

Forschungsstrategien zur Abschätzung des Potentials und Risiken der Nanotechnologie

Andreas Hensel

(Bundesinstitut für Risikobewertung, Thielallee 88-92, 14195 Berlin)

Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ist die wissenschaftliche Einrichtung der Bundesrepublik Deutschland, die auf der Grundlage international anerkannter wissenschaftlicher Bewertungskriterien Gutachten und Stellungnahmen zu Fragen der Lebensmittelsicherheit und des gesundheitlichen Verbraucherschutzes erarbeitet. Basierend auf der Analyse der Risiken formuliert das BfR Handlungsoptionen zur Risikominderung. Das Institut nimmt hiermit eine wichtige Aufgabe bei der Verbesserung des Verbraucherschutzes und der Lebensmittelsicherheit wahr.

Mit der Nanotechnologie ist in den letzten Jahren ein neues Aufgabenfeld entstanden, das bereits seit geraumer Zeit durch das BfR intensiv bearbeitet und dem eine hohe Bedeutung beigemessen wird. Neben einer umfassenden, ressortübergreifenden Abstimmung des Forschungsbedarfes und der Realisierung eigener Forschungsprojekte in der Risikoforschung steht dabei auch die Frage der Risikokommunikation im Fokus. Die faire und frühzeitige Kommunikation über Möglichkeiten und Risiken der Nanotechnologie mit allen beteiligten Interessensgruppen aus Wissenschaft, Politik, Verbänden und Gesellschaft wird entscheidend für den gesellschaftlichen Umgang mit dieser Technologie werden. Die Basis für Risikokommunikation und gesellschaftlichen Diskurs ist jedoch ein möglichst fundiertes Wissen über Exposition und Toxizität von Nanopartikeln einschließlich der zur Wissensgenerierung notwendigen Analytik.

Die Nanotechnologie gilt als eine wichtige Zukunftstechnologie. Dabei ist ihr Einsatz nicht neu: Sie hat bereits vor Jahrzehnten in Lacken oder Medikamenten Einzug gehalten, wenn auch noch nicht unter diesem Namen. Inzwischen wird die Nanotechnologie in vielen Bereichen des täglichen Lebens wie kosmetischen Produkten, Lebensmitteln und Bedarfsgegenständen gezielt eingesetzt, ohne dass dies für Verbraucher ersichtlich ist. Eine Kennzeichnungspflicht für Nanoprodukte gibt es bisher (noch) nicht. Dies sowie die damit verbundene Wahlfreiheit des Verbrauchers ist eine der zentralen Forderungen, die auf der ersten BfR-Verbraucherkonferenz zu: „Nanotechnologie in Lebensmitteln, Kosmetika und Textilien-Verbrauchervotum zur Nanotechnologie (Berlin, 20. November 2006)“ (1) seitens der in diesem Verfahren involvierten Verbraucher artikuliert wurde.

Industrie, Wissenschaft und auch Verbraucher versprechen sich durch den Einsatz von Nanomaterialien bessere Produkteigenschaften. Es stellt sich aber die Frage, ob von den neuen Nanoprodukten unbekannte Risiken für den Menschen ausgehen können. Insbesondere Nanopartikel, die in ungebundener Form vorliegen, könnten zu einem spezifischen Gesundheitsrisiko werden.

Die Nanotechnologie¹ bietet als wichtige Zukunftstechnologie die Möglichkeit, durch intensive Forschung und effektive Umsetzung der Forschungsergebnisse in innovative Produkte die ökonomische Entwicklung langfristig positiv zu beeinflussen. Die toxikologischen und ökotoxikologischen Risiken, die mit dieser expandierenden Technologie („Emerging Technologies“) verknüpft sind, können derzeit noch nicht abschließend beurteilt werden. Die Nanotechnologie rückt zunehmend ins Licht der Öffentlichkeit, wird momentan jedoch noch nicht in stärkerem Maß mit der Sorge um die Gesundheit und Umwelt verknüpft. Dies könnte sich in den nächsten Jahren ändern, wenn von den Medien vermehrt auf gesundheits- oder umweltschädliche Inhaltsstoffe, die mit Nanotechnologie in Verbindung gebracht werden, hingewiesen wird. Obwohl Nanomaterialien in immer mehr Produkten Anwendung finden, weiß mehr als die Hälfte aller Deutschen kaum etwas über Nanotechnologie, ihren Einsatz und ihre möglichen Risiken. Die diesbezüglichen Bewertungen müssen daher für die Öffentlichkeit, Wissenschaft und andere beteiligte oder interessierte Kreise transparent dargestellt und nachvollziehbar sein.

Um abzuschätzen, ob von Nanoprodukten spezifische gesundheitliche Risiken ausgehen, ist es wichtig zu wissen, ob die eingesetzten Nanomaterialien in einer Matrix gebunden oder ungebunden im Produkt vorliegen. Insbesondere freie Nanopartikel, Nanoröhrchen oder Nanofasern könnten durch ihre geringe Größe, ihre Form, ihre hohe Mobilität und höhere Reaktivität gesundheitliche Risiken bergen.

Ungebundene Nanopartikel könnten auf drei Wegen in den menschlichen Organismus gelangen und dort unter Umständen toxische Wirkung entfalten: über die Atemwege, die Haut und den Magen-Darm-Trakt. Die größten Risiken werden derzeit in der Einatmung von Nanopartikeln gesehen. Das Eindringen von Nanopartikeln durch die intakte menschliche Haut kann nach derzeitigem Stand des Wissens weitgehend ausgeschlossen werden. Ob es Risiken durch die Aufnahme von Nanopartikeln über den Magen-Darm-Trakt gibt, ist bislang noch nicht bekannt, wird aber nicht zuletzt am Bundesinstitut für Risikobewertung erforscht.

¹ Nanotechnologie bezeichnet die Herstellung, Untersuchung und Anwendung von Strukturen, molekularen Materialien, inneren Grenzflächen mit mindestens einer kritischen Dimension unterhalb 100 nm.

Die potentiellen Eintrittspfade von Nanopartikeln in den menschlichen Körper sind im Folgenden kurz beschrieben, wenngleich diese Darstellung keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann.

Dermale Wirkungen

Aus kosmetischen Mitteln, aber auch über entsprechend behandelte Textilien ist eine dermale Aufnahme möglich. Die Verwendung von mikrofeinem Titandioxid und mikrofeinem Zinkoxid als UV-Filter in Sonnenschutzmitteln ist seit langem bekannt. In einer *in-vitro* Untersuchung mit Sonnenschutzmitteln wurde für diese beiden Substanzen kürzlich gezeigt, dass sie nicht durch die Haut penetrieren (Gamer AO, Leibold E, van Ravenzwaay B, The in vitro absorption of microfine zinc oxide and titanium dioxide through porcine skin. Toxicol in vitro 20, 2006, 301-7). Informations- und Forschungsbedarf besteht jedoch bezüglich möglicher Anwendungen weiterer Nanopartikel in kosmetischen Mitteln.

Für einige Nanopartikel, die im Kosmetik-Bereich eingesetzt werden, wurden bereits erste Risikobeurteilungen durchgeführt. So ist das Verhalten von Nanopartikeln aus Titandioxid und Zinkoxid auf der Haut gut untersucht. In mehreren Experimenten wurde bestätigt, dass diese Nanopartikel nicht in gesunde Hautzellen des Menschen eindringen, sondern auf der Hautoberfläche verbleiben. In tiefere Hautschichten gelangen sie zwar über die Haarfollikel (Wurzelscheide), wo sie dann einige Zeit verbleiben, aber nicht weiterwandern. Das Haarwachstum befördert sie später wieder an die Hautoberfläche.

Inhalative Wirkungen

Bislang ist dem BfR kein Fall bekannt, in dem Gesundheitsschäden nachweislich durch Nanopartikel oder Nanomaterialien ausgelöst wurden. Die nach der Anwendung von so genannten Nano-Versiegelungssprays aufgetretenen, zum Teil schweren Gesundheitsstörungen sind nach Erkenntnissen des BfR nicht auf Nanopartikel zurück zu führen. Mehr als 110 zum Teil schwere Fälle von Gesundheitsstörungen waren den Giftinformationszentren und dem BfR Ende März 2006 gemeldet worden, nachdem Verbraucher die Produkte Magic-Nano-Glasversiegeler und Magic-Nano-Keramikversiegeler in Spraydosen mit Treibgas bestimmungsgemäß angewandt hatten. Zunächst wurde vermutet, dass Nanopartikel an den Lungenfunktionsstörungen beteiligt waren. Die Produkte enthielten jedoch nach Angaben der Hersteller und nach Untersuchungen, die das BfR veranlasste, keine Partikel in Nano- Abmessungen. Es ist noch immer unklar, wodurch die Atemstörungen ausgelöst wurden.

Orale Wirkungen

Eine orale Exposition ist durch den Verzehr Nanopartikel-haltiger Lebensmittel möglich. Sie kann jedoch auch erfolgen, wenn Nanopartikel aus Verpackungsmaterialien auf Lebensmittel übergehen. In diesem Zusammenhang besteht neben dem Informationsbedarf über derartige Lebensmittel und Verpackungsmaterialien Forschungsbedarf sowohl zur Frage der

Absorption im Verdauungstrakt und der damit verbundenen systemischen Verfügbarkeit und möglichen Anreicherung in bestimmten Kompartimenten oder Organen als auch zum Migrationsverhalten verschiedener Nanopartikel aus Verpackungsmaterialien für Lebensmittel.

Nanoprodukte bestehen allerdings bislang meist aus Strukturen, in denen Nanopartikel fest in eine Matrix oder eine flüssige Suspension eingebettet sind. Zudem weisen Nanopartikel die Tendenz auf, sich zu größeren Verbänden zusammenzuballen, die dann in der Regel größer als 100 nm sind. Toxische Wirkungen von Nanopartikeln, die auf ihrer geringen Größe und höheren Reaktivität beruhen, sind dann nicht mehr relevant.

In diesem Zusammenhang sei auch auf die Verpflichtung der Hersteller verwiesen, die Sicherheit ihrer Produkte zu garantieren. Dieser Fakt, behördliche Kontrollen und wissenschaftlich unabhängige Risikoforschung unter anderem durch das BfR bieten so dem Verbraucher ein hohes Maß an Sicherheit.

Es wird erwartet, dass die Bedeutung der Nanotechnologie weiterhin zunimmt und dass in zunehmendem Maße Arbeitnehmer und Verbraucher und die Umwelt exponiert werden. Daher ergibt sich die Notwendigkeit, die Entwicklung der neuen Technologie zu begleiten, die Chancen und Risiken in einem transparenten Prozess abzuwägen und mit etablierten Technologien zu vergleichen.

Zu diesem Zweck erfolgte bereits frühzeitig eine Auseinandersetzung mit diesem Thema, welche neben der Förderung der Technologie als Wirtschaftsfaktor auch eine begleitende Risikoforschung beinhaltet. Im Folgenden werden ausgewählte Initiativen kurz vorgestellt.

Am 11./12. Oktober 2005 startete der BMU-Nano-Dialog mit einer Tagung mit 170 geladenen Akteuren aus Wissenschaft und Forschung, Industrie, Verwaltung und NGOs. Die Veranstaltung war ein großer Erfolg und ein wesentlicher Baustein für den Informationstransfer und zur Vernetzung der Akteure.

„...Einige zentrale Ergebnisse und Einschätzungen der Teilnehmenden:

- Nanopartikel und nanotechnologische Produktionsverfahren besitzen enorme wirtschaftliche Entwicklungspotenziale und bieten Möglichkeiten, Ressourcen zu schonen und Energie zu sparen.
- Wichtig sei, mögliche schädliche Wirkungen von künstlich hergestellten Nanopartikeln frühzeitig zu untersuchen. Für eine abschließende Risikobewertung sind weitere Daten und Informationen notwendig. Aktuell stellt sich vor allem die Frage: Welche

Nanopartikel werden wo verwendet (Anwendungen, Produkte) und an welchen Stellen kommen Mensch und Umwelt mit Nanopartikeln in Berührung (Exposition)?

- Die anstehenden Aufgaben können nach Ansicht der teilnehmenden gesellschaftlichen Akteure nur gemeinsam im Dialog bewältigt werden. Deswegen soll der begonnene Dialog weitergeführt werden. ...“(2)

Eine vergleichbare Einschätzung findet sich bei der "Nano-Initiative - Aktionsplan 2010" des Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) Diese schafft für die Gesamtheit der Forschungsaktivitäten einen einheitlichen und ressortübergreifenden Aktionsrahmen.

„...In Abstimmung des BMBF mit den Bundesministerien für Arbeit und Soziales (BMAS), Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV), Verteidigung (BMVg), Gesundheit (BMG), und Wirtschaft und Technologie (BMW) wurden die Voraussetzungen geschaffen um:

- die Umsetzung nanotechnologischer Forschungsergebnisse in vielfältige Innovationen zu beschleunigen und weitere Branchen und Unternehmen an die Nanotechnologie heranzuführen. Dazu muss Nanotechnologie aus den Laboren in die Unternehmen geholt werden. Als Mittel dazu initiieren unter anderem BMBF und BMWi Branchendialoge zu Information über die Nutzungsmöglichkeiten der Nanotechnologie in neuen Industriezweigen, fördern neue Leitinnovationen, und unterstützen kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) bei der Nutzung von Nanotechnologie.
- durch eine frühzeitige Abstimmung der verschiedenen Politikfelder, Innovationshemmnisse zu beseitigen und Rahmenbedingungen zu verbessern. Dazu werden unter anderem die Arbeit der beteiligten Ressorts besser abgestimmt, Nachwuchs gefördert, und die Normung unterstützt.
- einen intensiven Dialog mit der Öffentlichkeit über Chancen der Nanotechnologie, einschließlich einer Risikobetrachtung zu führen. Dazu werden unter anderem die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt untersucht, eine gemeinsame Strategie zu Umweltrisiken von unlöslichen Nanopartikeln entwickelt und moderne Mittel zur Information und Beteiligung der Öffentlichkeit ausgebaut....“ (3)

Der letzte Punkt beinhaltet dabei die Forderung, den Kenntnisstand über mögliche Umwelt- und Gesundheitsfolgen durch Freisetzung von Nanopartikeln für eine bessere Einschätzung des Gefährdungspotenzials zu erweitern. Durch das BMBF wurden daher beispielsweise die

Projektcluster NanoCare (Projekte NanoCare, INOS und TRACER) initiiert (<http://www.nanopartikel.info/>). In den Projekten werden mögliche Risiken im Umgang mit neuen nanoskaligen bzw. nanostrukturierten Materialien gemeinsam von Wissenschaft und Industrie frühzeitig untersucht und die Ergebnisse im Dialog mit interessierten gesellschaftlichen Gruppen und der Öffentlichkeit kommuniziert.

Ausgehend von der oben genannten Initiative des BMBF wurde durch die dem BMAS, BMU und BMELV nachgeordneten Behörden, der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), dem Umweltbundesamt (UBA) sowie dem Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) ein vorläufiges Konzept erarbeitet. Dies wird künftig die koordinierte und effektive Forschung für eine umfassende Beschreibung und Bewertung der toxikologischen und ökotoxikologischen und die resultierenden Empfehlungen (z. B. Einstufungen, Grenzwerte, Empfehlungen zum Umgang) auf einer validen und umfassenden Grundlage ermöglichen. Der folgende Auszug aus dem Forschungskonzept verdeutlicht anschaulich die Probleme bei der Bewertung von Nanopartikeln und den daraus resultierenden Schwerpunktsetzungen für die Forschung. (4)

„...Auf Grund der bisherigen Kenntnisse sind insbesondere die unlöslichen und schwer löslichen Nanopartikel² toxikologisch relevant. Daher und zur sinnvollen Begrenzung des Themas bezieht sich die vorliegende Forschungsstrategie auf diese Nanopartikel und den Bereich der Chemikaliensicherheit an Arbeitsplätzen und im Verbraucher- und Umweltbereich. In der Chemikaliengesetzgebung ist für die weit verbreiteten Nanopartikel, wie z. B. Titandioxid, Zinkoxid, Eisenoxid, Siliziumdioxid oder „Carbon Black“, die eine nanoskalige Modifikation eines HPV³-Altstoffes mit der selben CAS-Nr. darstellen, keine Verpflichtung zur Prüfung (z. B. toxikologische Studien) und Bewertung verankert. Auch in den Bereichen Lebensmittel, Bedarfsgegenstände und kosmetische Mittel sind Nanopartikel bisher nicht speziell geregelt. So sind beispielsweise in den Reinheitskriterien für die zugelassenen Lebensmittelzusatzstoffe Siliziumdioxid (E 551) und Titandioxid (E 171) keine Partikelgrößen festgelegt.

Da die Exposition von Mensch und Umwelt, die toxikologischen und ökotoxikologischen Eigenschaften und Risiken noch nicht beurteilt werden können, wird allgemein die Notwendigkeit gesehen, weitere Untersuchungen durchzuführen und durch Forschungs- und Bewertungsaktivitäten die Wissenslücken zu schließen. Ähnlich wie in der technologisch

² Unter Nanopartikel werden hier beabsichtigt hergestellte granuläre Partikel, Röhren und Fasern mit einem Durchmesser <100 nm (inklusive deren Agglomerate und Aggregate) mindestens in einer Dimension verstanden, die in biologischen Systemen eine geringe Löslichkeit zeigen. Aufgrund der bisherigen Kenntnisse sind insbesondere diese Partikel toxikologisch relevant.

³ HPV-Chemikalien: Chemikalien, die in großen Mengen hergestellt werden. Chemikalien, die in der EU in Mengen über 1000 Tonnen pro Jahr pro Hersteller oder Importeur in Verkehr gebracht werden.

orientierten Forschung wird auch in der Sicherheitsforschung eine Loslösung von der reinen Grundlagenforschung und eine Neuorientierung eingefordert, die die Umsetzung der Ergebnisse in risikoorientierte und umfassende Bewertungen (bzw. Maßnahmenempfehlungen) und die Abdeckung der relevanten toxikologischen und ökotoxikologischen Endpunkte ermöglicht. Außerdem wird eine Balance zwischen *in vitro*- und *in vivo*-Methoden avisiert, die wesentlich durch die Aussagekraft der *in vitro*-Methoden beeinflusst wird.

Um die Akzeptanz der Nanotechnologie in der Öffentlichkeit zu fördern, sollte sozialwissenschaftlich angelegte Begleitforschung durchgeführt werden und die Diskussion der Risiken transparent unter Beteiligung aller interessierten Kreise der Gesellschaft erfolgen (siehe z. B. <http://www.dialog-nanopartikel.de/downloads.html>).

Es sollte allerdings auch berücksichtigt werden, dass Partikel der Nanoskala nicht vollkommen neu sind. Seit langer Zeit gelangen natürliche und unbeabsichtigt hergestellte Partikel dieser Größe in die Umwelt und führen zur Exposition von Mensch und Umwelt. Ziel dieser Forschungsstrategie ist es, das Forschungsgebiet zu strukturieren, die Messung der Partikel (Metrologie) zu entwickeln, Informationen zur Exposition, zu toxikologischen und ökotoxikologischen Wirkungen zu erheben, die Entwicklung einer ausgereiften risikobezogenen Teststrategie und Bewertungsstrategie zu fördern, vorhandene Elemente einer Teststrategie zu etablieren, Stoffe von besonderer Bedeutung in den Fokus der Bewertung zu rücken und insbesondere die Eignung der Daten, die mit Forschungsgeldern der öffentlichen Hand erhoben werden, für regulatorische Fragestellungen (z. B. Grenzwerte, Einstufungen, Empfehlungen zum Umgang) sicherzustellen. Außerdem sind Projekte zur Risikokommunikation eingeschlossen....“)...“ (4)

Unbestritten ist, dass bei der Bewertung des gesundheitlichen Risikos von Nanopartikeln momentan noch Fragen offen sind. Weitgehend unbekannt sind die denkbaren besonderen toxischen Eigenschaften, die auf der Nanoskaligkeit solcher Partikel beruhen. Auch zur Exposition des Menschen gegenüber Nanopartikeln liegen bislang nur wenige Daten vor. Die Erarbeitung von geeigneten Teststrategien zur Ermittlung möglicher gesundheitlicher Risiken sowie zur Beantwortung offener methodischer Fragen bildet daher einen Schwerpunkt der gemeinsamen Forschungsstrategie von BAuA, UBA und BfR.

Bislang wurden vom BfR folgende Aktivitäten zum Einsatz der Nanotechnologie im Bereich der Lebensmittel durchgeführt:

- Stellungnahme zur „Anwendung von Nanotechnologie im Bereich Lebensmittelzusatzstoffe“ (Juli 2005)

- Literaturrecherche zur „Anwendung der Nanotechnologie in Materialien für den Lebensmittelkontakt“ (November 2005)
- Expertengespräch zur Anwendung der Nanotechnologie u. a. im Bereich Lebensmittel (März 2006)
- Verbraucherkonferenz zur Wahrnehmung der Nanotechnologie u. a. im Bereich Lebensmittel (September – November 2006)
- Delphi-Befragung zu Risiken nanotechnologischer Anwendungen u. a. im Bereich Lebensmittel (Juni – Dezember 2006)
- Sonderforschungsprojekt zur Resorption mikro- und nanoskaliger Phytosterolformulierungen im humanen Darm-Barriere-Zellmodell Caco-2 und genotoxische Charakterisierung (2006/2007)

Für eine orientierende Bewertungsgrundlage hinsichtlich möglicher Risiken für verbrauchernahe Anwendungen hat das Bundesinstitut für Risikobewertung in Berlin 2006 gemeinsam mit dem Zentrum für Interdisziplinäre Risikoforschung und Nachhaltige Technikentwicklung (ZIRN) der Universität Stuttgart eine Experten-Delphi-Befragung zu Nanotechnologie durchgeführt.

In den ersten drei Frageblöcken wurden die Expertinnen und Experten zum wirtschaftlichen Potenzial, zur Toxizität und zur Exposition von Nanomaterialien befragt. Im Frageblock vier standen dann 30 konkrete Anwendungsbeispiele auf dem Prüfstand. Weitere Frageblöcke beschäftigten sich mit gesellschaftlichen Aspekten der Risikobewertung, wie z. B. der Kennzeichnung, Fragen der Regulierung bzw. freiwilliger Selbstverpflichtungen sowie Handlungsstrategien zur Risikovermeidung, Risikominimierung und Risikokommunikation. Generell prognostizierten die Expertinnen und Experten für alle derzeit eingesetzten Nanomaterialien einen moderaten bis starken Anstieg des Verbrauchs.

Nanomaterialien in Form von Aerosolen werden von Seiten der Experten als „Gruppe mit besonders hohem toxischen Potenzial“ betrachtet. Die Ergebnisse machen deutlich, dass eine inhalative Exposition in jedem Fall zu vermeiden ist und entsprechende Arbeitsschutzmaßnahmen durchzuführen sind.

Die Expertenbefragung zeigte, dass sich Aussagen zur Toxizität von Nanomaterialien zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht an Stoffen oder Stoffgruppen sinnvoll festmachen lassen. Zur Bewertung der Toxizität von Nanomaterialien müsse nach Meinung der Expertinnen und Experten vielmehr eine auf den Einzelfall abgestimmte Vielzahl von Faktoren herangezogen werden. In diesem Falle ständen die Behörden vor der umfassenden Herausforderung von Einzelfallbewertungen.

Die Experten listeten 18 Kriterien auf, die zur Einzelfallbewertung herangezogen werden müssten. Dies hätte eine weit reichende Auswirkung auf die Zusammenarbeit zwischen

Behörden und Unternehmen, die einen Großteil der Verantwortung für den Aufbau einer solchen Datenlage übernehmen müssten.

Auch wenn einzelnen Substanzen z. B. im inhalativen Bereich ein hohes Risikopotenzial zugewiesen wurde, so traf dies eher für den Bereich des Arbeitsschutzes zu und weniger für die Anwendung in Verbraucherprodukten. Kein einziges Produkt fiel unter die Kategorie „hohes toxisches Potenzial“. Zwanzig von dreißig abgefragten Produkten wurde „kein toxisches Potenzial“ zugewiesen. Acht von dreißig Produkten wurde ein „geringes toxisches Potenzial“ zu gewiesen. Eine Anwendung besaß nach Ansicht der Experten „kein bzw. ein geringes toxisches Potenzial“ und einer Anwendung (Fullerene in Kosmetik) wurde ein „mittleres toxisches Potenzial“ zugewiesen.

Insgesamt sprach sich die Mehrheit der Experten klar gegen eine eigene „Nano-Regulierung“ und für eine moderate Anpassung der Regulierung aus. Freiwillige Selbstverpflichtungen der Industrie erhielten auch von den übrigen Stakeholdern hohe Zustimmungswerte. Dort wurden diese Maßnahmen allerdings als notwendige, teils bereits bestehende Ergänzung zu regulativen Anpassungen gesehen.

Weiterführende Literatur

1. BfR-Verbraucherkonferenz zur Nanotechnologie in Lebensmitteln, Kosmetika und Textilien (Verbrauchervotum zur Nanotechnologie vom 20.11.2006)
(http://www.bfr.bund.de/cm/220/verbrauchervotum_zur_nanotechnologie.pdf)
2. Dialog zur Bewertung von synthetischen Nanopartikeln in Arbeits- und Umweltbereichen-Ergebnisse und Vorträge des Workshops vom 11. und 12. Oktober 2005 im Bundesumweltministerium Bonn
http://www.bmu.de/gesundheit_und_umwelt/aktuell/doc/35808.php
3. Nano-Initiative – Aktionsplan 2010 des BMBF
(http://www.bmbf.de/pub/nano_initiative_aktionsplan_2010.pdf)
4. Nanotechnologie: Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanopartikeln (Entwurf einer Forschungsstrategie vom 01.08.2006)
(http://www.bfr.bund.de/cm/220/nanotechnologie_gesundheits_und_umweltrisiken_vo_n_nanopartikeln_forschungsstrategie_entwurf.pdf)
5. Ausgewählte Fragen und Antworten zur Nanotechnologie (FAQ vom 15.11.2006)
(http://www.bfr.bund.de/cm/276/ausgewaehlte_fragen_und_antworten_zur_nanotech_nologie.pdf)