanagements wäre zu kurz gefasst. Der Umgang mit den Indikatoren und die Ableitung von Schlussfolgerungen erfordern eine fachliche und umsichtige Begleitung.

Mit Blick in die Zukunft stellt die Liste einen ersten Schritt für eine systematische ‚**vorläufige Abschätzung**‘ (**preliminary assessment**) von Nanomaterialien dar und sollte für Maßnahmen nach dem Vorsorgeprinzip herangezogen werden. Solche Maßnahmen sollten angesichts der vorher beschriebenen Wissenslücken über mögliche Wirkungen und Expositionen im Sinne eines vorsorgenden und verantwortlichen Umgangs mit Nanomaterialien elementarer Bestandteil des Risikomanagements sein. Vor allem, weil wir uns in einer relativ frühen Phase der Technologieentwicklung befinden. Übergeordnetes Ziel bleibt selbstverständlich, zeitnah eine Bewertung des jeweiligen Nanomaterials auf Basis von wissenschaftlichen Risikoanalysen zu erhalten.

Entlastungskriterien

Verlust der Nanoeigenschaften durch:

- Gute Löslichkeit (in Wasser, in Körperflüssigkeiten,...), wenn dadurch die Nanoeigenschaften verloren gehen
- Schnelle Abbaubarkeit (biologisch, photokatalytisch,...) in nicht toxische Abbauprodukte
- Feste und dauerhafte Einbindung in Matrices (Stabilität der Matrix, Bindungsart, "End-of-Life"-Verhalten)
- Vorliegen fest gebundener Aggregate (produktionsbedingt)
- Agglomerationsverhalten: Bildung stabiler, großer Agglomerate, (z.B. Größe, Stabilität,...),
- Nanostrukturierte Modifikationen an Oberflächen und Nanostrukturen, die keine Partikel freisetzen und nicht reaktiv sind (z. B. Nanoporen, Lotuseffekt,...).

Besorgniskriterien

Hinweise auf erwartbar hohe Exposition:

- Produktionsmenge bzw. Einsatzmenge für den Anwendungsbereich (Expositionswahrscheinlichkeit)
- Hohe Mobilität in Nanoform
 - in Organismen (Alveolengängigkeit, Persistenz in Wasser, Fett und Körperflüssigkeiten, Durchgang durch Zellmembranen, Blut-Hirn-Schranke, Placenta, Betrachtung des Sonderfalls von drug delivery systems)
 - in der Umwelt (Ferntransport, Persistenz in Wasser und Fett, Löslichkeit in Fett und Wasser, Bioverfügbarkeit, Staubigkeit)
 - Mobilisierungspotenzial (Huckepack, Einschleusung, Sorption, Komplexbildung)
- Gezielte Freisetzung (z. B. Grundwassersanierung, Agraranwendungen, verbrauchernahe Anwendungen, Innenraumanwendungen,...)
- Persistenz der Nanoeigenschaften
- Bioakkumulation

Hinweise auf evtl. problematische Wirkungen:

- Hohe Reaktivität (katalytisch / chemisch / biologisch)
- Problematische Morphologie (stabile, lange Röhren oder Fasern, aspect ratio, Fullerene, Kristallstruktur, Porosität)
- Hinweise auf problematische Wechselwirkungen (z. B. Huckepack)
- Hinweise auf problematische Transformationen (Alterung, Veränderungen der Oberflächeneigenschaften, Porosität) oder Metaboliten (z.B. Veränderungen oder Verlust des Coatings)

Hinweise auf Probleme im Risikomanagement:

- Schlechte Nachweisbarkeit
- Unklarer Verbleib

2.5 Erste Risikoabschätzung für exemplarische Anwendungsbereiche

Die Arbeitsgruppe 2 hat sich entschieden, eine erste Einschätzung möglicher Risiken an Hand von ausgewählten Beispielen vorzunehmen. Ziel war es, die Risikodebatte mit Hilfe dieser einzelnen Beispiele weiter zu differenzieren und den Forschungsbedarf zu konkretisieren. Die Einschätzung der Wissenschaft, dass aktuell bei der Risikoabschätzung von Nanomaterialien eine Überprüfung des Einzelfalls (case-by-case) notwendig ist, gab der Arbeitsgruppe eine gute Basis für dieses Vorgehen.

Die Mitglieder haben bei der Auswahl der Beispiele verschiedene Aspekte erörtert und abgewogen: z.B. Verbrauchernähe, Unterstützungsmöglichkeiten durch beteiligte Firmen, Einbezug des Lebenszyklusgedankens und (Umwelt-)exposition. Sie entschied sich schließlich für die Betrachtung folgender Beispielmateriale:

- Amorphe Kieselsäure (SiO_2) in Lebensmitteln,
- Photokatalytisches Titandioxid (TiO_2) für selbstreinigende Oberflächen,
- Carbonnanotubes (CNT) in elektrisch leitenden Folien (Lebenszyklusbetrachtung),
- zusätzlich als Ergebnis der Vorstellung der Zwischenbilanz: Silbernanospray zum Einsatz bei Pflanzen.

Die vier Beispiele wurden von kleinen interdisziplinären Expertenteams vorbereitet und anschließend in der Arbeitsgruppe beraten. Zu jedem Beispiel wurde eine Stellungnahme verfasst, die auf hohem wissenschaftlichem Niveau eine erste Einschätzung zu möglichen Risiken vornimmt und diese differenziert. Die Vertiefungstexte der AG 2 finden sich unter www.bmu.de/nanokommission.

2.5.1 Amorphe Kieselsäure (SiO_2) in Lebensmitteln

Synthetisch amorphe Kieselsäure (SiO_2) ist als Fließmittel (Zusatzstoff, der Verklumpungen verhindert) für Lebensmittel wie z.B. Tomatenpulver, Speisesalz oder Gewürzen zugelassen (E551). Die Partikelgrößenverteilung des Stoffes wurde allerdings bei der Zulassung nicht explizit berücksichtigt. Verschiedentlich sind Hinweise zu finden, dass Siliziumdioxid auch in nanopartikulärer Form in Lebensmitteln zur Anwendung kommt oder kommen soll. Verschiedene in-vitro Studien lieferten Hinweise auf eine mögliche Toxizität des Materials in Nanoform.

Werden SiO_2 -Nanopartikel Lebensmitteln zugesetzt?

Auf dieser Basis bestand die Sorge, dass Verbraucher beim Genuss von Lebensmitteln mit diesem Zusatzstoff (E551) Siliziumdioxid-Nanopartikel oral zu sich nehmen oder nehmen könnten, ohne dass die Sicherheit dieser Lebensmittel ausreichend belegt wäre. Daraus ergab sich die Forderung, die hohe Expositionsmöglichkeit als Anlass zur Besorgnis zu nehmen und Hinweisen auf eine mögliche Toxizität am Beispiel handelsüblicher Kieselsäure in Lebensmitteln nachzugehen.

Herstellungsverfahren erzeugen größere Agglomerate

Eine Untergruppe der AG 2 untersuchte die Herstellungsverfahren der zugelassenen Produkte. Dabei wurde festgestellt, dass bei der Herstellung durch Flammhydrolyse nanostrukturierte Agglomerate im Größenbereich 1 - 250 µm, beim Nassverfahren von etwa 500 - 600 µm und beim Gelfverfahren – je nach verwendeter Mühlenart – im Größenbereich von etwa 1 µm auftreten. Von Seiten der Produzenten wird angegeben, dass das in Lebensmitteln enthaltene SiO₂ aufgrund der oben beschriebenen Herstellungsverfahren in Größen von etwa 2 - 12 µm vorliege, und dass amorphe synthetische Kieselsäure nicht in Form von freien Nanopartikeln mit den verwendeten Verfahren herstellbar sei. Es handele sich bei den zugelassenen Produkten demnach zwar um nanostrukturierte Materialien, jedoch nicht um Nanopartikel.

Toxizitätstests

Lebensmittelzusatzstoffe unterliegen in der EU einem Zulassungsverfahren, das eine gesundheitliche Bewertung der Stoffe einschließt. Die betrachteten, schon seit den 60er Jahren eingesetzten handelsüblichen Formen nanostrukturierter, synthetisch amorpher Kieselsäure haben vor diesem Hintergrund verschiedene Toxizitätsprüfungen ohne besorgniserregende Befunde durchlaufen (ECETOC). Zudem wurde belegt, dass Enzyme im menschlichen Organismus amorphe Kieselsäure auflösen und die aufgespaltenen Substanzen ausgeschieden werden. Die Arbeitsgruppe fand keine besorgniserregenden Studien, die bei den nach Herstellerangaben üblicherweise verwendeten SiO₂ negative Effekte auf die Gesundheit zeigen. Hierzu ist anzumerken, dass in den untersuchten Produkten auch geringe Mengen SiO₂ in nanopartikulärer Form vorhanden sein können. Die in Lebensmitteln zur Anwendung kommende Form der Materialien hat sich nach den vorliegenden Informationen bisher nicht geändert.

Wenn neue Produktionsverfahren für synthetische amorphe Kieselsäure angewendet werden sollten, die sich deutlich von den bisher beschriebenen unterscheiden und zu einer wesentlichen Veränderung der Spezifikation (auch hinsichtlich der Partikelgröße) führen, sind neue Studien zum Verhalten des Nanomaterials zum Beleg der gesundheitlichen Unbedenklichkeit erforderlich.

Die Umweltorganisationen empfehlen weitere Tests, um zu prüfen, wie stark nano-skaliges SiO₂ tatsächlich agglomeriert und wie viele Primärpartikel dann ggf. noch vorliegen bzw. wie deren Eigenschaften und Wirkungen sind. Sie empfehlen außerdem eine Aktualisierung der Sicherheitsbewertung.

2.5.2 Photokatalytisches Titandioxid (TiO₂) für selbstreinigende Oberflächen und zur Luftreinigung

Selbstreinigende Oberflächen sind nach Anwendungen in der Medizin die bekanntesten Nanoprodukte für Verbraucherinnen und Verbraucher. Bei einigen Produkten (z.B. auf Glas, Kacheln oder in Pflastersteinen und Fassadenfarben) wird nanoskaliges Titandioxid (TiO₂) eingesetzt, das bei Sonneneinstrahlung Hydroxid- und Sauerstoffradikale bildet, die organische Verunreinigungen oder Luftschadstoffe zu CO₂ und Wasser abbauen. Auch anorganische Verunreinigungen oder Luftschadstoffe können abgebaut werden. Die Nanomaterialien sind nicht frei, sondern liegen dabei in einer Matrix eingebunden vor.

Langzeitstabilität und Funktionsfähigkeit kritisch untersucht

Im Bericht der AG 2 zu Titandioxid wurde die Langzeitstabilität angesprochen. Einige Forschungsergebnisse legen nahe, dass es zu einer Auswaschung von Titandioxid aus den Wandfarben kommen kann, wodurch es zu einer Freisetzung von Nanopartikeln in die Umwelt kommen könnte. Daher sollten sowohl die Funktionsfähigkeit als auch mögliche Auswaschungen in Langzeituntersuchungen geprüft werden. Kritisch bemerkten die Autoren der AG 2 außerdem, dass bei der photokatalytischen Reaktion unerwünschte Zwischenprodukte entstehen können. In diesem Fall wird es problematisch, den Nutzen (z.B. der Abbau von typischen, gesundheitsgefährdenden Substanzen in Neuwagen durch speziell entwickelte Photokatalysatoren) gegenüber den Risiken (Entstehung von Formaldehyd, Acetaldehyd und Benzaldehyd als Zwischenprodukt) abzuwägen.

Aussagen zum Gefährdungspotenzial

Da Produkte mit photokatalytischer Oberfläche sowohl in geschlossenen Räumen (z.B. auf Möbeln, Tapeten, Vorhängen) wie auch im Außenbereich (z.B. bei Fassadenfarben) eingesetzt werden können, ist das Gefährdungspotenzial differenziert nach Außen- und Innenanwendung zu betrachten. Die AG 2 identifizierte die Bildung unerwünschter Zwischenprodukte als kritisch im Sinne der Humantoxikologie und der Ökotoxikologie. Es liegt eine Studie vor, dass Formaldehyd als Zwischenprodukt entstehen kann und die Konzentration in geschlossenen Räumen 24% des MAK-Wertes (zulässige maximale Arbeitsplatzkonzentration, bei der die Gesundheit nicht beeinträchtigt ist) erreichen kann. Für die Außenanwendung wurde gezeigt, dass bei der Umwandlung von Stickoxid Nitrat als Zwischenprodukt entsteht. Der gemessene Nitratwert lag allerdings deutlich unter dem EG-Richtwert. Ob durch die Alterung der Materialien, die Exposition von Mensch und Umwelt durch freigesetzte TiO₂-Nanopartikel zunehmen könnte, konnte - mangels Datenlage - nicht beurteilt werden.

Die Zeitdauer entscheidet

Zusammenfassend bemerkte die AG 2, dass die Zeitdauer, über die ein abzubauen Schadstoff und der Photokatalysator in Kontakt stehen, darüber entscheidet, ob die unerwünschten Zwischenprodukte entstehen. Geprüft werden müsste außerdem, ob für das jeweilige Produkt dauerhaft belegt werden kann, dass keine Nanomaterialien freigesetzt werden. Insgesamt wurde die Datenlage als unzureichend bewertet, um eine abschließende Risikobewertung vorzunehmen.

2.5.3 CNT in elektrisch leitenden Folien (Lebenszyklusbetrachtung)

Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT) werden als nicht lösliche (persistente) Materialien im Sinne einer vorläufigen Bewertung generell kritisch betrachtet. Die Ergebnisse verschiedener Studien geben Hinweise darauf, dass einige CNT schädigende Effekte auf Mensch und Umwelt haben können. Vor allem die Aufnahme über die Atemwege wurde als problematisch bewertet. In dem von der AG 2 bearbeiteten Fallbeispiel wurde geprüft, ob und wenn ja, in welchen Phasen des Produktlebenszykluses Risiken für Mensch und Umwelt bestehen können, wenn die CNT in einem Kunststoff eingebunden sind. Ausgewählt wurde ein konkreter Produkttypus, nämlich Folien für die Verpackung von elektrostatisch gefährdeten Bauteilen, die durch die Zugabe von mehrwandigen CNT (MWCNT) sowohl antistatisch als auch reißfester wurden.

Expositions Betrachtung über den gesamten Lebenszyklus

Die Ausarbeitung beschreibt u.a. das gängigste Produktionsverfahren, bei dem in komplett geschlossenen Reaktoren gearbeitet wird, da ein Sauerstoffeintrag wegen der Explosionsgefahr ausgeschlossen werden muss. Erst bei der Einbringung des Materials in die Kunststoffmasse bzw. in den Extruder könnten MWCNT in die Atmosphäre gelangen, wenn nicht für ausreichende Vorsorgemaßnahmen (Absaugung, Filter) gesorgt wird. Eine Exposition der Arbeitenden mit luftgetragenen MWCNTs kann auf diese Weise weitestgehend unterbunden werden. Verschüttete Materialien können leicht aufgenommen werden, so dass kein Eintrag in den Boden zu erwarten ist. Um einen Kontakt mit der Haut zu vermeiden, sind angemessene Schutzmaßnahmen (Handschuhe, Schutzkleidung) anzuwenden. Sobald die MWCNT im Polymer eingebunden sind, erscheint eine Freisetzung z.B. durch einen Lösevorgang weitestgehend ausgeschlossen. Wasser wird erst nach der Einbindung in den Kunststoff zu Kühlung eingesetzt, der Kreislauf bleibt aber geschlossen (gesonderte Entsorgung). Mögliche Betriebsstörungen sind bei dieser Bewertung allerdings nicht berücksichtigt.

Die fertige Polymer / MWCNT Mischung wird in Pellets an den Kunden geliefert, wo sie zur Folie weiter verarbeitet wird. Ein Abrieb von CNT aus den Pellets sowie aus der später produzierten Folie ist auch nach externer Expertenmeinung sehr unwahrscheinlich. Zuschnittreste, Stanzabfälle oder gebrauchte Folien können recycelt oder konventionell verbrannt werden. Im Prinzip ist auch von einer Verbrennung der CNTs auszugehen. Ob die CNTs sich in der Müllverbrennungsanlage anders verhalten als mikroskaliger Kohlenstoff ist bisher nicht bekannt.

Umwelt- und Gesundheitseffekte

Zurzeit ist davon auszugehen, dass künstlich hergestellte CNTs noch kaum in der Umwelt zu finden sind. Eine zunehmende Produktionsmenge und Verwendung könnte allerdings in Zukunft eine erhöhte Exposition der Umwelt nach sich ziehen. Die Auswertung verschiedener Studien zum Verhalten von CNTs in der Umwelt (Ökotoxizität) und zu gesundheitlichen Effekten (Toxizität) machte deutlich, dass die beobachteten Effekte stark vom verwendeten CNT-Typ abhängen und verallgemeinerungsfähige Aussagen kaum getroffen werden können. Auch die Zusammenhänge zwischen Dosis und Wirkung sind noch nicht geklärt. Aktuelle Befunde aus Tierversuchen zu verschiedenen Formen von CNT zeigen auf, dass nur spezifische Typen von CNTs negative Gesundheitseffekte (z.B. akute Asbestfaser-ähnliche Schädigungen) hervorrufen. Prinzipiell wäre damit die Möglichkeit gegeben, durch eine gezielte Herstellung von anders strukturierten CNTs, Gefährdung schon durch die Wahl der Materialien zu minimieren („Design for Safety“).

Werden andere Herstellungsverfahren gewählt (Lichtbogenverfahren / Laser-Ablationsverfahren) müsste erneut eine Einzelfallbetrachtung über den gesamten Lebenszyklus vorgenommen werden.

Der BUND sieht insgesamt noch erhebliche Schwierigkeiten in der Bewertung von CNT und spricht sich für die strikte Anwendung des Vorsorgprinzips aus.

2.5.4 Silber-Nanospray als Pflanzenstärkungsmittel

Silber-Nanospray wird zur Pflege und Stärkung von Pflanzen und Gemüse (Sprüh- und Giesanwendung im Innen- und Außenbereich) vermarktet. Gleichzeitig soll das enthaltene Nano-Silber bakterizide, fungizide und algizide Wirkung haben. Die Wirkung auf verschiedene Pilzarten wurde in einer Studie nachgewiesen.

Die Anwendung war für die AG 2 insofern von besonderem Interesse, weil in diesem Fall eine Exposition der Umwelt mit Nanomaterialien beabsichtigt ist und auch eine Exposition über die Atemwege beim Menschen aufgrund der Darreichungsform nicht ausgeschlossen werden kann.

Fragen der Zulassung

Pflanzenschutzmittel mit Nano-Silber werden in der Liste des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit als Pflanzenstärkungsmittel geführt. Laut Pflanzenschutzgesetz (PflSchG) sind Pflanzenstärkungsmittel Stoffe, die ausschließlich dazu bestimmt sind, die Widerstandsfähigkeit von Pflanzen gegen Schadorganismen zu erhöhen, Pflanzen vor Beeinträchtigungen zu schützen oder abgeschnittene Zierpflanzen frisch zu halten („Blumenfrischhaltemittel“). Dies gilt nicht für angebaute Materialien (z.B. Obst oder Gemüse).

Pflanzenschutzmittel sind lt. PflSchG Stoffe, die dazu bestimmt sind, Pflanzen oder lebende Teile von Pflanzen und Pflanzenerzeugnissen vor Schadorganismen zu schützen. Pflanzenschutzmittel haben eine direkte Wirkung auf Schadorganismen und unterliegen anderen Anforderungen für eine Zulassung.

Pflanzenstärkungsmittel dürfen nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie keine schädlichen Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier, das Grundwasser und den Naturhaushalt haben. Im Listungsverfahren wird dieses vom Umweltbundesamt (UBA), dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) sowie vom Julius Kühn-Institut (JKI) geprüft.

Aufgrund der vermuteten direkten Wirkung auf Schadorganismen, des Nano-Silber-Sprays, die den Wirkungen eines Pflanzenschutzmittels nahe kommen, empfiehlt die AG 2 eine Überprüfung der Risikobewertung. Des Weiteren nahm sie aufgrund der vom Hersteller gelieferten Angaben und verfügbarer Literatur eine vorläufige Risikoabschätzung vor

Wirkungen von Nano-Silber auf Mensch und Umwelt

Verschiedene Untersuchungsergebnisse wurden von der AG 2 zusammengestellt, die negative Effekte von Nano-Silber auf das Wachstum von Wasserorganismen gezeigt haben. Ergebnisse aus Untersuchungen mit Sediment- und Bodenorganismen fehlen bisher.

In toxikologischen Tests an Ratten hingegen wurde auch bei einer deutlich erhöhten Exposition (13-fache Konzentration des Arbeitsplatzgrenzwertes) keine anhaltende Belastung in den Organen gefunden. Auch wenn methodisch bei diesem Befund noch einige Fragen offen blieben, geben weitere Studien mit oraler und inhalativer Aufnahme keine Hinweise auf Organschäden, Genotoxizität oder Reproduktionstoxizität. Jedoch konnte dosisabhängig eine Verteilung in verschiedenen Organen nachgewiesen werden.

Risiko nicht sicher bewertbar

Die AG 2 weist in ihrem Beitrag darauf hin, dass zur Risikobewertung von Pflanzenschutzmitteln mit Nano-Silber keine konkreten Aussagen getroffen werden können.

Eine Umwelt-Risikobewertung für Nano-Silber kann ebenfalls noch nicht erfolgen, da die Datenlage bisher zu gering ist. Die oben beschriebenen Wirkungen auf Gewässerorganismen sind ernst zu nehmen. Besonders da der Einsatz von Nano-Silber in Gebrauchsgegenständen tendenziell steigt und sich dadurch die Umweltbelastung aufsummieren kann. Auch wenn im betrachteten Fall die direkte Eintragsmenge durch Pflanzenschutzmittel mit Nano-Silber insgesamt als gering anzusehen ist, handelt es sich hierbei um eine umweltoffene Anwendung von Nanopartikeln, die als solche ernst genommen werden muss. Die Entleerung von Produktresten in das Abwasser wird von der AG 2 als kritisch betrachtet. Im Sinne eines vorsorglichen Umweltschutzes sollte auch hier nach dem Minimierungsgebot gehandelt und ein Eintrag von Nano-Silber vermieden werden.

2.6 Einschätzung der NanoKommission zu den Ergebnissen der AG 2

In der Arbeit der AG 2 wurde vorhandenes Wissen zusammengetragen und der zukünftige Forschungsbedarf gezielt ermittelt. Auch wenn bereits viele Forschungsprojekte angestoßen wurden, verbleiben Wissenslücken. Fraglich ist, inwiefern die verwendeten Testverfahren Aussagen über die tatsächlichen Dosis-Wirkbeziehungen zulassen, die im Herstellungsalltag oder bei der Exposition von Mensch und Umwelt mit dem fertigen Produkt entstehen. Je konkreter sich die verwendeten Materialien über den gesamten Lebenszyklus charakterisieren lassen, desto sicherer können Aussagen zu den Risikopotenzialen getroffen werden.

Als Fazit aus dem Bericht der AG 2 lassen sich folgende Empfehlungen der NanoKommission ableiten:

- Hersteller und Anwender sollten verstärkt konkrete Materialien zur Verfügung stellen, die von unabhängigen Wissenschaftlern geprüft werden können. Der Grad der Unsicherheit bei der Verwendung von künstlich hergestellten Testmaterialien könnte so reduziert werden. Gemeinsam sollte außerdem an realistischen Testverfahren gearbeitet werden, die eine realistische Exposition mit den Materialien nachempfinden und den üblichen Gebrauch modellhaft abbilden.

- Die NanoKommission hat sich vertiefend mit der Frage der Kategorienbildung und der Verwendung von Entlastungs- und Besorgniskriterien bei der Bewertung von Nanomaterialien auseinandergesetzt: Die NanoKommission empfiehlt den Unternehmen, die Risiken bei der Herstellung und Verwendung der jeweiligen Nanomaterialien so genau wie möglich abzuschätzen. Die von der AG 2 erarbeiteten Besorgnis- und Entlastungskriterien sollen für vorläufige Abschätzungen eine Orientierungshilfe sein. Sie sind im Rahmen der zweiten Phase des NanoDialogs noch zu operationalisieren und zu gewichten. Rechtliche Verpflichtungen aus den stoffrechtlichen Vorgaben von REACH oder Arbeitsschutzgesetzen und anderen Rechtsvorschriften bleiben hiervon unberührt. Die Unternehmen sind gehalten, existierende Defizite hinsichtlich von Daten zu schließen.

Es wird vorgeschlagen, auf der Basis von Entlastungs- und Besorgniskriterien eine vorläufige Einteilung der Nanomaterialien in folgende 3 Kategorien vorzunehmen, solange noch keine Risikobewertungen für Gesundheits- und Umweltschutz vorliegen.

Gruppe 1: Gefährdung wahrscheinlich - Besorgnis hoch	
	Maßnahmenkonzept zur Minimierung der Exposition oder Verzicht auf bestimmte Anwendungen erforderlich
Gruppe 2: Gefährdung möglich - Besorgnis mittel	
	Maßnahmenkonzept zur Verminderung der Exposition erforderlich
Gruppe 3: Gefährdung unwahrscheinlich - Besorgnis gering	
	Keine über die 'gute Arbeitsschutzpraxis' (oder 'Hygienepraxis') hinausgehenden Maßnahmen erforderlich

Weitergehende Empfehlungen:

- Wenn zu wenige Informationen verfügbar sind, um eine vorläufige Einteilung in eine der oben genannten Kategorien zu ermöglichen, sollte eine Einordnung in Kategorie 1 vorgenommen werden.
- Das Kategoriensystem sollte von der Wirtschaft auch für die Kommunikation in der Lieferkette angewendet werden, d.h. die verwendeten Materialien sind gemäß den Gruppen einzustufen und entsprechende Risikomanagementmaßnahmen zu kommunizieren. Die Vorschriften für das Erstellen von Sicherheitsdatenblättern sind zu beachten.
- Die Kriterienliste zur Bewertung von Nanomaterialien bedarf zeitnah einer Überprüfung und ggf. Weiterentwicklung. Zusätzlich sollte für die Bewertung eine Gewichtung von Kriterien entwickelt werden, bzw. eine Priorisierung.

- Das Kategoriensystem muss noch weitergehend operationalisiert werden. Das heißt, konkrete, einheitliche Test- und Messverfahren müssen ausgewiesen und eine spezifische Zuordnung von Ergebnissen zur Einstufung in Gruppen standardisiert werden.
- Eine Verknüpfung der Arbeiten aus der AG 2 und der nachfolgend beschriebenen AG 3 konnte in der ersten Arbeitsphase noch nicht geleistet werden. Wünschenswert wäre für die nächste Phase eine systematische Verknüpfung der beiden Ansätze.

Die Deutsche NanoKommission empfiehlt die Anwendung dieses „Drei-Kategorien-Systems“ einschließlich der Entlastungs- und Besorgniskriterien zur vorläufigen Orientierung für Unternehmen und risikobewertende Behörden. Eine Weiterentwicklung und fortlaufende Überprüfung ist jeweils mit dem fortschreitenden Stand der Forschung vorzunehmen.

3. Ergebnisse der Arbeitsgruppe 3: Prinzipien für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien

3.1 Rahmenbedingungen

Im Rahmen des von der Bundesregierung initiierten NanoDialogs ist der folgende Abschnitt „Prinzipien für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien – ein Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung der Nanotechnologien“ erstellt worden. In ihm sind eine Reihe von Prinzipien formuliert worden, die den Handlungsrahmen für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien schaffen sollen, insbesondere für die Zeit, in der versucht wird, die Wissenslücken zu schließen und wissenschaftliche Grundlagen für eine Weiterentwicklung bestehender gesetzlicher Regelungen erarbeitet werden. Dieser Handlungsrahmen soll die bereits existierenden regulativen Maßnahmen (REACH, branchenbezogene EU-Richtlinien) ergänzen, die Nanomaterialien im Grundsatz erfassen, die aber gegebenenfalls angepasst werden müssen. Beides zusammen bildet das Dach, unter dem Wissenschaft und Unternehmen Nanotechnologien verantwortungsvoll entwickeln können.

Im ersten Teil dieses Papiers sind die Rahmenbedingungen beschrieben, innerhalb derer die Prinzipien aufgestellt wurden und angewendet werden sollen. Die Prinzipien selber sind im zweiten Teil des Papiers zu finden.

Ziel: Ziel der Prinzipien ist es, für den Umgang mit Nanomaterialien sowohl den größtmöglichen Schutz von Gesundheit und Umwelt zu gewährleisten als auch das Prinzip der Nachhaltigkeit zu berücksichtigen. Dazu ist es erforderlich, Empfehlungen für einen vom Prinzip der Vorsorge (nach der EU-Mitteilung vom Februar 2000) getragenen Umgang mit Nanomaterialien zu formulieren.

Form: Die Prinzipien bilden den Rahmen für einen verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien. Die Umsetzung der Prinzipien ist durch branchenspezifische Leitfäden zu konkretisieren. Industrieverbände und andere Akteure sind aufgefordert, diese zu entwickeln. Als Beispiel sei der von VCI und BAuA gemeinsam entwickelte Leitfaden zum Arbeitsschutz genannt.

Als integraler Bestandteil dieses Prinzipienpapiers bieten die „Empfehlungen für praxisnahe Umsetzungshilfen“ Hilfe bei der Erstellung branchenspezifischer Leitfäden. Sie sind im Anhang beigefügt und sind außerdem unter www.bmu.de/nanokommission verfügbar. Für die nächste Arbeitsphase der NanoKommission schlägt die AG 3 eine Ergänzung der Empfehlungen durch Maßnahmen zum Umwelt- und Verbraucherschutz vor.

Geltungsdauer: Die Prinzipien werden auf Basis der gegenwärtigen wissenschaftlichen, regulativen und gesellschaftlichen Situation formuliert. Die Eignung und auch die Notwendigkeit der Prinzipien sind alle zwei Jahre zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Ein Prozess, der die hierfür notwendigen Kriterien und Verfahren festlegt, soll frühzeitig im Rahmen der nächsten Phase des NanoDialogs vereinbart werden.

Geltungsbereich: Die Prinzipien richten sich in erster Linie an Unternehmen, aber auch andere Akteure sind Adressaten. Erfasst werden sollen zum einen die Bereiche Forschung und Entwicklung, Herstellung von Nanomaterialien einschließlich Transport sowie ihre Verarbeitung zu anderen Produkten bis hin zur privaten Verwendung und zur Verwertung oder Entsorgung dieser Produkte. Gegenstand ist dabei zunächst die erste Generation der Nanomaterialien, so genannte passive Nanostrukturen. Prinzipien für den verantwortungsvollen Umgang mit weiteren Generationen von Nanomaterialien wie aktive Nanostrukturen, evolutionäre Nanosysteme und molekulare Nanosysteme sollen noch erarbeitet werden. Dabei sind auch ethische und soziale Fragen zu berücksichtigen.

Die vorgelegten Prinzipien wurden auf nationaler Ebene im Rahmen der AG 3 der NanoKommission entwickelt. Parallel dazu gibt es europaweit und weltweit Initiativen wie den Responsible Nano Code mit dem gleichen Ziel, den Rahmen für eine verantwortungsvolle und nachhaltige Entwicklung der Nanotechnologien zu definieren. Alle Stakeholder sind aufgefordert Vorschläge in die europäische/weltweite Diskussion einzubringen. Eine weltweite Harmonisierung ist anzustreben, sofern dies mit dem hohen Schutzanspruch vereinbar ist, dem sich der NanoDialog verschrieben hat.

Verbindlichkeit und Überprüfung: Die gesellschaftliche Akzeptanz dieses politischen Instruments wird von bestimmten Voraussetzungen abhängen. Hierzu gehören die externe Überprüfung der Umsetzung der Prinzipien, die Ausgestaltung der Verpflichtungen, die Organisationen bei der Übernahme der Prinzipien eingehen, sowie Konsequenzen, die für Organisationen aus der Nichtbeachtung von Prinzipien resultieren. Ohne diese Maßnahmen genügen die Prinzipien nicht den Anforderungen an die notwendige Transparenz. Die gemeinsamen Arbeiten an einem Maßnahmenkatalog müssen frühzeitig in der nächsten Phase der NanoKommission vorangetrieben werden. Sobald dieser Maßnahmenkatalog vorliegt, wird er zu einem geltenden Bestandteil der Prinzipien.

Offene Punkte: Die Prinzipien fassen die Aspekte zusammen, über die im Rahmen des Dialogs eine Einigung erzielt werden konnte. Darüber hinaus wurden Forderungen formuliert, die in der Gruppe keinen Konsens gefunden haben, und Fragen festgehalten, die in der nächsten Arbeitsphase des Dialogs geklärt werden sollen. Hierzu gehö-

ren konkrete Vorschläge für Maßnahmen, um die Umsetzung der Prinzipien zu überprüfen, sowie die Klärung von Fragen zur Verbindlichkeit zum Beispiel durch:

- Veranstaltungen zum Umsetzungsmonitoring, auf denen Fragen der Verbindlichkeit diskutiert werden
- Monitoringsystem zum Stand der Übernahme der Prinzipien
 - Erfassung der Unternehmen, die die Prinzipien anwenden. Mögliche Formen: Freiwilliges Meldesystem, Überprüfung durch eine neutrale Institution, Zertifizierung der Nachhaltigkeitsberichte durch eine unabhängige Institution, Dokumentation auf BMU Seite
 - Zu klärende Kernfragen: Wer ist legitimiert, die Umsetzung zu bewerten?
Welche Kriterien werden angewendet – bisher wurden bewusst größere Spielräume zugelassen, um nationalen und anwendungsspezifischen Unterschieden Rechnung zu tragen.
- Konkrete Vorschläge für einen Prozess zur Anpassung und Fortschreibung des Prinzipienpapiers
- Anbindung der im Rahmen des NanoDialogs erarbeiteten Besorgnis- und Entlastungskriterien an die Prinzipien mit dem Ziel der Identifizierung kritischer und besonders kritischer Anwendungen sowie daran zu knüpfender Maßnahmen, inkl. des Umgangs mit Datenlücken
- Konkrete Leitlinien zur Informationsweitergabe und Transparenz.

Aspekte, zu welchen im Rahmen des Dialogs kein Konsens gefunden wurde:

- Die Meldung der Verwendungen von Nanomaterialien an eine Bundesbehörde für die Einrichtung einer öffentlich zugänglichen Datenbank
- Verpflichtender Zugang der Öffentlichkeit zu allen unter Prinzip 2 genannten Nanotechnologie-relevanten Informationen, Daten und Prozessen, mindestens jedoch zu allen sicherheitsrelevanten Daten
- Ausweitung über die OECD-Arbeitsdefinition hinaus auf Materialien, die in mindestens einer Dimension kleiner als 300 nm sind und nano-spezifische Effekte verursachen
- Verzicht auf Produktion und Vermarktung besonders kritischer Nanomaterialien und Produkte.

3.2 Fünf grundlegende Prinzipien für den verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien

Prinzip 1: Verantwortung und Management definieren und offenlegen (Good Governance)

Verantwortungsbewusste Organisationsführung beinhaltet die Umsetzung von Gesetzen und die Einführung und Umsetzung freiwilliger Maßnahmen zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt. Dieses Schutzziel sollte anhand eines nachvollziehbaren und überprüfbaren Managementsystems erreicht werden. Ein derartiges Managementsystem sollte alle Bereiche erfassen, die im Zusammenhang mit dem Umgang mit Nanomaterialien für die Organisation bedeutend sind: angefangen vom Lieferkettenmanagement, über den Arbeitsschutz, die Produktsicherheit bis hin zum Verbraucherschutz und zur Entsorgung.

Elemente des Managementsystems sollten sein:

- Formulieren einer Unternehmenspolitik
- Definieren von Programmen und Zielen mit Zeitplan
- Festlegen von Zuständigkeiten
- Monitoring der Umsetzung
- Regelmäßige Anpassung an den aktuellen Wissensstand

Zuständigkeiten und Managementprozesse sind offen zu legen. Dies könnte im Rahmen einer regelmäßigen Berichterstattung (z.B. Unternehmensbericht) oder kontinuierlich (z.B. Internet) auf Basis konkreter Indikatoren oder auch deskriptiv erfolgen.

Prinzip 2: Transparenz hinsichtlich Nanotechnologie-relevanter Informationen, Daten und Prozesse

Die Organisation sollte Transparenz über Nanotechnologie-relevante Informationen, Daten und Prozesse herstellen. Hierzu gehört es auch, regelmäßig über die Umsetzung aller hier genannten fünf Prinzipien öffentlich zu berichten. Die Anforderungen an die Datentransparenz müssen mindestens den in REACH genannten Anforderungen entsprechen und einen in REACH geregelten öffentlichen Zugang zu den die Sicherheit von Mensch und Umwelt erforderlichen Informationen beinhalten.

Zu den Informationen und Vorgängen, über die Transparenz hergestellt werden sollte, gehören ebenfalls:

- Verwendete Nanomaterialien und deren Produkte
- Die für die Sicherheitsbeurteilung relevanten Informationen unter Berücksichtigung des gesamten Lebenszyklusses wie z.B. physikalisch-chemische Eigenschaften (inkl. nanospezifische In-

formationen), Toxizität, umweltgefährliche Eigenschaften, Exposition, ggf. Betrachtungen unbeabsichtigter Freisetzungsmöglichkeiten, verwendete Testmethoden und Messverfahren sowie Ergebnisse der Risikobewertung.

- Angewendete und empfohlene Maßnahmen für die sichere Verwendung.

Diese Informationen sind mit geeigneten Mitteln zielgruppengerecht (z.B. Hotlines, Berichterstattung, Website, Broschüren, Kongresse, Datenbanken, auf Produkten etc.) bereit zu stellen. Der Zugang zu Informationen sollte möglichst einfach gestaltet sein. Können sicherheitsrelevante Informationen nicht gegeben werden, so ist dieses zu begründen.

Adressaten können sein: Mitarbeiter, Betriebsrat, Kunden, Verbraucherorganisationen, Gewerkschaften, weitere zivilgesellschaftliche Organisationen, Aktionäre, Regierungen oder Regierungsbehörden, Unfallversicherungsträger sowie internationale Organisationen und Verbraucher.

Die Erwartungen der Verbraucher, Informationen über Produkte zu erhalten, die Nanomaterialien enthalten, sollen berücksichtigt werden. Verbraucherinformationen sollten u.a. dem Ziel dienen, dass Verbraucher sicher mit den Produkten umgehen können (Sicherheit) bzw. sich entsprechend ihrer Präferenzen bei der Produktwahl am Markt entscheiden können (Information und Wahlfreiheit). Die Verbraucherinformationen können z.B. Produktkennzeichnungen, ausführliche produktbegleitende Informationen, Datenbanken oder anderes sein. Zum Schutz der Verbraucher vor Täuschungen sollten nur diejenigen Produkte mit „nano“ bezeichnet werden, in denen auch Nanomaterialien enthalten sind oder bei denen Nanotechnologien eingesetzt werden.

Prinzip 3: Bereitschaft zum Dialog mit Interessengruppen

Bereitschaft zum Dialog heißt, mit daran interessierten Interessengruppen in einen Dialog über wichtige Nanotechnologie-relevante Fragestellungen einzutreten. Die Organisation sollte dabei von sich aus den Dialog mit Interessengruppen suchen sowie die Dialoge regelmäßig weiterführen. Beispiele für Dialogformen sind: Treffen mit Interessengruppen, Diskussionsforen, Konsultationen (Anhörungen), sowie die Beantwortung von Verbraucheranfragen und Anfragen von zivilgesellschaftlichen Gruppen.

Dialoge mit gleichen Zielrichtungen sind zu bündeln.

Die Bereitschaft zum Dialog erstreckt sich sowohl auf Interessengruppen innerhalb als auch außerhalb der Organisation.

Solche Interessengruppen können sein: Beschäftigte, der Betriebsrat, Unternehmen, Kunden, Verbraucherorganisationen, Gewerkschaften, Umweltverbände, weitere Organisationen der Zivilgesellschaft, Aktionäre, die Öffentlichkeit insgesamt, Regierungen oder Regierungsbehörden sowie internationale Organisationen und Verbraucher.

Darüber hinaus sollte die Organisation zu einem im Dialog festzulegenden Zeitpunkt gemeinsam mit den Dialogpartnern die Ergebnisse und Auswirkungen des Dialogs bewerten. Die Evaluationsergebnisse sollen der Optimierung künftiger Dialogprozesse dienen.

Prinzip 4: Risikomanagement etablieren

Jede Organisation sollte ein Risikomanagement auf Grundlage des Vorsorgeprinzips etablieren, um ein hohes Schutzniveau für Endverbraucher, Beschäftigte und die Umwelt zu erzielen.

Dazu ist eine gründliche Bewertung der mit der Herstellung oder Verwendung von Nanomaterialien verbundenen Risiken für die Gesundheit und Sicherheit von Mensch und Umwelt durchzuführen, um zu entscheiden, ob eine Anwendung zum gegenwärtigen Zeitpunkt erfolgen kann, oder um die Risiken mit Hilfe geeigneter Managementprozesse auszuschließen oder zu minimieren. Dies sollte nicht nur für die eigene Organisation erfolgen, sondern schließt ebenso Endverbraucher und Partner, insbesondere in der Lieferkette ein.

Es ist im Einzelfall sorgfältig zu prüfen, ob die Methoden und Vorgehensweisen zur Bestimmung und Beurteilung der Gefährdung durch herkömmliche Materialien mit größerer Partikelgröße geeignet sind, auch die gefährlichen Eigenschaften von Nanomaterialien und die damit verbundenen Risiken zu bestimmen und zu beurteilen. Bis zum Vorliegen wissenschaftlich basierter Erkenntnisse kann ein mögliches Gefährdungspotential eines bestimmten Nanomaterials nicht ausgeschlossen werden. In diesen Fällen ist das Vorsorgeprinzip (gemäß der EU Mitteilung vom Februar 2000) anzuwenden.

Zurzeit unvermeidbar verbleibende Wissenslücken sollten dokumentiert und im weiteren Risikomanagement entsprechend berücksichtigt werden. Die Organisation sollte sich entsprechend ihrer Möglichkeiten an der Sicherheitsforschung beteiligen.

Risiken, die möglicherweise außerhalb der eigenen Organisation auftreten können, sollten klar kommuniziert werden.

Bis zum Vorliegen einheitlicher weltweiter Standards zum Testen von Nanomaterialien (OECD Guidelines/Tests) sollte begründet werden, warum das angewandte Methodenspektrum als ausreichend betrachtet wird.

Prinzip 5: Verantwortung in der Wertschöpfungskette übernehmen

Alle Partner in der Wertschöpfungskette sind gemeinsam dafür verantwortlich, einen sicheren Umgang mit Nanomaterialien zu gewährleisten. Basis hierfür ist eine klare Zuordnung der Verantwortlichkeiten sowie ein etablierter Informationsfluss entlang der gesamten Wertschöpfungskette, und zwar in beide Richtungen im Sinne von REACH.

Aufgabe der Rohstoff-Hersteller ist es, die zentralen Basisdaten zu liefern, die eine toxikologische und ökotoxikologische Bewertung der Nanomaterialien und seiner vorgesehenen Anwendungen erlauben. Die Weiterverarbeiter ihrerseits geben den Rohmaterial-Herstellern Feedback über deren tatsächlichen Umgang mit den Rohstoffen und deren beabsichtigte Einsatzgebiete.

Das Sicherheitsdatenblatt hat für die Chemische Industrie, die die Rohstoffe liefert, eine zentrale Bedeutung für den transparenten Informationsfluss zu Arbeitsschutz und Umweltschutz entlang der Wertschöpfungskette. Die Angaben im Sicherheitsdatenblatt müssen sich auf das jeweilige Nanomaterial beziehen.

Zusätzlich oder in den späten Stufen der Wertschöpfungskette sollte die Nutzung weiterer Kommunikationsmittel erwogen werden, um einen transparenten Informationsaustausch über die Nanomaterialien zu etablieren. Beispiele sind technische Merkblätter mit Angaben zu speziellen technischen Aspekten der Nanomaterialien, wissenschaftliche Publikationen sowie Kongresse/Foren zur Verbreitung von Erkenntnissen aus der Sicherheitsforschung, das Internet z.B. auch für allgemeine Informationen zum sicheren Umgang und die Positionierung der Firmen zum Thema Nanotechnologie, direkte Gespräche mit Kunden oder gezielte Bildungsangebote zum Thema Risikobewertung und Arbeitsschutz.

Die Weiterverarbeiter werden die Rohmaterial-Hersteller bereits im Vorfeld analog zu REACH über neu geplante Anwendungen der Nanomaterialien oder deren Folgeprodukte informieren. So lässt sich frühzeitig klären, inwieweit die Rohstoffe für die neue Anwendung geeignet sind, ob die aktuellen Risikomanagement-Maßnahmen auch bei der neuen Anwendung Geltung haben oder ob sie – in Absprache – angepasst werden müssen.

Die Politik der Organisation zu Nanomaterialien einschließlich der Prinzipien für den verantwortungsvollen Umgang wird den jeweiligen Partnern mit dem Ziel transparent gemacht, dass auch diese ein entsprechendes Verhalten annehmen.

3.3 *Ausblick der AG 3: Nächste Schritte im Dialog*

- Der Dialog sollte um soziale und ethische Implikationen erweitert werden, insbesondere für, aber nicht beschränkt auf Nanomaterialien der ersten Generation. Hierbei sollte auch eine Diskussion über sinnvolle Anwendungen und die Frage einer informierten Wahlfreiheit von Verbraucherinnen und Verbrauchern geführt werden. Es sollte geprüft werden, ob dazu weitere Stakeholder einzubeziehen sind.
- Die „Empfehlungen für praxisnahe Umsetzungshilfen“ fokussieren derzeit den Arbeitsschutz. Sie sollten im nächsten Schritt um Maßnahmen zu den Bereichen Umwelt- und Verbraucherschutz erweitert werden.
- Im Sinne der Verständlichkeit von Informationen sind zielgruppenspezifische Angebote auszuarbeiten. Hierzu ist eine Verständigung zwischen allen beteiligten Interessengruppen erforderlich.

- Konkret vorgeschlagen wurde zum Umsetzungsmonitoring eine Veranstaltung im Herbst 2009 (Überprüfung erste Umsetzungsphase Prinzipienpapier) durch das BMU bzw. die Durchführung regelmäßiger Veranstaltungen zum Stand der Umsetzung. Außerdem sollte ein geeignetes Umsetzungskonzept 2008-2010 von Seiten der Wirtschaft entwickelt und präsentiert werden. Gegenwärtig ist z.B. noch unklar, wie ein Umsetzungserfolg bei breitem Branchenbezug gewährleistet und transparent gemacht werden kann.

3.4 *Einschätzung der NanoKommission zum den Ergebnissen der Arbeitsgruppe 3*

Manche Risiken können – auch unabhängig von der Forschung – mit angemessenen Vorsorgemaßnahmen vermindert oder sogar vermieden werden. Hier steht aktuell insbesondere der Arbeitsschutz mit angemessenen Herstellungsbedingungen und Schutzmaßnahmen im Fokus. Die Deutsche NanoKommission begrüßt die vorgeschlagenen Prinzipien zum verantwortungsvollen Umgang mit Nanomaterialien und die Empfehlungen aus AG 2 und AG 3, bei zu vielen Wissenslücken vorläufig auf Anwendungen zu verzichten, bis gesicherte Erkenntnisse vorliegen.

- Die NanoKommission empfiehlt Unternehmen - Herstellern und Anwendern -, das Prinzipienpapier für einen verantwortungsvollen Umgang in ihrem Unternehmen bis 2010 umzusetzen.
- Den Empfehlungen der Arbeitsgruppe folgend sollte das Angebot des VCI – optimalerweise in Kooperation mit anderen wesentlichen Branchen – angenommen werden, Ende 2009/ Anfang 2010 einen Fortschrittsbericht zum Stand der Umsetzung und ggf. zum Nachbesserungsbedarf zu liefern. Politik und NGO's sollten die Umsetzung ebenfalls kritisch begleiten und für eine Qualitätssicherung z.B. in einer Bilanzveranstaltung sorgen.
- Die NanoKommission stellt fest, dass die Arbeitsgruppe 3 sich in dieser Arbeitsperiode nicht mehr vertieft mit Fragen zu Meldeverfahren oder Kennzeichnung auseinandergesetzt hat.

Weitergehende Empfehlungen der NanoKommission:

- Die NanoKommission geht davon aus, dass zukünftig mehr Nano-Produkte und Anwendungen auch verbrauchernah zum Einsatz kommen. Weitgehende **Transparenz** über Nanomaterialien in Produkten und Anwendungen und die Bereitstellung spezifischer Informationen wird aus Sicht der NanoKommission ein wichtiger Erfolgsfaktor für die gesellschaftliche Akzeptanz sein.
- Hersteller und Anwender sollten sich der Tatsache bewusst sein, dass sie mit der Anwendung von Nanotechnologien und Nanomaterialien nicht nur ein neues **Marketingargument** in der Hand haben, sondern mit der Entscheidung zur bewussten Kommunikation auch das Image einer viel versprechenden Technologie mitgestalten. Hier gilt es, **Qualitätsstandards in der Anwendung und der Kommunikation** zu setzen.

- Ein Krisenfall bezüglich Kommunikation oder falscher Verwendung kann nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Mindestens Behörden sollten zukünftig über ein **Mindestmaß an Informationen** verfügen, um handlungs- und kommunikationsfähig zu sein. Dazu gehört die Information, welches Nanomaterial an welcher Stelle von wem eingesetzt wird. Im Sinne der Markttransparenz und des Schutzes von vertraulichen Informationen ist hier nach geeigneten **Mitteln der Informationsermittlung und -sammlung** zu suchen.
- Die NanoKommission stellt fest, dass der Bundesregierung rechtliche Instrumente zur Erfüllung der staatlichen Vorsorgepflicht in Bezug auf Nanomaterialien zur Verfügung stehen, die ggf. erweitert oder angepasst werden müssen. Es gibt hier eine Vielzahl von **Gesetzen und Verordnungen**, weil der Einsatz von Nanomaterialien auch entsprechend breit ist. Eine wesentliche rechtliche Grundlage zur Regulierung von Nanomaterialien ist REACH. Hier müssen in erster Instanz die Leitfäden und Anhänge, im Rahmen des Revisionsverfahrens, später auch der Gesetzestext selbst einer kritischen Überprüfung bezüglich notwendiger Anpassungen unterzogen werden. Das Ziel müssen aussagekräftige Sicherheitsdossiers auch für Nanomaterialien sein. Die NanoKommission empfiehlt – in Anlehnung an die Arbeit der CASG Nano auf der Ebene der europäischen Kommission – zukünftig vor allem an Anforderungen für aussagekräftige und transparente Dossiers in Bezug auf Nanomaterialien zu arbeiten.

Hierfür erachten die Umweltorganisationen eine gesonderte Behandlung von Nanomaterialien als Neustoffe im Sinne der europäischen Gesetzgebung für notwendig, wobei zugleich die Mengenschwellen für die Registrierung unter REACH für Nanomaterialien aufgehoben, oder deutlich abgesenkt werden sollen. Die in der NanoKommission mitwirkenden Industrievertreter weisen demgegenüber darauf hin, dass eine Behandlung von Nanomaterialien als Neustoffe nicht sinnvoll wäre und sogar dazu führen würde, dass für die Registrierung dieser Stoffe dann geringere Informationsanforderungen und in vielen Fällen die Ausnahmeregelungen für Stoffe in Forschung und Entwicklung gelten würden.

Die Behörden merken an, dass in Zukunft insbesondere auf der Grundlage der Arbeit in OECD-Gremien neue Ansprüche an Test- und Bewertungsmethoden gestellt werden. Diese Erkenntnisse sollten in das EU-Regelwerk (z.B. Testmethodenverordnung sowie Technische Leitfäden) integriert werden. Solche Fragen werden Gegenstand der Beratung auf nationaler und EU-Ebene sein. Neue Erkenntnisse sollten dazu auch in der 2. Phase der NanoKommission einbezogen werden.

III. Empfehlungen der Deutschen NanoKommission und Ausblick

1. *Ressortübergreifende Begleitforschung zur Sicherheits- und Risikoforschung*

Ein wichtiger Schritt zur Risikovermeidung ist, Wissen zu schaffen. Vor allem Wissen über möglicherweise schädliche Wirkungen von Nanomaterialien beim Menschen oder in der Umwelt oder auch über Wege, wie und wo Nanomaterialien freigesetzt werden können. Die NanoKommission begrüßt, dass die Bundesregierung ihre Bemühungen in diesem Forschungsfeld (NanoCare, NanoNatur, u.a.) in den vergangenen Jahren intensiviert hat und sich an dem Testprogramm der OECD beteiligt, durch das bis 2010 wesentliche Wissenslücken zu möglichen Risiken „gängiger Nanomaterialien“ gefüllt und Messmethoden angepasst werden sollen.

Zur schnellstmöglichen systematischen Schließung der Wissenslücken empfiehlt die NanoKommission über den Bericht der Arbeitsgruppe 2 hinaus der Bundesregierung,

- die ressortübergreifende Zusammenarbeit zur Sicherheits- und Risikoforschung mit den Schwerpunkten Arbeitsschutz, Gesundheitsschutz, Umweltschutz und Verbraucherschutz zu verstärken.
- Die dafür erforderlichen Mittel sind deutlich zu erhöhen. Die Wirtschaft sollte ihre Forschungsanstrengungen im Bereich der Risikoforschung ebenfalls verstärken.
- Die Forschungsarbeiten sollen im Dialog mit den Stakeholdern durchgeführt werden.
- Ergebnisse von Forschungsarbeiten sind in strukturierter Form der Gesellschaft insgesamt zugänglich zu machen.

Die sichere Handhabung von Nanomaterialien erfordert in vielen Fällen die Anwendung von **Schutzmaßnahmen**, die Gefährdungen für den Menschen am Arbeitsplatz und für Natur und Umwelt vermeiden. Die NanoKommission sieht daher das Bedürfnis, dass die in der betrieblichen Praxis bereits angewendeten Maßnahmen intensiver als bisher ermittelt und beschrieben werden. Insbesondere erscheint es sinnvoll, dass Unternehmen und Einrichtungen des

Bundes wie BAUA, UBA und BfR an der Ermittlung bewährter Praktiken mitwirken und diese der Öffentlichkeit zugänglich machen.

Die NanoKommission wird in ihrer nächsten Phase eine Zwischenbilanz der Forschungsanstrengungen der verschiedenen Bundesministerien und der Privatwirtschaft sowie Empfehlungen für Schutzmaßnahmen zusammenstellen.

2. Umsetzung der vorläufigen Bewertungskriterien und des Prinzipienpapiers

Die NanoKommission hat mit ihrer Arbeit in einigen wichtigen Bereichen Konsens über Inhalte eines sinnvollen Vorgehens in einer Übergangssituation unzureichenden Wissens erzielt.

Die NanoKommission empfiehlt:

- Die Ansätze für eine vorläufige Risikoabschätzung (Preliminary Riskassessment) und die Einordnung in die drei Kategorien geringe, mittlere oder hohe Besorgnis müssen weiter entwickelt werden: Erstens müssen den Kategoriendefinierte Bestimmungs- bzw. Messprozesse zugeordnet werden, mit deren Hilfe der Grad ihres Zutreffens ermittelt werden kann. Die Relevanz der einzelnen Kriterien für eine begründete Besorgnis oder Entlastung ist zudem nicht gleich. Das heißt, dass die Kriterien zum zweiten gewichtet werden müssen. Schließlich müssen drittens Zuordnungsregeln entwickelt werden, wie sich aus dem Zutreffen bzw. Nichtzutreffen der verschiedenen gewichteten Kriterien Hinweise ableiten lassen für bestimmte Maßnahmen des vorsorgeorientierten Risikomanagements. Die NanoKommission hält hier eine Weiterführung der Arbeiten für wichtig.

Hinsichtlich der Anwendung der vorläufigen Risikobewertung und des Prinzipienpapiers empfiehlt die NanoKommission:

- Eine **Ausweitung auf andere Branchen**, damit das Prinzipienpapier nicht nur in Unternehmen gilt, die Nanomaterialien produzieren, sondern dass es auch in den Unternehmen/Branchen Bindung entfaltet, die Nanomaterialien anwenden.

Dieser Weg baut auf der freiwilligen **Selbstverpflichtung** von Unternehmen/Branchen der Wirtschaft auf. An der Wirksamkeit eines solchen Weges besteht auf Seiten einzelner Stakeholder allerdings Zweifel, sie bevorzugen die Herstellung von **Rechtsverbindlichkeit** für die Anwendung der Prinzipien. Ungeachtet dieser Differenzen empfiehlt die NanoKommission:

- in der Verantwortung der NanoKommission 2010 ein Umsetzungsmonitoring auf der Basis von Berichten der Industrie zum Stand der Umsetzung durchzuführen, damit die breite Öffentlichkeit

sich ein Bild über den Stand der Umsetzung der Prinzipien in der Unternehmenspraxis machen kann und eine Qualitätssicherung des Prozesses erfolgt.

- Die Kriterien für ein Monitoring, die Form des Berichtes und Fragen der Ausgestaltung, der Qualitätssicherung und Kontrolle sind zu Beginn der nächsten Arbeitsphase im Rahmen der NanoKommission festzulegen.
- Die Namen der Unternehmen/Branchen sollten veröffentlicht werden, die sich zur Anwendung der Prinzipien verpflichtet haben.
- Das Prinzipienpapier ist im Licht der gewachsenen Erkenntnisse nach 2 Jahren zu überprüfen.

3. Markttransparenz für Verbraucherinnen und Verbraucher

Die NanoKommission geht davon aus, dass die Zahl der Nano-Produkte und Anwendungen – sie werden aktuell auf mindestens 800 geschätzt – weiter steigen wird. Die NanoKommission ist sich bewusst, dass zu einer neuen Innovationskultur auf dem Gebiet der Nanotechnologie eine bestmögliche Transparenz für Verbraucherinnen und Verbraucher durch Informationen über Nanomaterialien in Produkten und Anwendungen gehört. Sie empfiehlt, in geeigneter Weise:

- Die Schaffung einer unabhängigen Marktübersicht für Verbraucherinnen und Verbraucher über verfügbare Nanoprodukte, um verbraucherrelevante Informationen und neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu sammeln und in verständlicher Weise aufzubereiten. Informationen zu Inhaltsstoffen, Funktion, Wirkung und Sicherheit sind zusammen zu stellen. Hierbei sollten Verbraucher- und Umweltverbände einbezogen werden. Die NanoKommission wird die Umsetzung dieses Konzeptes begleiten.
- Zur Kommunikation der Ergebnisse sind neue Wege zu erarbeiten, wie die Öffentlichkeit insgesamt aber auch Expertinnen und Experten verschiedener Anspruchsgruppen angemessen informiert werden können.

4. Weiterführung des NanoDialogs/der NanoKommission

Die Mitglieder der NanoKommission gehen davon aus, dass der gesellschaftliche Diskurs zu Chancen und Risiken der Nanotechnologie in Deutschland weitergeht. Die Kommission empfiehlt eine Fortsetzung der Arbeit der NanoKommission für mindestens weitere zwei Jahre.

Die NanoKommission fasst im Folgenden erste Vorschläge zu möglichen Themen und Kommentare zur Verbesserung der Arbeitsformen zusammen, die auf den Erfahrungen der bisherigen Kommissionsarbeit aufbauen. Diese Vorschläge greifen jedoch der notwendigen, offenen Diskussion mit den zu beteiligenden Akteuren über den zukünftigen Arbeitsauftrag und die Arbeitsstruktur in keiner Weise vorweg.

Mögliche Themen:

- Diskussion von Regulierungsvorschlägen.
- Verbesserung der Verbraucherinformation.
- Erweiterung der Produktbereiche z.B. auf Lebensmittel und Kosmetik, sowie Ausweitung auf die Integration der nächsten Generationen von Nanomaterialien. Einzelne Stakeholder befürworten eine Ausweitung auf den Bereich der Medizin.
- Verstärkung der ganzheitlichen, am Lebenszyklus von Produkten ausgerichteten Betrachtung der Auswirkungen von Nanomaterialien und ihren Produkten unter den Gesichtspunkten Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz.
- Öffnung des Dialogs zu sozialen und, wo erforderlich, ethischen Implikationen der Entwicklung und Anwendung von Nanomaterialien unter Einbezug weiterer in diesem Kontext relevanter Stakeholder.
- Entwicklung von Verfahren zur Risikoabschätzung/ -bewertung und zum Risikomanagement als Vorstufe einer Regulierung.

Empfehlungen zur Arbeitsform:

- Stärkere Kommunikation der laufenden Arbeit und der Ergebnisse der NanoKommission an die Öffentlichkeit.
- Beteiligung an der internationalen Debatte zur Regulierung von Nanomaterialien der ersten Generation und Initiierung einer entsprechenden Debatte für weitere Generationen einschließlich weiter gefasster Nanotechnologien.
- Stärkere Einbeziehung der Wirtschaft aus dem Bereich der Nanomaterialien-Nutzer.
- Für die weitere Arbeit ist eine professionelle Unterstützung der Kommissionsarbeit durch eine Geschäftsstelle und die dafür erforderlichen Ressourcen notwendig. Die Arbeitsgruppen der NanoKommission sollten sich bei Bedarf durch eine unabhängige Moderation unterstützen lassen können.

IV. Anhang

Empfehlung für praxisnahe Leitfäden zur Umsetzung des Prinzipienpapiers

Die NanoKommission begrüßt die Initiative, ein Konzept zur Umsetzung der Prinzipien zum integralen Bestandteil der Vereinbarungen zu machen. Es wurde beschlossen, die Arbeit an den praxisbezogenen Leitfäden zur Umsetzung in der nächsten Phase der NanoKommission weiter zu führen. Der vorliegende Anhang ist aus einem Diskussionspapier entnommen, das in die AG3 eingebracht wurde und zeigt mögliche Themenschwerpunkte auf.

1. Schutzziele

In praxisnahen Umsetzungshilfen sollten alle drei Schutzziele

- Gesundheit,
- Umwelt und
- Nachhaltigkeit

gleichermaßen und - wenn möglich - integriert berücksichtigt werden (horizontale Integration). Die Schutzziele sind über den gesamten Lebenszyklus zu verfolgen und beziehen den Arbeitsschutz sowie den Verbraucherschutz mit ein.

2. Kommunikation in der Wertschöpfungskette

Bei Empfehlungen zur Kommunikation sollte die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt werden. Hierzu zählt die Forschung und Entwicklung, Herstellung, gewerbliche und private Verwendung sowie Entsorgung oder Verwertung. Ein wichtiger Schwerpunkt sind praxisnahe Leitfäden für die Kommunikation der Unternehmen mit vor- und nachgelagerten Stufen der Lieferkette (vertikale Integration). Bei der weiterführenden Arbeit kann auf einen bereits vorhandenen Leitfaden zur Kommunikation entlang der Lieferkette aufgebaut werden, der vom VCI in einem Stakeholder-Dialog erarbeitet wurde.

3. Methodische Gestaltung

Das in Praxisleitfäden beschriebene Vorgehen sollte den Anforderungen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses entsprechen. Folgende Elemente könnten integriert werden:

- Ermittlung und Dokumentation von Wissen und Nichtwissen (physikalisch-chemische, (öko-)toxische Eigenschaften und Expositionen)
- Ableitung und Umsetzung von Maßnahmen sowie deren Dokumentation (inkl. Begründung)
- Zusätzlich bei Nichtwissen: Dokumentation von identifiziertem Forschungsbedarf oder Begründung, weshalb Verzicht auf entsprechende Forschung gerechtfertigt erscheint

- Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Maßnahmen sowie Dokumentation der Überprüfungsergebnisse.

Als Beispiele wurden der Prozess der Gefährdungsbeurteilung, wie er in der TRGS 400 des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS) beschrieben ist, oder der im NanoRiskFramework von Environmental Defense und DuPont beschriebene Prozess genannt.

4. Schutzmaßnahmen (für den Bereich Arbeitsschutz)

Praxisnahe Leitfäden sollten Empfehlungen für Schutzmaßnahmen enthalten:

Generell ist darauf hinzuweisen, dass die Anwendbarkeit der Empfehlungen immer im Einzelfall zu prüfen ist. Außerdem sollten die empfohlenen Maßnahmen hinsichtlich der Bereiche Umweltschutz und Verbraucherschutz diskutiert werden. Dies gilt insbesondere für die Rangfolge der Schutzmaßnahmen und die Beachtung des Minimierungsgebots (insbesondere für freie Nanomaterialien).

- Substitution
- Technische Maßnahmen
- Organisatorische Maßnahmen
- Persönliche Schutzausrüstung

Bei der Prüfung der Wirksamkeit von Maßnahmen ist darauf hinzuweisen, dass eine Bestimmung der Exposition Bestandteil der Überprüfung sein sollte. Ferner sollten Expositionsmessungen oder -abschätzungen so dokumentiert werden, dass sie ebenfalls als Basis für personenbezogene Expositionsakten von Beschäftigten genutzt werden können.

In Bezug auf Beschäftigte, die Tätigkeiten mit Nanomaterialien ausüben oder die mit Nanomaterialien exponiert werden können, sollte darauf hingewiesen werden, dass eine arbeitsmedizinische Vorsorge vorzusehen ist. Ferner sollte für diese Beschäftigten ein gezieltes Einüben der entsprechenden Tätigkeiten vorgesehen werden.

5. Transparenz und Beteiligung von Interessengruppen

Bei der Konkretisierung der Kommunikationskonzepte sind interne und externe Interessengruppen zu berücksichtigen und zu beteiligen. Hierbei sollten die Umsetzungshilfen angeben, wie eine solche Beteiligung gewährleistet werden sollte. In Bezug auf die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer sind die einschlägigen Rechtsvorschriften des Betriebsverfassungsgesetzes zu berücksichtigen.

Ein wichtiges Element in praxisnahen Umsetzungshilfen könnten „Good Practice“ Beispiele sein.

Zusammensetzung der Deutschen NanoKommission und der Arbeitsgruppen

NanoKommission:

Vorsitz:	
Wolf-Michael Catenhusen	Staatssekretär a.D
Prof. Dr. Ulrich Buller	Fraunhofer Gesellschaft
Prof. Dr. Helmut Horn (bis 31.05.2008) Patricia Cameron (ab 01.06. 2008)	BUND
Michael Jung	Nanogate AG
Dr. Martin Kayser	BASF AG
Dr. Holger Krawinkel	Verbraucherzentrale Bundesverband
Dr. Uwe Lahl	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Dr. Klaus Mittelbach	Bundesverband der Deutschen Industrie (BDI) - bis Juni 2008 -
Dr. Thomas Müller-Kirschbaum	Henkel KGaA
Dr. Hanns Pauli	Deutscher Gewerkschaftsbund (DGB)
Dr. Gerd Romanowski	Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI)
Dr. Wolfgang Stöffler	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Prof. Dr. Arnim von Gleich	Universität Bremen
Dr. Hans-Jürgen Wiegand	Evonik Industries AG
Dr. Peter Wolfgardt	Bayer. Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz

Schlussberichtslegung: Wolf-Michael Catenhusen, Dr. Antje Grobe, Bianca Bendisch

AG 1:

Vorsitz:	
Prof. Dr. Ulrich Buller	Fraunhofer Gesellschaft
Bianca Bendisch	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
Monika Büning	Verbraucherzentrale Bundesverband
Dr. Wolfgang Dubbert	Umweltbundesamt
Dr. Christian Göbbert	ItN Nanovation AG
Dr. Andreas Gutsch	Li -Tec GmbH
Daniel Heubach	Fraunhofer - IAO
Prof. Dr. Helmut Horn	BUND
Joachim Hornung	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Dr. Jutta Kissel	BASF AG
Dr. Monika Kursawe	Merck KGaA
Dr. Peter Krüger	Bayer MaterialScience AG
Dr. Christian Leis	Osram GmbH
Dr. Wolfgang Luther	VDI Technologiezentrum GmbH
Ulrich Petschow	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung
Martin Rieland	Bundesministerium für Bildung und Forschung
Gabriele Süptitz	Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

AG 2:

Vorsitz:	
Prof. Dr. Arnim von Gleich	Universität Bremen
Katharina Adler	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
Dr. Rolf Buschmann	Verbraucherzentrale NRW
Prof. Dr. Rolf F. Hertel	Bundesinstitut für Risikobewertung
Dr. Kerstin Hund-Rinke	Fraunhofer - IME
Oliver Kalusch	Bundesverband Bürgerinitiativen Umweltschutz
Prof. Dr. Wilfried Kühling	BUND
Dr. Marion Oeben-Negele	Bayer HealthCare AG
Dr. Markus Pridöhl	Evonik Industries AG
Marianne Rappolder	Umweltbundesamt
Dr. Eberhard Schrader	Henkel KGaA
Dr. Petra Wolff	BMBF
Prof. Dr. Harald Krug	EMPA
Dr. Thomas Kuhlbusch	Institut für Energie und Umwelttechnik IUTA
Dr. Bruno Orthen	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Dieter Strupp	Ministerium für Umwelt - Niedersachsen
Dr. Karin Wiench	BASF AG

AG 3:

Vorsitz:	
Dr. Hans-Jürgen Wiegand	Evonic Industries AG
Dr. Markus Berges	Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften - BGIA
Dr. Axel Bosch	Wacker-Chemie AG
Patricia Cameron	BUND
Dr. Reinhard Ditz	Merck KGaA
Dr. Dietmar Eichstädt	Verband der deutschen Lackindustrie e.V.
Gabriela Fleischer	Verbraucherrat des DIN
Dr. Frank Groß	Nano-X GmbH
Dr. Reinhard Jung	Clariant Produkte (Deutschland) GmbH
Dr. Harry Keidel	Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz
Dr. Hans-Jürgen Klockner	Verband der Chemischen Industrie e.V.
Dr. Carolin Kranz	BASF AG
Dr. rer. nat. Andreas Leson	Fraunhofer - IWS
Dr. Barbara-Christine Richter	Bayer Material Science AG
Dr. Norbert Schröter	Deutsche Bauchemie e.V.
Dr. Heiner Wahl	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
Dr. Sieglinde Stähle	Bund für Lebensmittelrecht und Lebensmittelkunde (seit 2008)
Dr. Torsten Wolf	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Henning Wriedt	Kooperationsstelle Hamburg