Ev. Akademie Iserlohn, 04. – 06.05.2007

Wilfried Kühling

Auswirkungen auf Umwelt und Gesundheit, soziale und ethische Konsequenzen

---

- Vorbemerkung
- Auswirkungen auf Mensch und Umwelt (Übersicht)
- Verfügbare und voraussichtliche Anwendungen (Auswahl)
- Einige mögliche Konsequenzen

---

1. Vorbemerkung

„Der Mensch ist in diesem Moment Zeitzeuge und Gestalter einer zweiten Genesis, einer grundlegend neuen Evolution von materiellen Strukturen, die wir heute noch nicht einmal richtig benennen können."

(Physiknobelpreisträger Gerd Binnig, zit. Boeing 2004, S. 5)

→Charakter der Nanotech-Revolution, mögliche Auswirkungen?

Ausgangssituation

- Durch zunehmenden Einsatz synthetischer Nanopartikel ist zukünftig mit einem vermehrten Eintrag in den menschlichen Organismus und die Umweltmedien Boden, Wasser und Luft zu rechnen.
- Bt-Drucksache 16/2322 v. 31.07.2006:
  - „Bisher sind nur Teilbereiche der Wirkungen von Nanopartikeln untersucht."
  - „… zur endgültigen Abklärung des Verhaltens und der Auswirkungen von Nanopartikeln sind noch weitere Untersuchungen erforderlich."

---

2. Allgemeine Auswirkungen (Übersicht)

- Das Dilemma an Nanopartikeln ist, dass genau diejenigen Eigenschaften, durch die ein potenzieller Nutzen entsteht, auch diejenigen sind, durch die ein mögliches Risiko begründet wird.
- Wirkung von Nanopartikel zu Nanopartikel (Form und Art) unterschiedlich, die Wirkung ist zelltypspezifisch und hängt wesentlich von der Anwendungs- bzw. Expositionsform ab.
- Größte Risiken gehen von Nanomaterialien aus, die als freie Partikel in Produkten enthalten sind. Solange Nanopartikel fest in Materialien eingebunden sind, ist eine Gefährdung weniger wahrscheinlich (Entsorgung, Verwitterung?).

Allgemeine Auswirkungen (Übersicht)

- Nanopartikel können in lebende Zellen gelangen. Sie haben das Potential, sich in Organismen anzusammeln und sich über die Nahrungskette anzureichern. Besonders kritische Eigenschaft von Nanopartikeln: einige können die Blut-Hirn-Schranke, Plazentaschranke und Zellmembran passieren.
- In geschlossenen Systemen kann eine Exposition der Umwelt weitgehend ausgeschlossen werden (Unfälle? Unachtsamkeit? Sabotage?).
- Auch bei Nanomaterialien ist die Betrachtung des gesamten Lebensweges die Voraussetzung für die Bewertung einer Umwelt-/ Gesundheitsgefährdung.

2.1 Gesundheitliche Auswirkungen (Übersicht)

- Atemwege wahrscheinlich der bedeutendste Aufnahmeweg.
- Über die Haut sind prinzipiell zwei Aufnahmewege von Nanopartikeln denkbar: Partikel können über Zwischenräume der oberen Hautschicht und über die Haarwurzeln in die Haut gelangen.
- Neben einer gezielten Aufnahme von Nanopartikeln durch den Mund (z. B. in Arzneimitteln) ist auch die unbeabsichtigte orale Aufnahme in Betracht zu ziehen (Zusätze in Nahrungsmitteln).
- Prinzipiell kann der Darm unlösliche Partikel aufnehmen (Lymphsystem).
- Bei Nervenzellen wurde beobachtet, wie sich Partikel entlang der Nervenfortsätze bewegen.
- Verhalten der nicht-abbaubaren Nanopartikel: Vermutet wird Akkumulation besonders in Entgiftungsorganen.

2.2 Ökotoxikologische Wirkungen (Auswahl)

- Wasserflöhe können bereits bei relativ niedrigen Konzentrationen von C60-Molekülen („Buckminster-Fulleren") und nanoskaligem Titandioxid im Wasser sterben.
- Versuche an jungen Forellenbarschen zeigen, dass C60-Nanopartikel das Gehirn bereits bei geringen Konzentrationen schädigen.
- Bei Zebrafischembryonen verzögerten Carbon-Nanoröhrchen den Schlupf des Nachwuchses.
- Die bakterizide Wirkung einiger Nanomaterialien könnte in Kläranlagen zu einer Veränderung der mikrobiellen Zusammensetzung im Wasser führen.
- Versuche mit Aluminium-Nanopartikeln zeigten ein reduziertes Wurzelwachstum bei verschiedenen Nutzpflanzen.
- Nanopartikel können die mikrobielle Zusammensetzung im Boden stören.

3. Anwendungen (Auswahl)*

- Bedarfsgegenstände:
  - Textilien mit Schmutz abweisender Oberfläche,
  - Wäsche-Produkte mit antibakteriellen, silberummantelten Fasern,
  - Textilien, die Gerüche aufnehmen,
  - UV-Schutzkleidung
- Spielwaren:
  - Schreib-, Mal- und Zeichengeräte mit Rohstoffen, deren Korngrößen in den Nanobereich hineinreichen (Lacke, Malfarben, Feststoffminen, Modelliermasse)
- Wasch-, Pflege- und Reinigungsmittel:
  - Antibackmittel in pulverförmigen Reinigungsmitteln,
  - Dispersionen in Bodenwischpflege- und -reinigungsmitteln, Sanitärreinigern und Glasreinigern
  - Stein- und Holzpflegemittel,
  - Imprägnierung von Glasscheiben, Leder, Lack

*) Bericht des BMELV v. Dez. 2006

Voraussichtliche Anwendungen (Auswahl)*

- Nanotechnologie im Lebensmittelbereich:
  - als Rieselhilfen, Trennmittel, Fließregulierungsmittel,
  - zur Färbung von Lebensmitteln oder als Filtermaterialien in der Lebensmittelverarbeitung,
  - Verbesserung der Stabilität und Lebensdauer von Lebensmitteln,
  - der Erhöhung der Bioverfügbarkeit von wichtigen Inhaltsstoffen,
  - Verbesserung optischer Eigenschaften, Geschmack und Konsistenz (Kraft Food: Nanocontainer-Transportmoleküle)
- Insbesondere unlösliche Nanopartikel; bisher noch keine wesentliche Bedeutung (*freiwillige Angaben*)

*) Bericht des BMELV v. Dez. 2006

4. Soziale und ethische Konsequenzen

- Technische Umwälzungen des 20. Jh. haben vor allem industrialisierte Gesellschaften dramatisch verändert mit sozialen, ökonomischen und ökologischen Verwerfungen, die eine Technikfolgenabschätzung begründet haben.
- Diese ist bislang jedoch häufig reaktiv erfolgt. Ursachen:
  - zunehmende Komplexität von Technologien,
  - in unserer (kapitalistischen) Wirtschaftsordnung dienen neue Technologien vor allem der Entwicklung neuer Produkte (Produktorientierung statt Funktionsorientierung).
  - Generierung technologischer Produkte hat zwangsläufig einen „geschlossenen" Charakter: Ihr „Design" wird zwecks Wettbewerbsvorteil nicht offen gelegt.

→ Wenn Verwerfungen in der Verbreitung neuer Technologien auftreten, kann ihre detaillierte Analyse im Wesentlichen nur im Nachhinein erfolgen.

4. Soziale und ethische Konsequenzen

- „Nicht-Nanotechprodukte werden auf vielen Gebieten nicht konkurrenzfähig sein."
  (CRN - Center for Responsible Nanotechnology)
- Vergabe von Patenten wird die wirtschaftlichen Strukturen stark verändern. Machtausübung mit der Folge von industriellen Zusammenschlüssen, Allianzen und Konzentrationsprozessen.
  - Z. B.: Werden Baumwolle und Kautschuk durch synthetische Nanomaterialien in naher Zukunft vom Markt verdrängt (Schädigung von Volkswirtschaften, die auf Exporterlöse aus beiden Materialien angewiesen sind)?

Nano-Divide?

- Informationstechnische Revolution der vergangenen 30 Jahre: Angleichung der ökonomischen Möglichkeiten der weniger industrialisierten Weltgegenden ist nicht gelungen.
- Nicht auszuschließen, dass auch die Nanotechnologie zunächst nur eine weitere Spaltung innerhalb der Weltwirtschaft (Kluft zwischen Industrie- und Entwicklungsländern) hervorbringen wird

→„Nano-Divide"

Zentrale Fragen

- Können wir uns das heute vorherrschende Modell einer geschlossenen Technik weiterhin leisten?
- Oder benötigen wir eine „offene Nanotechnik" (Boeing 2005), um:
  - einen möglichst sicheren Umgang mit ihr und
  - einen breitestmöglichen Zugang zu ihr zu erlangen.
- Notwendige Klärungen (Tagungsanlass):
  1. Wie lassen sich Befürchtungen um Risiken und Gefährdungen (wenn nicht völlig ausschließen, so doch frühzeitig und nach ausreichenden Vorsorgekriterien) minimieren/ausschließen?
  2. Wie können möglichst viele Menschen im Sinne einer zukunftsfähigen und nachhaltigen Entwicklung – Produzenten und Konsumenten gleichermaßen – von den Umwelt entlastenden Potenzialen der Nanotechnologie profitieren?

Hemmnisse

- Das nano-technische Wissen ist derzeit nur für Spezialisten und Forscher zugänglich und bleibt der Allgemeinheit verschlossen.
- Hürde: Einsicht/ Erkenntnisse nur unter Einsatz z. B. von Rastertunnel-/ Elektronenmikroskope mit angeschlossenen Rechnern.
- Patente schaffen „Black box" (Öffnung gegen Lizenzzahlung nur für produktive Aneignung).
- Der sichere Umgang mit Nanotechnik wird so erschwert und die Kluft zwischen „Arm und Reich" vergrößert (Nano-Divide).

Lösung?

- Aneignung der neuen Technik durch offenes Design (analog Open-Source-Software, Boeing 2005):
  - Potentiell größere Sicherheit
  - Schneller zu einem fehlerfreien Status
  - Qualität des technischen Produkts
  - Effiziente Rückkopplung zwischen Entwickler und Nutzer
  - (…)
- Gegen eine Nano-Divide gerichtet.
- Aktive, gesellschaftliche Steuerung der fortlaufenden Entwicklung auf allen Ebenen und in allen Bereichen!

Monitoring möglicher gesellschaftlicher Folgen der Nanotechnologie (BMBF)

- „Survey on Nanotechnology Governance" des International Risk Governance Council. Ziel: weltweit Maßnahmen zur Regulierung von Risiken der Nanotechnologie erfassen und Handlungsempfehlungen für Regierungen geben;
- OECD-Arbeitsgruppe zu Risikoaspekten und Management von Nanomaterialien (Studie „Survey on the Potential Implications of Manufactured Nanomaterials for Human Health and Environmental Safety");
- Erhebung zu Aspekten des Arbeitsschutzes bei der Herstellung und im Umgang mit synthetischen Nanomaterialien der BAuA und des VCI;
- EU-Projekte „NanoSafe2", „IMPART/Nanotox", „Particle-Risk", „NanoDerm" (zur Einschätzung möglicher Risiken);
- ICON International Council on Nanotechnology.

Mittelverteilung Begleitforschung (in T€)

Thema:	2002	2003	2004	2005	2006
Chancen und Risiken (z.B. ITA-Studien, INOS, NanoCare)	257	460	460	40	1.582
Innovationsunterstützende Maßnahmen (z.B. Kompetenznetze, Nationale Kontaktstelle Nanotechnologie, Technologiefrüherkennung)	1.840	2.189	3.048	2.929	3.780
Bildung, Weiterbildung, Soziale Aspekte	0	200	1.900	1.500	1.152
Gesamt	**2.097**	**2.849**	**5.408**	**4.429**	**6.514**

2007 bis 2009: 7,6 Mio. €