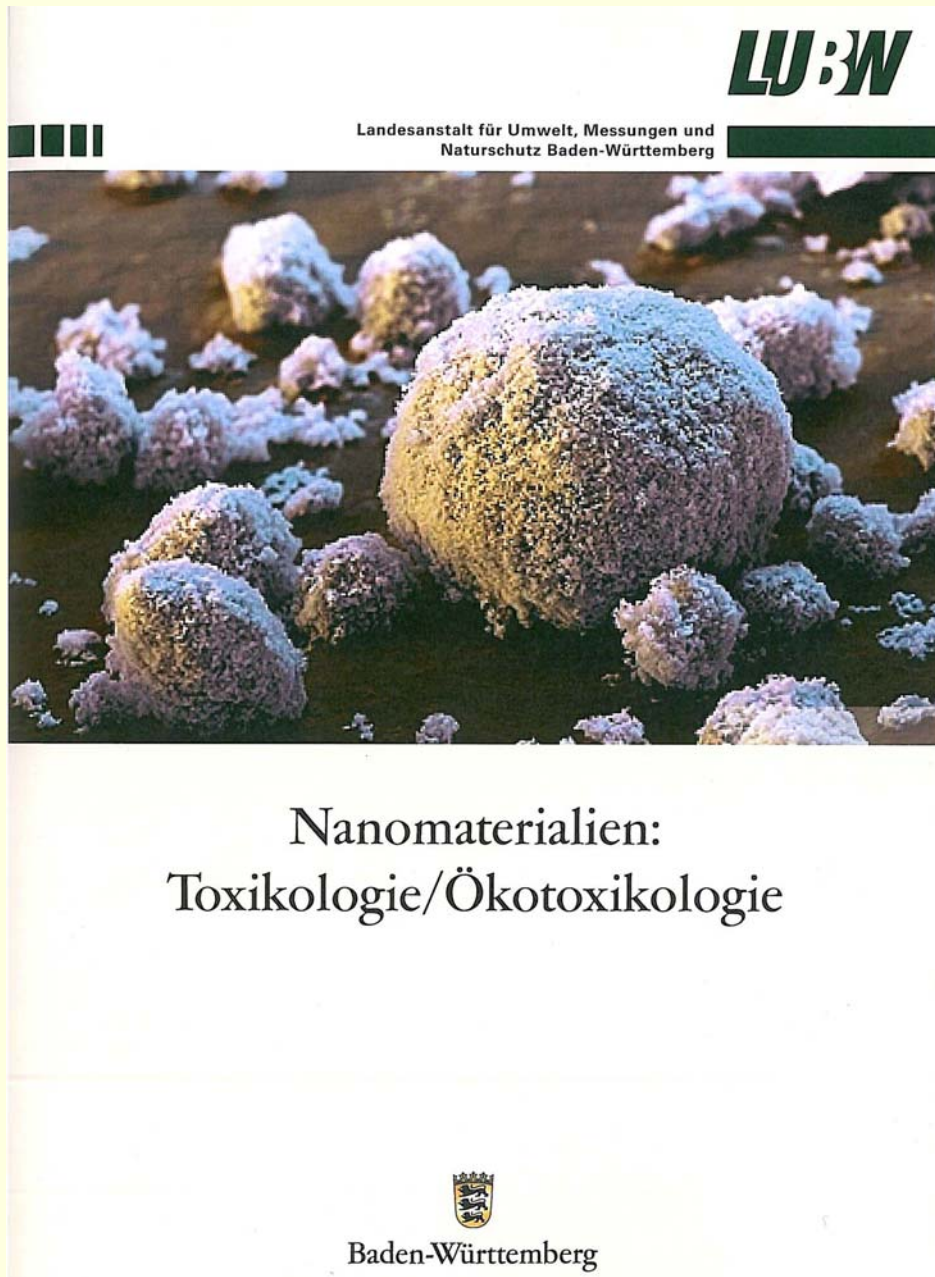


Toxikologie/Ökotoxikologie von Nanomaterialien

Dr. Irene Tesseraux



Baden-Württemberg



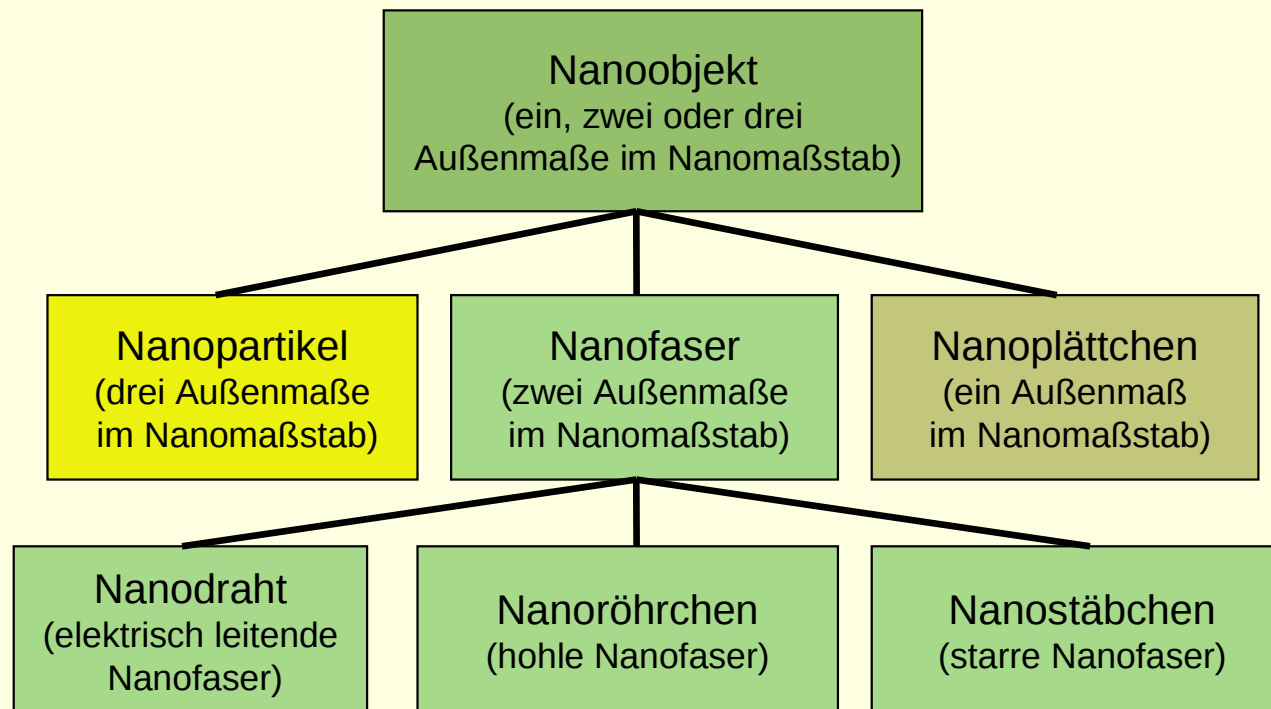
Titelbild:
Nano-Zinkoxid

Erschienen
Januar 2010

Bezug:
www.lubw.baden-wuerttemberg.de

Nanotechnologische Begriffe

(nach [ISO/TS 27687, 2008])



Nanomaterialien - Anwendungen

■ Siliziumdioxid,

■ Titandioxid, →

■ Zinkoxid

■ Aluminiumoxid

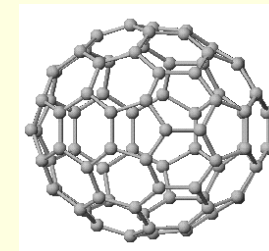
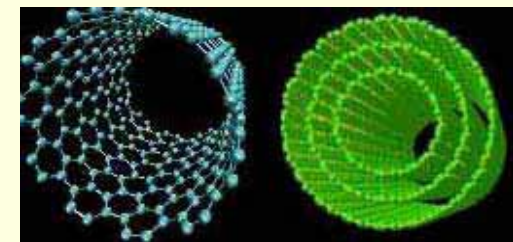
■ Eisenoxide,

■ Silber →

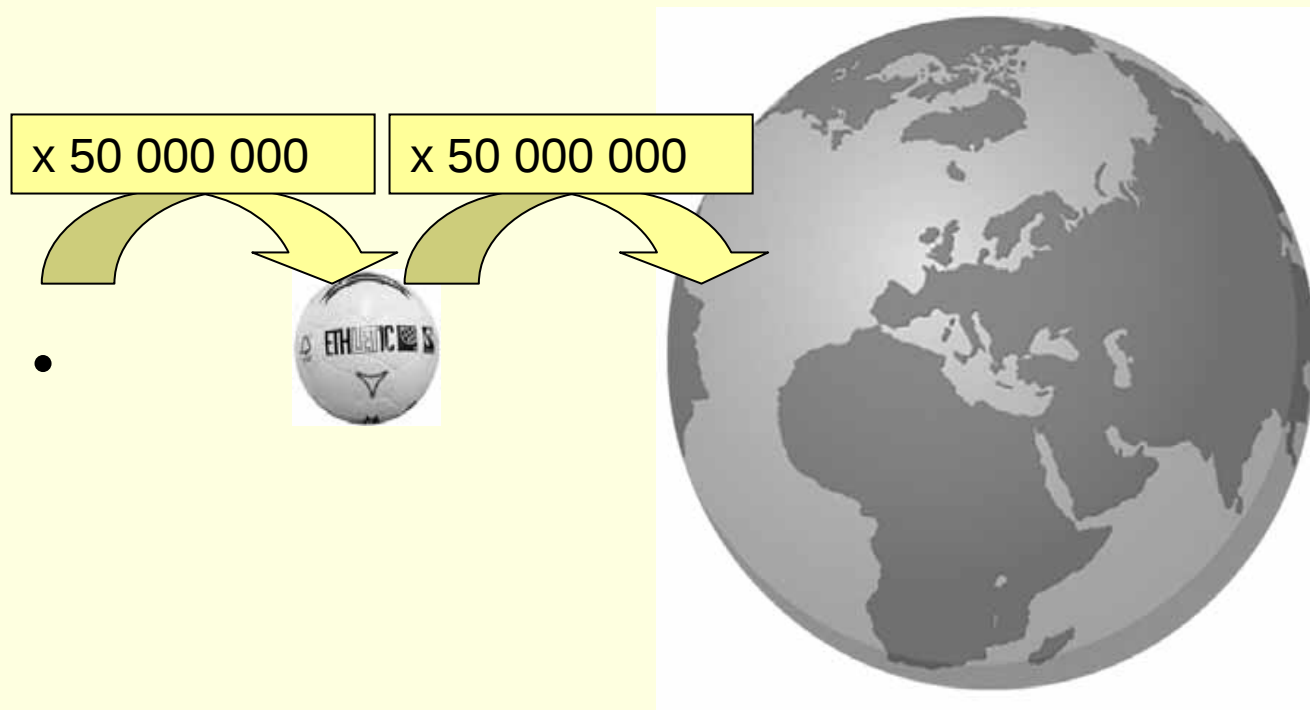
■ Industrie-Ruß (Carbon black)

■ Kohlenstoff-Nanoröhrchen (Carbon nanotubes)

■ Fullerene →



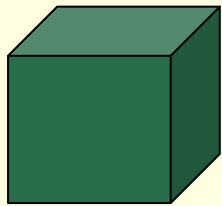
Größenvergleich Nanopartikel



Ein **Nanopartikel** verhält sich in der Größe zu einem **Fußball** wie der **Fußball** zur **Erde**.

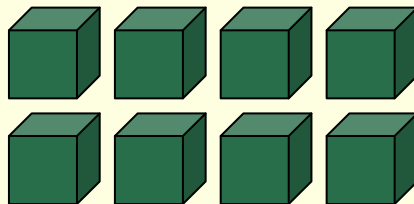
Oberflächenvergrößerung bei Verkleinerung der Partikelgröße trotz gleich bleibendem Gesamtvolumen

Gesamtoberfläche: 6 cm^2



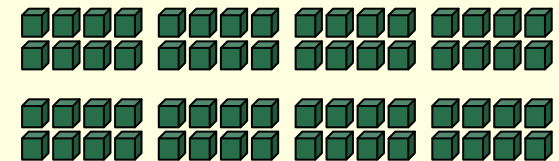
$1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ Würfel}$

Gesamtoberfläche: 12 cm^2



$1 \text{ cm}^3 = 8 \text{ Würfel}$

Gesamtoberfläche: 24 cm^2



$1 \text{ cm}^3 = 64 \text{ Würfel}$

Gesamtvolumen jeweils 1 cm^3

Synthetische Nanomaterialien: Eigenschaften



Mit der Partikelgröße und –oberfläche ändern sich die **physikalischen Eigenschaften** einer Substanz (z. B. Magnetismus, elektrische Leitfähigkeit, chemische Reaktivität, katalytische Eigenschaften, Löslichkeit)

Diese Änderungen macht sich die Nanotechnologie beim Design von synthetischen Nanomaterialien zu Nutze → **größeninduzierte Funktionalität**

Die Veränderung der physikalischen Eigenschaften kann auch die **biologische Aktivität** von Stoffen ändern → **Risiken für menschliche Gesundheit und Umwelt**

Größeninduzierte Veränderungen von

- physikalischen Eigenschaften



Fluoreszenz von Cadmiumselenid- (CdSe) Nanopartikellösungen

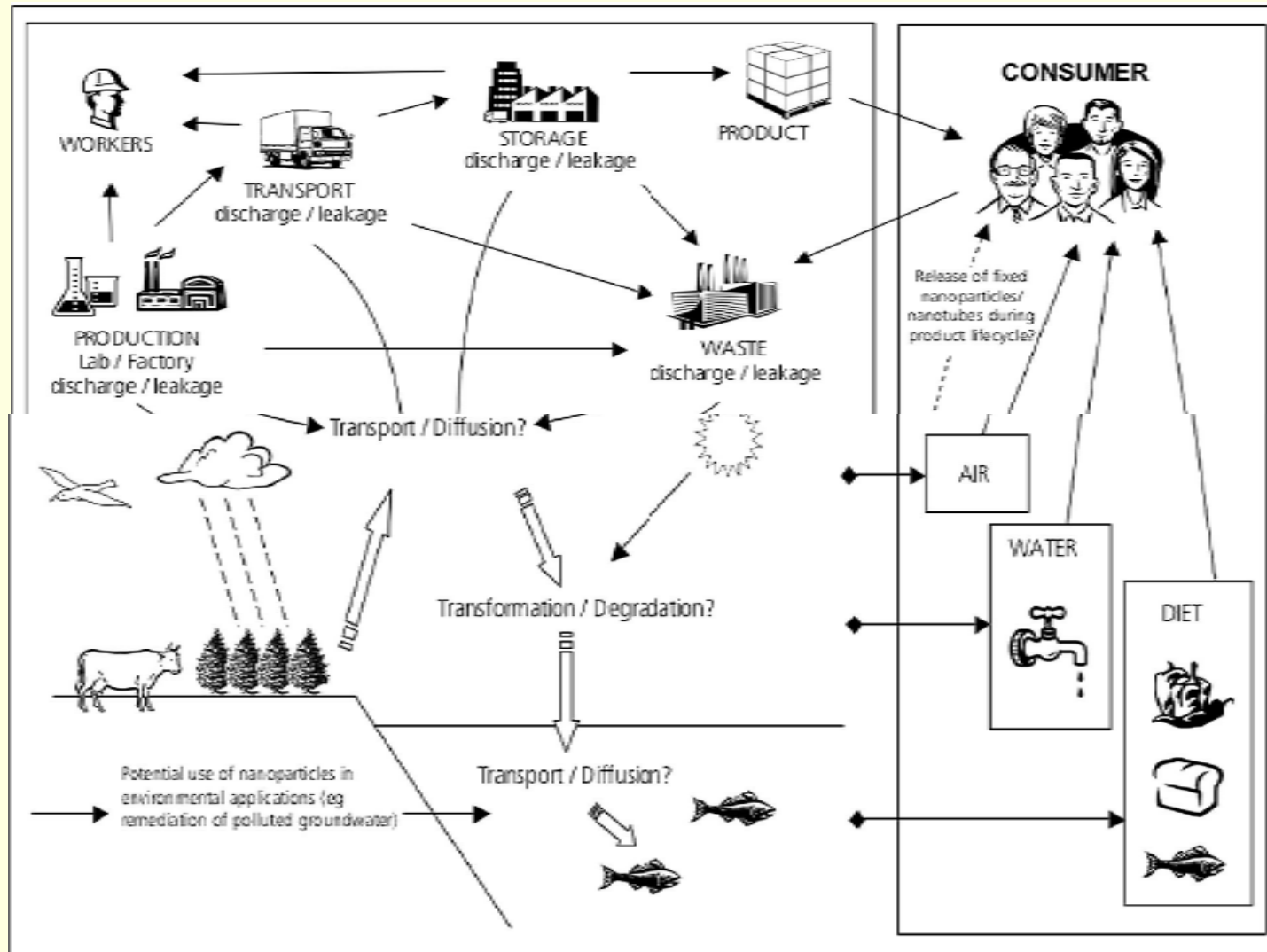
Die mittlere Größe der Partikel nimmt von 2,5nm (blau) bis 6nm (rot) kontinuierlich zu.

- biologischer Aktivität

TiO ₂ -Partikel Durchmesser	Entzündungsreaktion
20 nm Ø	+++
250 nm Ø	+

Größenspezifische Wirkung von Titandioxid- (TiO₂) Partikeln in der Rattenlunge
[PETERS ET AL., 1998]

Eintragspfade in die Umwelt und Expositionspfade für den Menschen



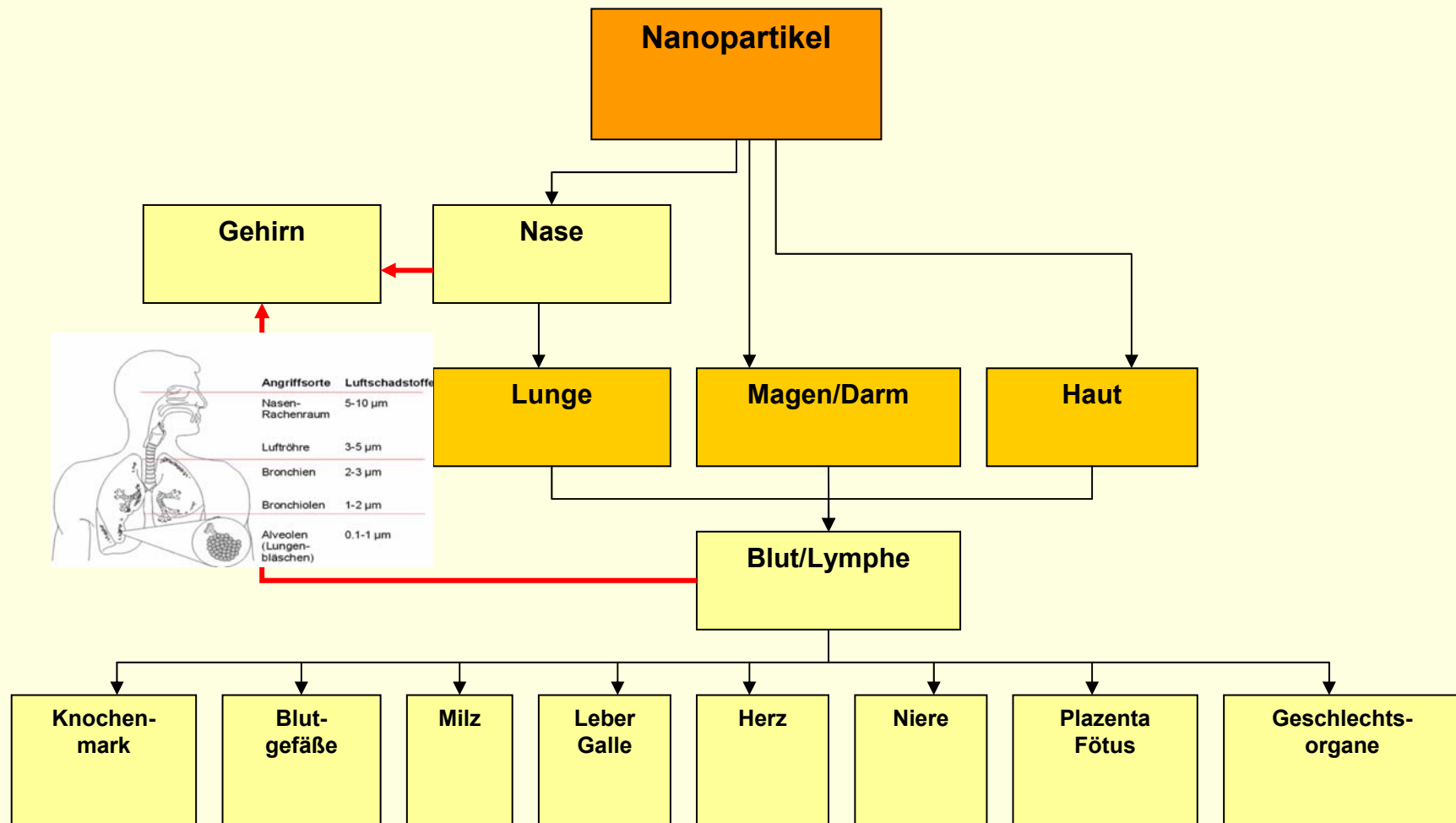
Exposition ?



- Freisetzung von SNP (Synthetische Nanopartikel) aus Produkten der Nanotechnologie unklar, da so gut wie nicht untersucht
 - Mit vermehrter Produktion ist jedoch grundsätzlich auch eine vermehrte Freisetzung und ein erhöhter Eintrag in die Umwelt (Luft, Wasser, Boden) zu erwarten
- Verhalten in der Umwelt („Atmosphärisches Schicksal“) unklar
- Klärung erforderlich, an welcher Stelle des Lebensweges von SNP eine relevante Exposition des Menschen erfolgt
- Erkenntnisse zur Exposition des Menschen (Zeit, Höhe) fehlen weitestgehend

→ **Es fehlen spezifische Messverfahren – bisher nur Partikelzählverfahren**

Wege von Nanopartikeln in den Körper





Hinweise auf gesundheitliche Wirkungen nach experimentellen Untersuchungen

- Toxizität von **SNP** (Synthetische Nanopartikel) sehr wenig untersucht
- Ergebnisse nur eingeschränkt miteinander vergleichbar
- Nachweis von **zelltoxischen** und **lungenschädigenden** Effekten
- **Nanoröhrchen**: Wirkcharakteristik vergleichbar mit der von **Fasern** (Asbest)?
- neuartige Toxizität und Wirkmechanismen zu erwarten

Beispiel:

Wirkungen von Nanoröhrchen

Die Bildung reaktiver Sauerstoffspezies als Hinweis auf Entzündungsreaktionen sowie zellschädigende Reaktionen konnte für unterschiedliche Nanoröhrchen in verschiedenen Zelltypen in vitro nachgewiesen werden [OBERDÖRSTER ET AL., 2005].

Kurze, faserförmige bzw. lange, knäuelartig aufgerollte „multi walled carbonanotubes“ (MWCNT) waren nicht oder kaum wirksam im Gegensatz zu langen, **starren Nanoröhrchen**.

Vergleiche von „single walled carbonanotubes“ (SWCNT) mit unterschiedlichem **Eisengehalt** zeigten, dass die Fähigkeit **oxidativen Stress** auszulösen, bei **eisenreichen Materialien größer war als bei eisenärmeren** [IOM, 2008].

Welche Eigenschaften bestimmen die Wirkung?



Durchmesser? Masse? Oberfläche? Anzahl?
Volumen?

Partikel werden in der Außenluft und am Arbeitsplatz bislang zumeist als Masse erfasst.

In experimentellen Untersuchungen zur Toxizität von Nanomaterialien spielen jedoch neben der Masse andere physikalisch-chemische Eigenschaften der Materialien eine große Rolle. Da sich die Wirkungen eines Stoffes ändern können (– beabsichtigt), wenn er in nanoskaliger Form vorliegt, ergibt sich die Frage **welche physikalische Charakteristik am besten mit der Wirkung korreliert und welches Kriterium demnach auch als Messgröße zu verwenden ist.**



Verhalten in der Umwelt und Ökotoxikologie

- **Verhalten in der Umwelt:** Persistenz/ Abbaubarkeit, Agglomeration/Sorption, Stabilität, katalytische Wirkung, Mobilität, Ferntransport, Wechselwirkungen, Carrier-Funktion, Anreicherung in der Nahrungskette, Hintergrundbelastung
 - **Aufnahmemechanismen** für aquatische und terrestrische Organismen
 - **Wirkungen** auf aquatische und terrestrische Organismen
- **Umweltwirkungen**

Aquatische Ökosysteme - Wirkungen in experimentellen Untersuchungen



Beispiele:

- **NanoSilber** und **Titandioxid** hemmen das Wachstum von Grünalgen
- **Titandioxid** erhöht die Aufnahme von Cadmium in Karpfen
- **CNT** (Kohlenstoffnanoröhrchen) verlangsamen das Schlüpfen bei Zebrafischen
- **Fullerene** und **Titandioxid** erhöhen die Mortalitätsrate bei Daphnien
- **Fullerene** gelangen über Kiemen in das Gehirn junger Forellenbarsche, verursachen oxidativen Stress

Chancen und Risiken für die menschliche Gesundheit



Chancen		Risiken
Medizinische Anwendungen (Wirkstofftransport in Zielgewebe)	Mobilität / Löslichkeit / Zellaufnahme	Verteilung von Schadstoffen im Körper (Überschreiten der Blut/Hirnschranke)
Abbau von organischen Schadstoffen – Verminderung der Exposition	Katalytische Aktivität	Toxische Effekte
Minderung Infektionsrisiken	Biozide Wirkung (z.B. in Wandfarben)	Resistenzentwicklung bei infektiösen Keimen



Chancen und Risiken für die Umwelt

Chancen	Nanomaterial	Eigenschaft	Risiken
Grundwassersanierung	Eisen	Reduktion	Ökotoxizität
Wasserentkeimung	Silber	antimikrobielle Wirkung	Ökotoxizität, Veränderung der Mikrofauna in Boden und Wasser
Abbau von organischen Stoffen (Wasser), Kläranlage	Zinkoxid, Titandioxid	Katalytische Aktivität, Reaktivität	Bildung neuer evtl. toxischer Stoffe Ökotoxizität

Fazit



- **Nanomaterialien** lassen sich nicht alle in einen Topf werfen, sondern bestenfalls in eine hoffentlich nicht zu große Anzahl verschiedener Töpfe.
- Die den Nanomaterialien mitgegebenen (technischen) Eigenschaften können möglicherweise bei der Kategorisierung (für Wirkungsbetrachtungen und eventuelle regulatorische Maßnahmen) hilfreich sein, vermutlich mehr als die chemische Zusammensetzung.
- Nur mit einer sorgfältigen Beachtung möglicher Risiken und mit Transparenz über die Vor- und Nachteile können die vielfältigen Chancen der Nanotechnologie und ihre Anwendungen in Zukunft gesellschaftliche Akzeptanz finden.

Vielen Dank für Ihr Interesse!

