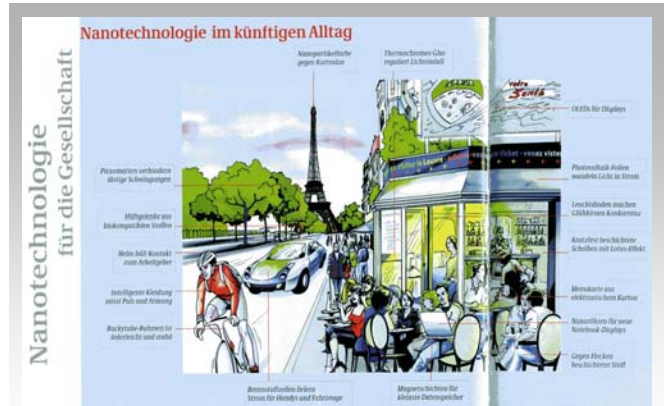


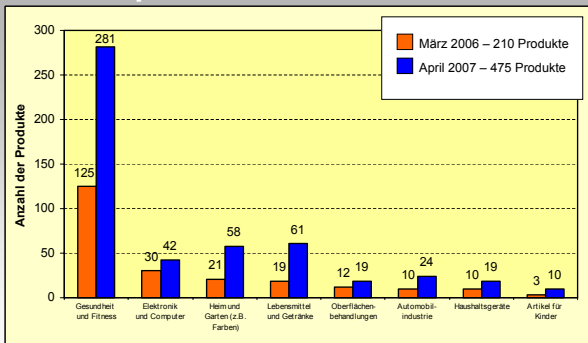
# Nanotechnologien in vielen Lebensbereichen

Lassen sich die positiven und negativen Folgen für die Umwelt abschätzen?



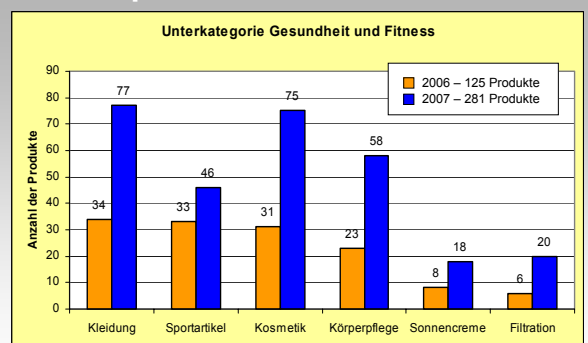
Aus BMBF: Nanotechnologie – Innovationen für die Welt von morgen

## Nanoprodukte auf dem Markt



Quelle: Woodrow Wilson Datenbank: <http://www.nanotechproject.org/44>, Stand April 2007, Umfrage- und Meldeergebnisse

## Nanoprodukte auf dem Markt



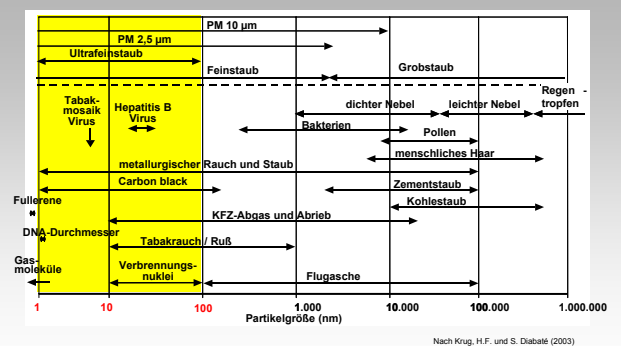
Quelle: Woodrow Wilson Datenbank: <http://www.nanotechproject.org/44>, Stand April 2007, Umfrage- und Meldeergebnisse

## Synthetische Nanomaterialien

Die Nanotechnologie umfasst allgemein den Bereich bis zu 100 Nanometer in mindestens einer Dimension und Nanomaterialien sind gezielt mit neuen Eigenschaften und/oder Funktionalitäten ausgestattet

- verändertes **quantenmechanisches Verhalten** z.B. Farbe, Transparenz, Härte, Magnetismus und elektrische Leitfähigkeit
- vergrößerte Oberfläche**, dadurch z.B. Änderung der chemischen Reaktivität, Katalysewirkung
- veränderte **molekulare Eigenschaften**, dadurch neue biologische, physikalische und chemische Anwendungen möglich (z.B. Selbstorganisation, Reparaturfähigkeit)

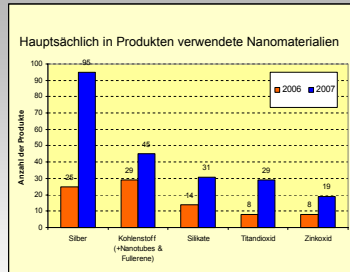
## Größenbereiche umweltrelevanter Partikel



Nach Krug, H.F. und S. Diabaté (2003)

## Synthetische Nanomaterialien

- Carbon Black, Kohlenstoff-modifikationen
- Metalloxide  
Siliziumdioxid, Titandioxid, Zinkoxid, Aluminiumoxid
- Metalle  
Gold, Silber, Eisen
- Halbleiter
- Quantum dots
- Nanofasern, Nanodrähte
- Nanokomposite



Quelle: Woodrow Wilson Datenbank: <http://www.nanotechproject.org/44>, Stand April 2007, Umfrage- und Meldeergebnisse

Datenbank : [www.nanowerk.com](http://www.nanowerk.com)  
ca. 1500 Nanopartikel, 100 Lieferanten

## Kohlenstoffmodifikationen

### Kohlenstoff - Nanoröhren

- Besondere Eigenschaften:
  - Zugfestigkeit, Härte
  - leitend oder halbleitend

### Kohlenstoff - Fullerene

- Besondere Eigenschaften:
  - Potential zur Bindung von funktionellen Gruppen (Medikamente)

## Anwendungsfelder

- **Oberflächenfunktionalisierung und –veredelung**  
z.B. Schutzschichten, Beschichtung von Computerfestplatten,
- **Katalyse, Chemie und Werkstoffsynthese**  
z.B. Autoabgaskatalysatoren, neue Werkstoffe, Superkleber
- **Energiewandlung und –nutzung**  
z.B. Farbstoffsolarzellen, Brennstoffzellen, Batterien/Akkumulatoren
- **Konstruktion und Nanostrukturen**  
z.B. neue Baustoffe, nanoporöse Filter
- **Informationsübermittlung und Nanosensoren**  
z.B. Organische Leuchtdioden (OLED), elektronische Bauelemente, optische Sensoren, Biosensoren (Lab-on-a-chip-Systeme),
- **Lebenswissenschaften**  
z.B. Analytik und Diagnostik, ortsgenauer Wirkstofftransport („Drug-Delivery-Systeme“), biokompatible Implantate

## Umwelttechnik - Beispiele

- Membranfiltersysteme in Kläranlagen
- Reinigung von Trinkwasser
- Reinigung von Gewässern, Böden
- Solarzellen mit Antireflexschicht
- Nanokapseln im Pflanzenschutz
- Biozide Anstriche

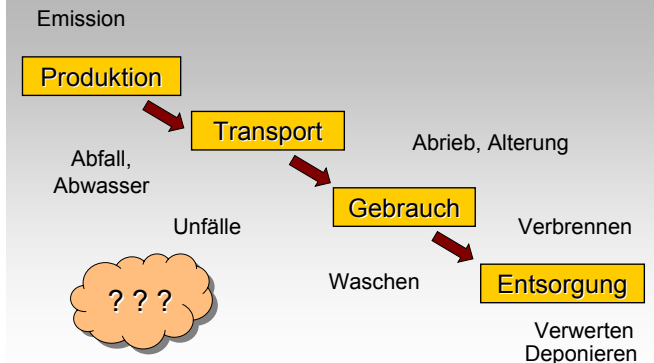
## Umweltrelevanz: Entlastungspotenziale

- Einsparung stofflicher Ressourcen
- Verringerung des Anfalls umweltbelastender Nebenprodukte (Schadstoff- und Kohlendioxidausstoß)
- Verbesserung der Effizienz bei der Energieumwandlung
- Verringerung des Energieverbrauchs
- Entfernung umweltbelastender Stoffe aus der Umwelt

## Schutz von Umwelt und Gesundheit

- Wie sieht die aktuelle Belastung mit Nanopartikeln in der Umwelt aus?
- Wie könnten Nanopartikel auf ihrem gesamten Lebensweg freigesetzt werden?
- Wie verhalten sich Nanopartikel in der Umwelt? Sind sie persistent? Können sie sich in den Organismen anreichern?
- Sind kurz- und langfristigen Gesundheits- und Umweltrisiken durch die Nanotechnik zu erwarten?
- Welche Folgen für Umwelt und Gesundheit kann eine direkte Anwendung von Nanostrukturen in der Umwelt haben?

## Eintrag in die Umwelt – gesamter Lebensweg



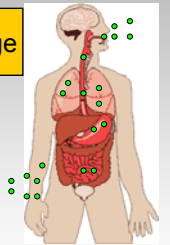
## Aufnahmewege Mensch

→ **inhalativ** = über Atemwege und Lunge

→ **oral** = über Magendarmtrakt

→ **dermal** = über die Haut

+ Kombination derer



• Nanopartikel

## Mögliche gesundheitliche Konsequenzen

- ➔ Größeres Entzündungspotential als größere Partikel
- ➔ Translokation in Sekundärorgane
- ➔ Durchbrechen biologischer Barrieren (Blut-Hirn-Schranke, Zellmembran)
- ➔ Interaktionen mit Proteinen und DNA

## Gefährdung der Umwelt?

## Umwelt - Exposition

Anwendungsfelder sind vielfältig



Eintrag in die Umwelt sehr unterschiedlich

- Eingebaute Technik
- Gebunden in Oberflächenbeschichtungen, Textilien, Oberflächenbehandlungen
- nanoporöse Filter und Strukturen
- Freie Nanopartikel
- Anwendung in der Umwelt:
  - Boden- und Wasserreinigung

## Risiken für die Umwelt

- Fest gebunden in einer Matrix ↔ Freie Nanopartikel
- Wasserlöslich ↔ wasserunlöslich
- Zerfallen oder agglomerieren ↔ stabil, persistent

## Risiken für die Umwelt

- Fest gebunden in einer Matrix ↔ Freie Nanopartikel
- Wasserlöslich ↔ wasserunlöslich
- Zerfallen oder agglomerieren ↔ stabil, persistent



**Besonderes Gefährdungspotenzial**

## Gefährdungspotenzial

- Bindung an und von toxischen Substanzen, Mobilisierung von Schwermetallen
- Mobil im Boden, gelangen in das Grundwasser
- Bindung von Nährstoffen
- Anreicherung über die Nahrungskette
- Weltweite Verbreitung über die Luft
- Veränderung der Mikrofauna durch biozide Wirkung in Boden und Wasser
- Überraschende Effekte

## Aquatische Ökosysteme

- Fullerene und Titandioxid erhöhen Mortalitätsrate bei Daphnien
- Kohlenstoffnanoröhrchen verlangsamen Schlüpfen bei Zebrafischen
- Fullerene gelangen über Kiemen in das Gehirn junger Forellenbarsche, verursachen oxidativen Stress

## Terrestrische Ökosysteme

- Studien an Säugetieren und Zellkulturen zur Toxikologie
  - ➔ Wirkung bei wildlebenden Säugetieren ?
- Keine veröffentlichten Langzeitstudien
- Keine veröffentlichten Studien zu anderen Wirbeltieren oder Wirbellosen
- Pflanzen – verringertes Wurzelwachstum durch Aluminium-Nanopartikel nachgewiesen (Mais, Gurke, Soja, Karotte)

## Unterschiede Human- und Ökotoxikologie

Wenige Arten  
stellvertretend und  
ausgesucht als  
Modell für Mensch

Wenige Arten –  
stellvertretend für  
mehr als 2 Millionen Arten



## Elemente der Risikobewertung



## Forschungsstrategie

Gemeinsam erstellt von den Bundesoberbehörden:

BAuA (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (federführend),  
BfR (Bundesinstitut für Risikobewertung) und Umweltbundesamt

**Ziel: Forschung, die für Bewertung und Regulierung geeignete Bausteine liefert**

- Anwendung der Nanotechnik (Expositionsmöglichkeiten)
- Messverfahren für die Ermittlung der Exposition
- Akkumulation und Persistenz
- Expositionsszenarien und Lebenszyklusanalysen
- Testsysteme, relevante Endpunkte, Wirkhypothesen
- Bewertungsstrategie – intelligente Teststrategie

## Fazit

- ➔ Nanotechnologie – großer Anwendungsbereich, große Chancen, kann Umwelt entlasten
- ➔ Vielzahl offener Fragen und mangelnde Datenlage: Daher bislang keine Risikobewertung möglich
- ➔ Neuer Parameter: Partikel = Chemie + Physik
- ➔ Es gibt nicht „das Nanopartikel“. Jeder Stoff muss individuell betrachtet werden

## Aktivitäten im UBA

- **Hintergrundpapier**  
Nanotechnik: Chancen und Risiken für Mensch und Umwelt
- **Forschungsstrategie (Entwurf)**,  
"Nanotechnologie: Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanopartikeln" gemeinsam mit BAuA (federführend) und BfR
- **Mitwirkung in nationalen Gremien**  
z.B. **Arbeitsgruppen 1 und 2 der Nanokommission**, Dechema-VCI, DIN,
- **Mitwirkung in internationalen Gremien**  
z.B. EU, OECD
- **Forschungsvorhaben**  
Umweltentlastungspotential, Testung von Nanopartikeln, Studie zu Nanosilber
- **Gutachten zum Regulierungsbedarf der Nanotechnologie**  
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-l/3198.pdf>

## Internationale Aktivitäten zur Risikobewertung von Nanomaterialien

- Gründung einer OECD Working Party für Nanomaterialien
- Forschungsstrategien in Deutschland, EU, USA, Großbritannien
- Koordinierung internationaler Forschungsaktivitäten, und Prioritätensetzung
- Europäisches Rahmenprogramm
- Einbeziehung der Interessensvertreter in den Gremien

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**

## UBA-Aktivitäten – Internetadressen

- **Hintergrundpapier**  
Nanotechnik: Chancen und Risiken für Mensch und Umwelt  
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/hintergrund/nanotechnik.pdf>
- **Pressemitteilung 053/2006:**  
Nanotechnik: Chancen und Risiken für den Menschen und die Umwelt  
<http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2006/pd06-053.htm>
- **Rechtsgutachten Nano-Technologien**  
<http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/fpdf-l/3198.pdf>
- **Forschungsstrategie (Entwurf)**,  
"Nanotechnologie: Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanopartikeln" gemeinsam mit BAuA (federführend) und BfR  
<http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/Forschungsstrategie.html>