ETH zürich

«Sicherer Umgang mit Nanomaterialien»

7. November 2018

Abteilung Sicherheit, Gesundheit und Umwelt (SGU)
Andreas Hurni Teuscher

Agenda

- Grundlagen und Anwendungsgebiete
- Gefahrenpotential: derzeitige Situation
- Technische, organisatorische und persönliche Schutzmassnahmen
- Derzeitige Empfehlungen, Richtlinien, gesetzliche Vorgaben

Wieso verwendet man Nanomaterialien?

- Neue Eigenschaften:
- Vergrösserung der Oberfläche
- Erhöhung der chemischen Reaktivität
- Veränderung der mechanischen, optischen, elektronischen oder magnetischen Eigenschaften
- Teilweise Veränderung der toxikologischen Eigenschaften

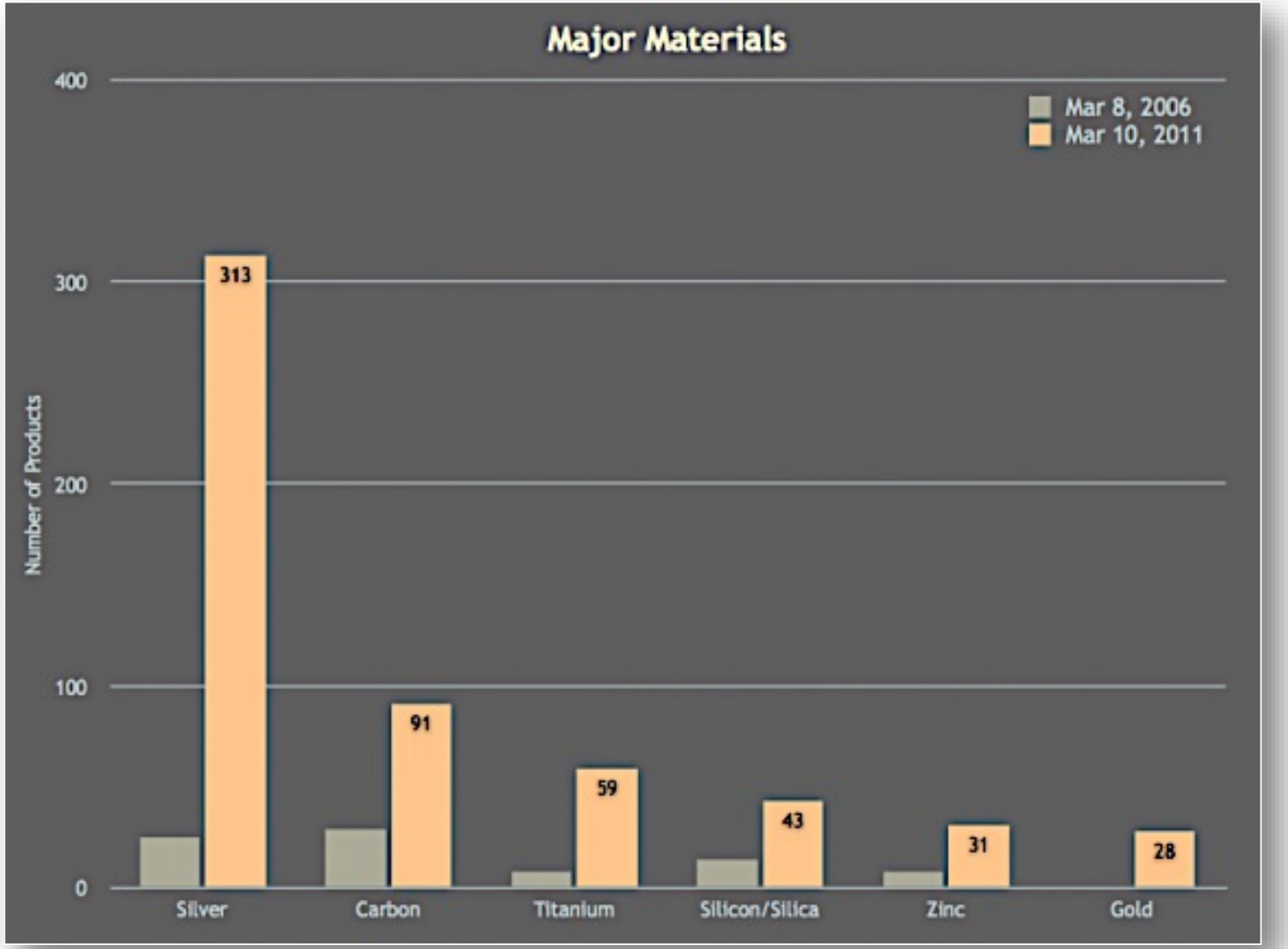
Mittelalterliche Kirchenfenster in Metz (F). Rot- und Blautöne durch Gold-Nanopartikel im Glas hervorgerufen.

Beispiel: Quantum dots (CdSe)

Anwendungen

Anwendungen

- Gesundheit & Fitness
- Haushaltsprodukte
- Automobilindustrie
- Lebensmittel
- Elektronik



Quelle: www.nanotechproject.org/inventories/consumer/analysis_draft/

Definition (gemäss EU Kommission 2011/696/EU)

- **Nanomaterialien** sind **beabsichtigt** hergestellte Materialien, die

  a) entweder in **ein**, **zwei** oder **drei Dimensionen nanoskalig*** sind (Nanoobjekte)

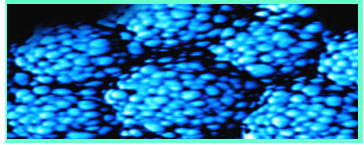
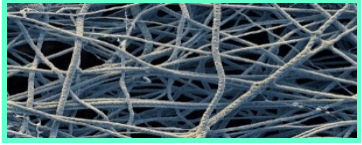
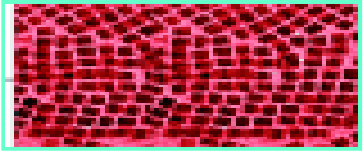
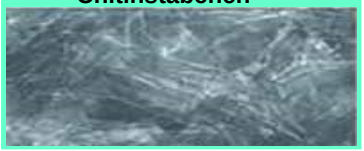
  b) oder deren **innerer** bzw. **äusserer** Aufbau **nanoskalige Strukturen** aufweist (nanostrukturierte Materialien).

- Nanoobjekte mit 3 Aussenmassen (= Dimensionen) im Nanomassstab werden als **Nanopartikel** bezeichnet.

**** nanoskalig = Dimensionen zwischen 1 und 100 Nanometern (Abk. nm)***

Nanomaterialien und deren Einteilung

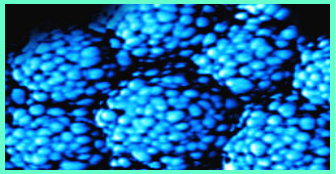
Nanomaterialien

- **Nanoobjekte**
  - Material mit 3 Dimensionen zw. 1 u. 100 nm → (Granuläre) Nanopartikel
    - Beispiel anorg. Nanopartikel
    
  - Material mit 2 Dimensionen zw. 1 u. 100 nm → Faserförmige Nanoobjekte (Nanofasern, -röhrchen, -draht)
    - Beispiel anorg. Nanofaser
    
  - Material mit 1 Dimensionen zw. 1 u. 100 nm → Nanoplättchen
    - Bsp.: Ceroxid
    
- **Nanostrukturierte Materialien**
  - Nano Komposite → Nanopartikel / -stäbchen in Komposit
    - Bsp.: In SiO_2 eingebund. Chitinstäbchen
    
  - *Zusammengesetzte Materialien*
  - *Nanoskalige Oberflächen Struktur*

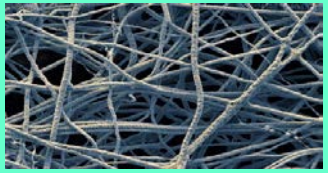
Nanomaterialien und deren Einteilung

Nanoobjekte

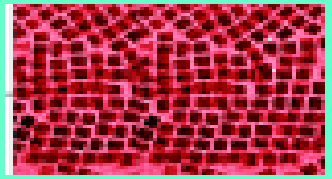
- Material mit 3 Dimensionen zw. 1 u. 100 nm → (Granuläre) Nanopartikel
  - Bsp. anorg.Nanopartikel



- Material mit 2 Dimensionen zw. 1 u. 100 nm → Faserförmige Nanoobjekte (Nanofasern, Nanoröhrchen, Nanodraht)
  - Bsp. Anorg. Nanofaser



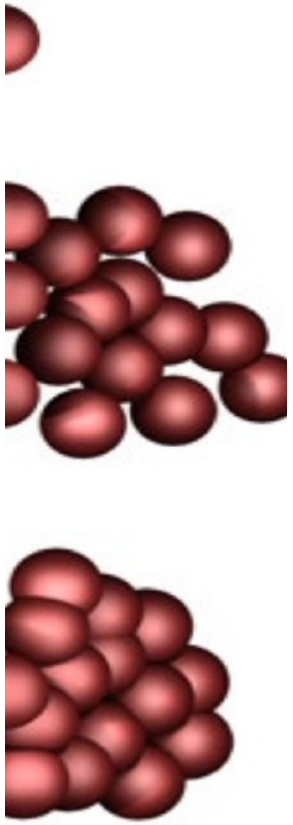
- Material mit 1 Dimensionen zw. 1 u. 100 nm → Nanoplättchen
  - Bsp.: Ceroxid



Besondere Bedeutung für Arbeitsschutz

Definition (gemäss EU Kommission 2011/696/EU)

- „**Partikel**“ ist ein sehr kleines Teilchen einer Substanz mit definierten physikalischen Grenzen;
- „**Agglomerat**“ ist eine Ansammlung schwach gebundener Partikel oder Aggregate, in der die resultierende Oberfläche ähnlich der Summe der Oberflächen der einzelnen Bestandteile ist;
- „**Aggregat**“ ist ein Partikel aus fest gebundenen oder verschmolzenen Partikeln.



Herstellung von Nanomaterialien

Bottom-up: „von unten nach oben“

Aufbau von komplexen Strukturen aus einzelnen Atomen oder Molekülen

Verfahren

- Sol-Gel-Prozess
- Gasphasensynthese
- Physikalische oder chemische Gasphasenabscheidung (CVD, PVD)

Top-down: „von oben nach unten“

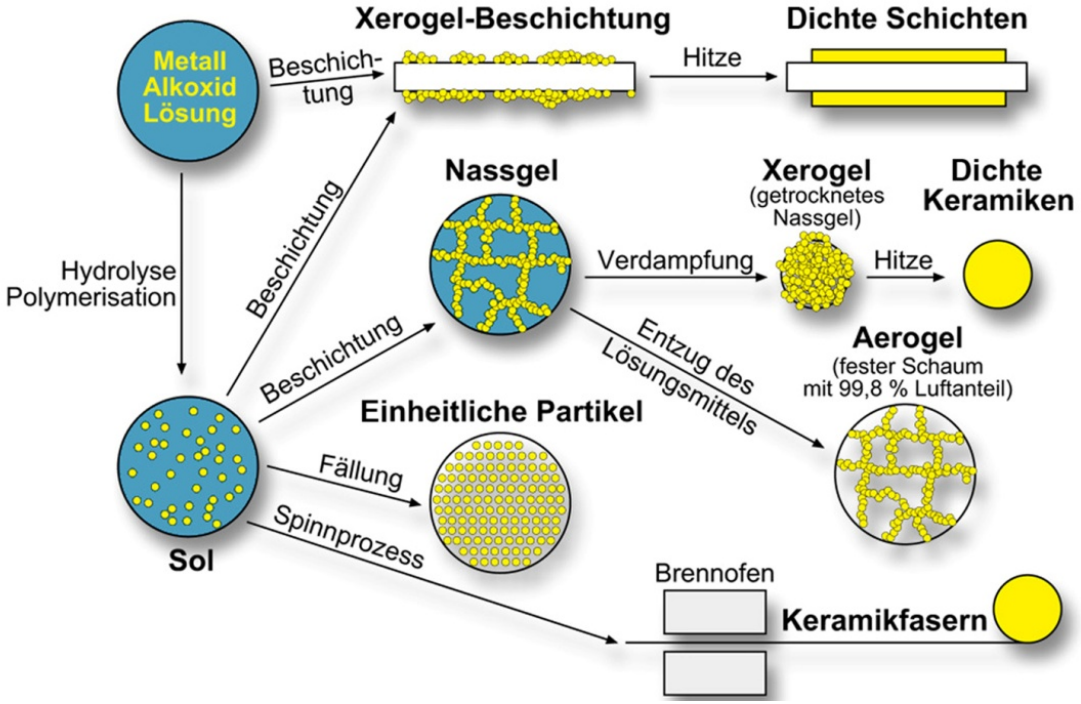
Erzeugung nanoskaliger Strukturen durch Verkleinerung bzw. durch ultrapräzise Materialbearbeitung

Verfahren

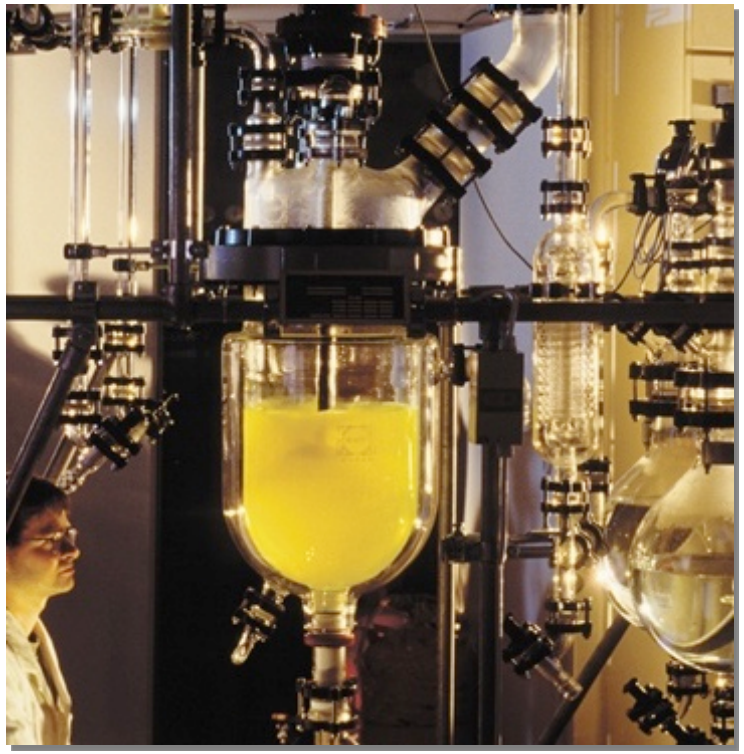
- Zerkleinerung von Pulvern mit Kugelmühlen
- Strukturierung mit Elektronenstrahlen, Ionenstrahlen oder kurzwelliger UV-Strahlung

Herstellung von Nanomaterialien

Erzeugung von Nanopartikeln durch Fällungsreaktion im Sol-Gel-Verfahren

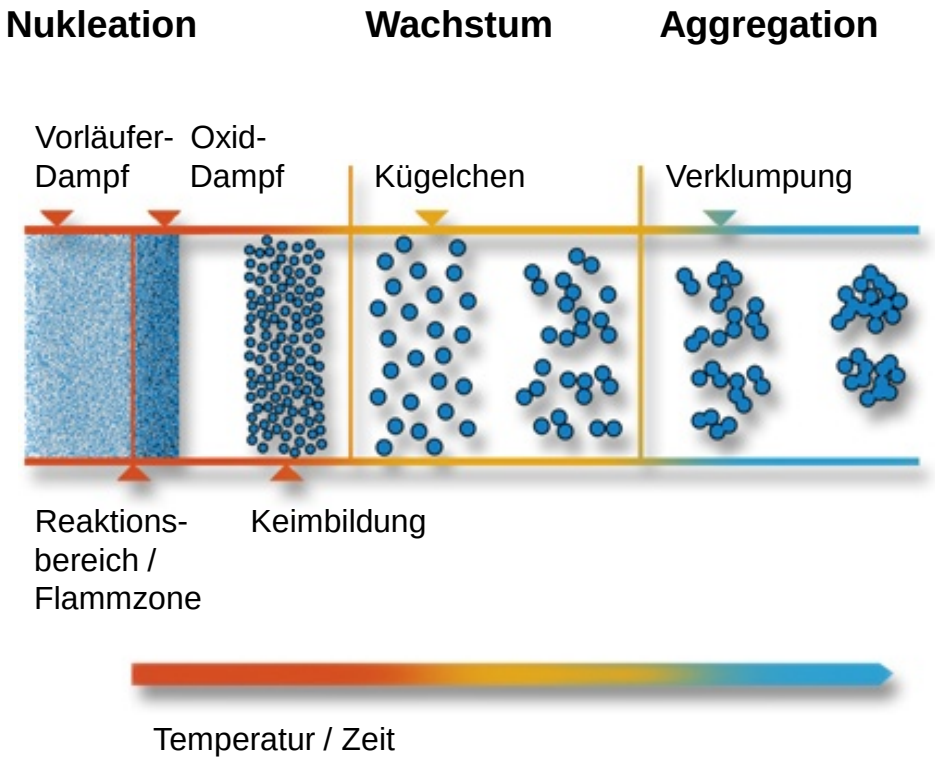


Sol-Gel-Reaktor



Herstellung von Nanomaterialien

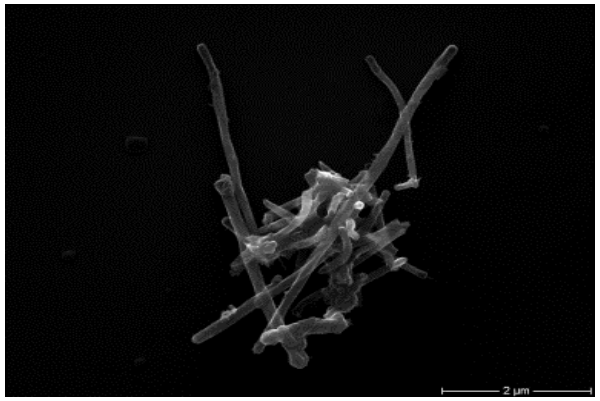
Gasphasensynthese



Gasphasenreaktor

Befürchtungen Nanotechnologie

- Nanomaterialien sind sehr klein und verteilen sich viel besser im Organismus als grössere Teilchen
- neue Technologien bringen auch neue Risiken mit sich
- Nanomaterialien sind so risikoreich und gefährlich wie Asbest (?)



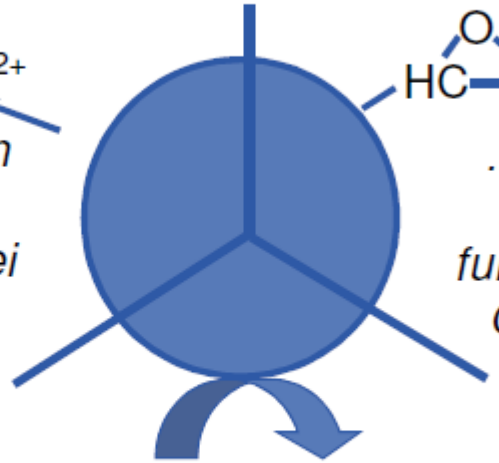
Wirkung von Nanomaterialien

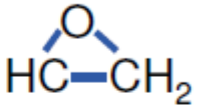
Spezifische biochemische Reaktionen

schwerlösliche Materialien

z. B. Cd^{2+}

... setzen toxische Ionen frei





... haben reaktive funktionelle Gruppen

... zeigen katalytische Aktivität

Beispiele: Nano-Silber, Nano-Nickel

leichtlösliche Materialien

...verlieren im Körper in kurzer Zeit ihre Partikeleigenschaften

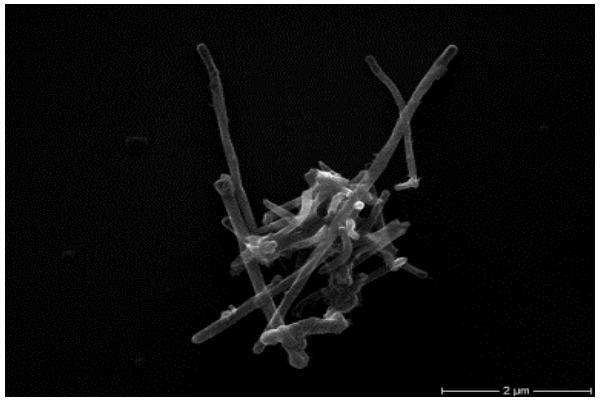
... und damit entspricht die Wirkung den Bulkmaterialien

Beispiel: best. Nano-Kieselsäuren

Wirkung von Nanomaterialien

WHO-Fasern (CNT, MW CNT, Nano wires etc.)

- einatembar
- faserartig (Länge/Durchmesser > 3/1)
- dünn (unter 3 µm)
- lang (über 5 µm - 100 µm)
- biobeständig

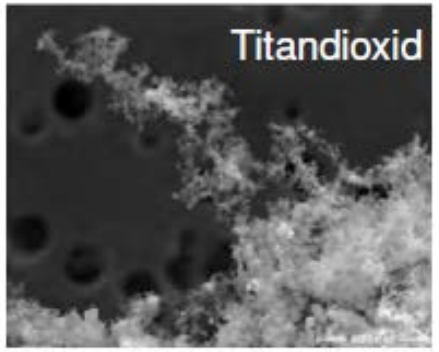


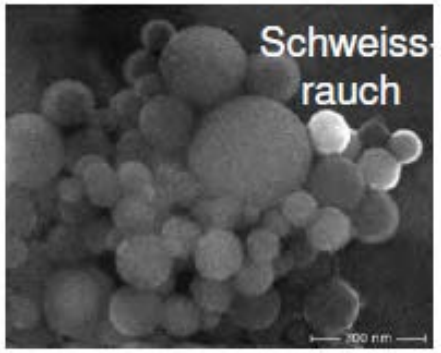
Wirkung von Nanomaterialien

Wirkung „inerter“ granulärer Partikel

- Nanomaterialien als alveolengängige Granuläre Biobeständige Stäube (GBS) ohne bekannte spezifische Toxizität können über die Toxikologie von Stäuben beschrieben werden.
- Bei chronischer Inhalation am Arbeitsplatz führen Stäube zu Entzündungen und mutmaßlich auch zur Entstehung von Krebs.
- Die Unterschiede in der Wirkstärke (Entzündung, Kanzerogenität) von mikro- und nanoskaligen GBS-Materialien des gleichen Stoffes (z. B. Titandioxid) sind nicht sehr ausgeprägt.

Arbeitsplatzproben

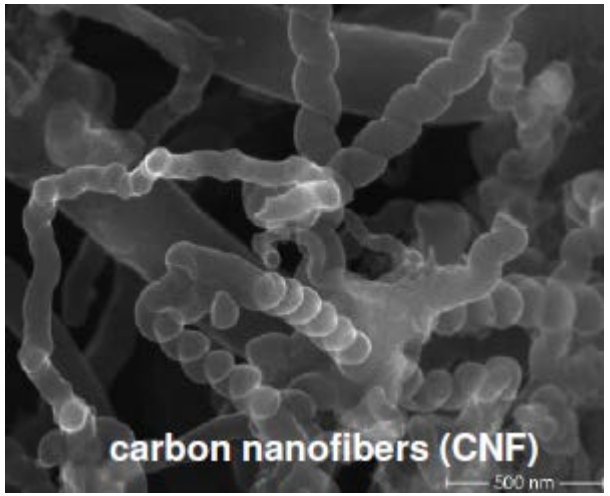




Wirkung von Nanomaterialien

Fazit

- Gesundheitliche Wirkungen von Nanomaterialien sind durch bekannte Wirkprinzipien zu beschreiben.
- Es sind keine völlig neuartigen Wirkungen zu erwarten noch bisher aufgefallen.
- Methoden zur Bewertung möglicher Gesundheitsgefahren von Nanomaterialien sind vorhanden.
- Studien jedoch häufig mit unzureichender Qualität



Epidemiologische Forschung

- Bisher keine generellen Belege für systemische Toxizität oder kanzerogenes Potenzial
- Epidemiologischen Studien, dass Exposition gegenüber Umweltfeinstaub (UFP allgemein) assoziiert ist mit
  - Erkrankungen der Atemwege,
  - erhöhter Mortalität,
  - Inzidenz an kardiovaskulären Erkrankungen.
- Übertragbarkeit dieser Befunde auf Expositionen gegenüber Nanomaterial am Arbeitsplatz unklar

Epidemiologische Forschung

Aufnahme von Nanomaterialien durch die Haut:
Beispiel: Zinkoxyd (ZnO) in Sonnencreme

- Primärpartikel 19 nm & 110 nm
- Ergebnisse
  <0,001% des aufgetragenen ^{68}Zn im Blut
- Deutung
  - beide Formen von Zn systemisch verfügbar
  - nano-ZnO tendenziell mehr
  - ggf. Zn als Ion systemisch verfügbar (ggf. eher aus nano-ZnO)

Epidemiologische Forschung

Verteilung von Nanomaterialien im Körper:
Beispiel: Inhalationsstudie an Ratten

- Nanosilber (18 - 19 nm): Silbergehalte in der Lunge 2-3 Größenordnungen höher als in den untersuchten Organen (Gehirn, Leber, Riechnerv)
- Nanoaluminium (20 und 40 nm): keine erhöhten Aluminiumgehalte in Organen (Gehirn, Niere, Leber)

Vergleich: Autopsieproben an Steinkohlengrubenarbeitern
- moderates bis schweres Pigmentaufkommen (Ruß) in Leber und Milz

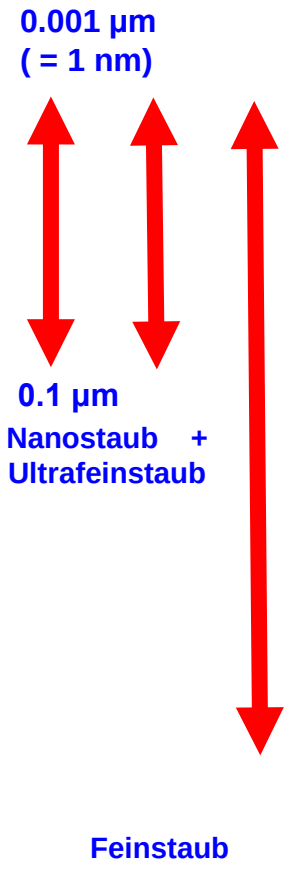
→ nicht nur Nanopartikel zeigen eine gewisse systemische Verfügbarkeit

Quellen von nanoskaligen Partikeln

natürliche Quellen		anthropogene Quellen	
Vulkanausbruch		Zigarettenrauch	
Waldbrand		Verkehr (Dieselfahrzeuge)	
Stürme		Industrie	

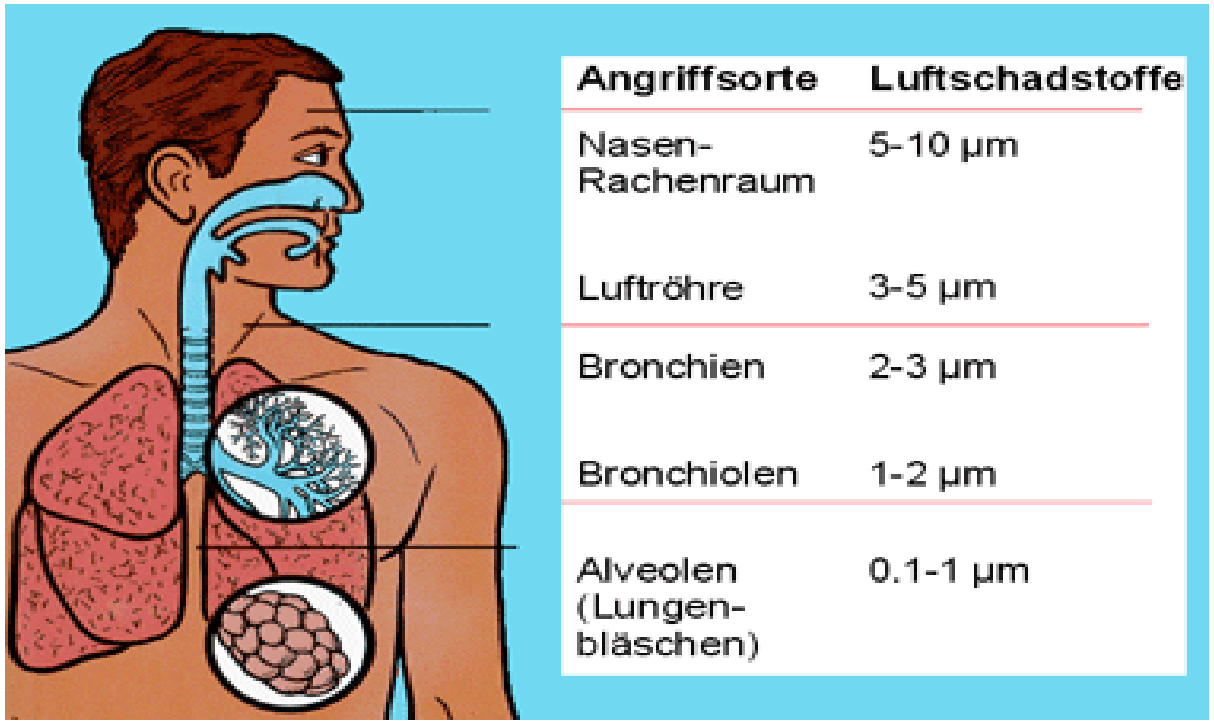
Nanomaterialien und Gesundheitsschutz

- **"Nanostäube"** sind Stäube, die granuläre Nanopartikel oder faserförmige Nanoobjekte (Nanofasern, Nanoröhrchen, Nanodraht) im Grössenbereich von 1 bis 100 nm enthalten.
- **"Ultrafeine Stäube"** enthalten ebenfalls Partikel im Grössenbereich von 1 bis 100 nm. Sie entstehen jedoch im Gegensatz zu Nanostäuben ***unabsichtlich***, z. B. bei thermischen Prozessen (u. a. Schweissprozesse) oder der mechanischen Bearbeitung von Werkstoffen.
- Für den Begriff **„Feinstaub“** gibt es verschiedene Definitionen. Der Begriff "Feinstaub" wurde im Arbeitsschutz durch den Begriff „alveolengängige Staubfraktion“ („a-Staub“ steht für den Massenanteil der inhalierbaren Partikel, der bis in die Alveolen vordringt) ersetzt.



Nanomaterialien und Gesundheitsschutz

- **Feinstaub PM10**, der kleiner als 10 Mikrometer ist, gelangt bis in den oberen Bereich der Lunge.
- **Feinstaub PM2,5**, der kleiner als 2,5 µm ist, dringt tief bis in die Atemwege zu den Bronchiolen vor.
- **Ultrafeinstaub PM0,1** ist kleiner als 0,1 µm und kann sogar in die Lungenbläschen eindringen.



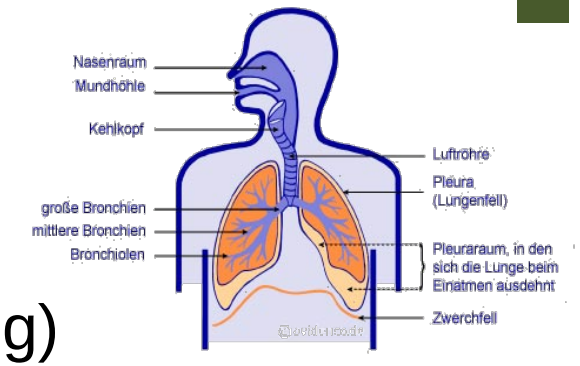
Angriffsorte	Luftschadstoffe
Nasen-Rachenraum	5-10 µm
Luftröhre	3-5 µm
Bronchien	2-3 µm
Bronchiolen	1-2 µm
Alveolen (Lungen-bläschen)	0.1-1 µm

Nanomaterialien und Gesundheitsschutz

Nanopartikel und ultrafeine Aerosole sind allgegenwärtig . . .
einige Beispiele aus der Praxis (10 - 100 nm)

Ort der Messung	Partikelzahl pro cm^3 Luft
geschlossene Räume	1.000 – 10.000
industrielle Arbeitsplätze	5.000 – 100.000
stark befahrene Strasse	bis zu 100.000
am Ofen einer Bäckerei	bis zu 640.000
im Zigarettenrauch	bis zu 1.000.000
in Dieselmotorabgasen	bis zu 10 Mrd.

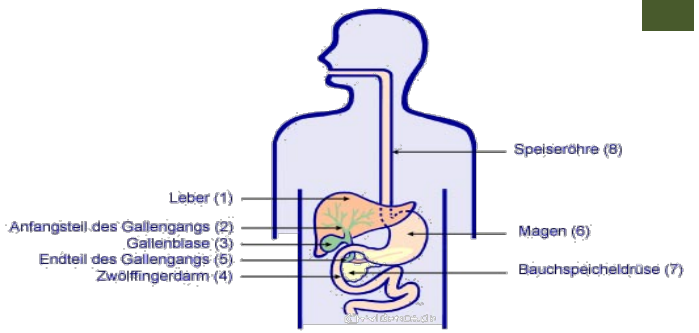
Aufnahmewege beim Menschen



Aufnahme über **Atemwege u. Lunge** (= inhalativer Aufnahmeweg)

- Nanopartikel werden hauptsächlich über die Atemwege aufgenommen.
- Inhalierte Nanopartikel besitzen die Fähigkeit, Gewebe zu durchdringen. So können sie über die Alveolen (= Lungenbläschen) der Lunge direkt in den Blutkreislauf und von dort in sekundäre Zielorgane (z. B. die Nieren) gelangen.
- Die Lunge ist das kritischste Organ bei der Aufnahme von Nanopartikeln in den Körper.

Aufnahmewege beim Menschen



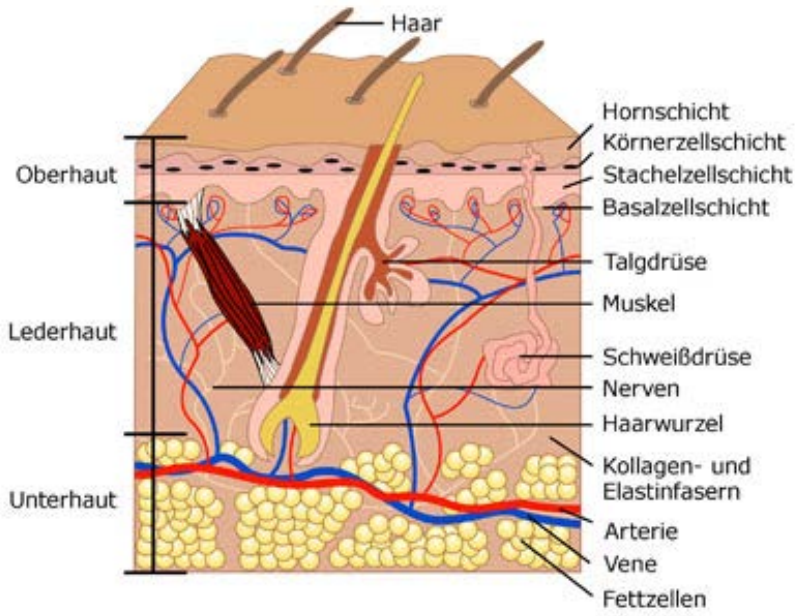
Aufnahme über den **Magen / Darm** (= oraler Aufnahmeweg)

- Nanopartikel können auch über die Schleimhäute des Magen-Darm-Traktes aufgenommen werden.
- Je kleiner die Partikel sind, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer Ablagerung der aufgenommenen Partikel in bestimmten Geweben und Organen und zur Schädigung derselben kommen kann.
- Ist die Darmbarriere infolge entzündlicher Erkrankungen in seiner Funktion beeinträchtigt, können die Transportraten durchaus höher liegen, als bei einem gesunden Darm.

Aufnahmewege beim Menschen

Aufnahme über die **Haut** (= dermaler Aufnahmeweg)

- Das gesundheitliche Risiko einer Aufnahme von staubförmigen Nanopartikeln über die Haut wird derzeit als gering beurteilt.
- Die gesunde Haut scheint eine wirksame Barriere gegen das Eindringen von Nanopartikeln zu sein.
- Eine Aufnahme über die Schleimhaut (*Mukosa*) scheint experimentell möglich zu sein.



Quelle: krebsgesellschaft.de

Im Tierversuch wurde gezeigt, dass über das Epithel der Riechschleimhaut aufgenommene Nanopartikel bis in das Gehirn gelangen können

Risiko einer Inkorporation

Eine mögliche Aufnahme von Nanomaterialien in den menschlichen Körper hängt davon ab, wie sie in der Umgebung vorliegen

Nanomaterialien	Praxisbeispiel	Risiko bzgl. Körperaufnahme ohne Schutzmassnahmen
freie Nanopartikel (inkl. Agglomerate u. Aggregate)	Arbeiten mit pulverförmigen Nanopartikeln	gross
Nanopartikel gebunden in eine andere Substanz	Nanopartikel als Verstärkung in Kunststoffen	mässig - gering
Nanopartikel verteilt in einer Flüssigkeit (Suspension)	Spray-Applikation, starkes Umrühren etc.	gross

Lösliche Nanomaterialien – Gruppe 1

- Lösen sich in Wasser und i.d.R. auch in biologischen Medien auf
- Verlieren dadurch ihre „nano“-Eigenschaften und sind nach der Stoffeigenschaft des Bulkmaterials zu beurteilen
- Richtwert: Löslichkeit in Wasser > 100 mg/l = löslich
- Beispiele: Kochsalz (NaCl) oder manche Siliciumdioxid-Nanopartikel

- CAVE: Nanomaterialien können modifiziert sein
- Empfehlung: Bei Unsicherheit sind NP als unlöslich zu bewerten

Biobeständige Nanomaterialien ohne spezifische Toxizität – Gruppe 2

- Keine über Partikelwirkung hinausgehende stoffspezifische Toxizität
- Chronische Gesundheitsgefährdung nach Inhalation steht im Vordergrund (oxidative Wirkung / chronische Entzündungen)
- Toxische Wirkung der Nano-Form entspricht mindestens derjenigen der alveolengängigen Fraktion (A-Staub) = Entzündung

Beispiele: Industrieruß (Carbon Black), Titandioxid, Aluminiumoxid, Aluminiumsilikat. Gilt auch für beschichtete Nanomaterialien, wenn sich dadurch keine Veränderung der Toxizität ergibt

Biobeständige Nanomaterialien mit spezifischer Toxizität – Gruppe 3

- solche Nanomaterialien, die gesundheitsschädigende Eigenschaften aufweisen (Bsp. Gold, Silber oder Zink) oder
- solche Materialien, die in mikroskaliger Form gesundheitsschädigende Eigenschaften aufweisen und für die in nanoskaliger Form keine entlastenden Daten vorliegen
- Nanomaterialien können als Transporter toxische Stoffe freisetzen, chemisch funktionelle Gruppen besitzen, chemisch funktionalisierte Oberflächen haben (katalytische Wirkung)
- Toxizität wird durch Freisetzungsrate, Aufnahme, biologische Verfügbarkeit und die spezifische chemische Reaktion bestimmt

Biobeständige, faserförmige Nanomaterialien – Gruppe 4

- Starre, faserförmige Struktur Nanofasern oder -röhrchen, mit: Länge > 5 µm, Durchmesser < 3 µm,
  Verhältnis Länge/Durchmesser > 3:1
- Könnten wie Asbestfasern wirken:
- Fasern können von Makrophagen auf Grund ihrer Form nicht „verdaut“ werden. Bei chronischer Exposition Bildung von Mesotheliom (Tumor, karzinogene Eigenschaften) möglich

Beispiele: bestimmte (rigide) Carbon Nanotubes, Titandioxid- Nanoröhrchen etc.

MNM	Acute toxicity	Skin corrosion/ irritation	Serious eye damage/eye irritation	Respiratory or skin sensitization	Germ cell mutagenicity	Carcinogenicity	Reproductive toxicity	Specific target organ toxicity (single exposure)	Specific target organ toxicity (repeated exposure)
Fullerene (C_{60})	No[a]	No	No	No	No	No data[b]	No data	No data	No
SWCNT	No	No	No	No	Cat 2B[c] (L)[d]	No data IARC[e] 3	No data	No data	Cat 1 (L)
MWCNT	No	No	Cat 2A (H)[g]	No	Cat 2 (H)	MWCNT–7: Cat 2 (M)[f], IARC 2B Other MWCNTs: IARC 3	No	No data	Cat 1 (M)
AgNP	No	No	No	Cat 1B (M)	No	No data	No	No data	Cat 1 inhalation (H) Cat 2 oral (H)
AuNP	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	Cat 1 inhalation (H)
SiO_2	No	No	No	No	No	No data	No	No data	Cat 2 inhalation (H)
TiO_2	No	No	No	No	No	No data; IARC 2B	Cat 2 (L)	No data	Cat 1 inhalation (H)
CeO_2	No	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	Cat 1 inhalation (M)
Dendrimer	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data
Nanoclay	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data
ZnO	No	No	No	No data	No	No data	No	No data	Cat 1 inhalation (M)

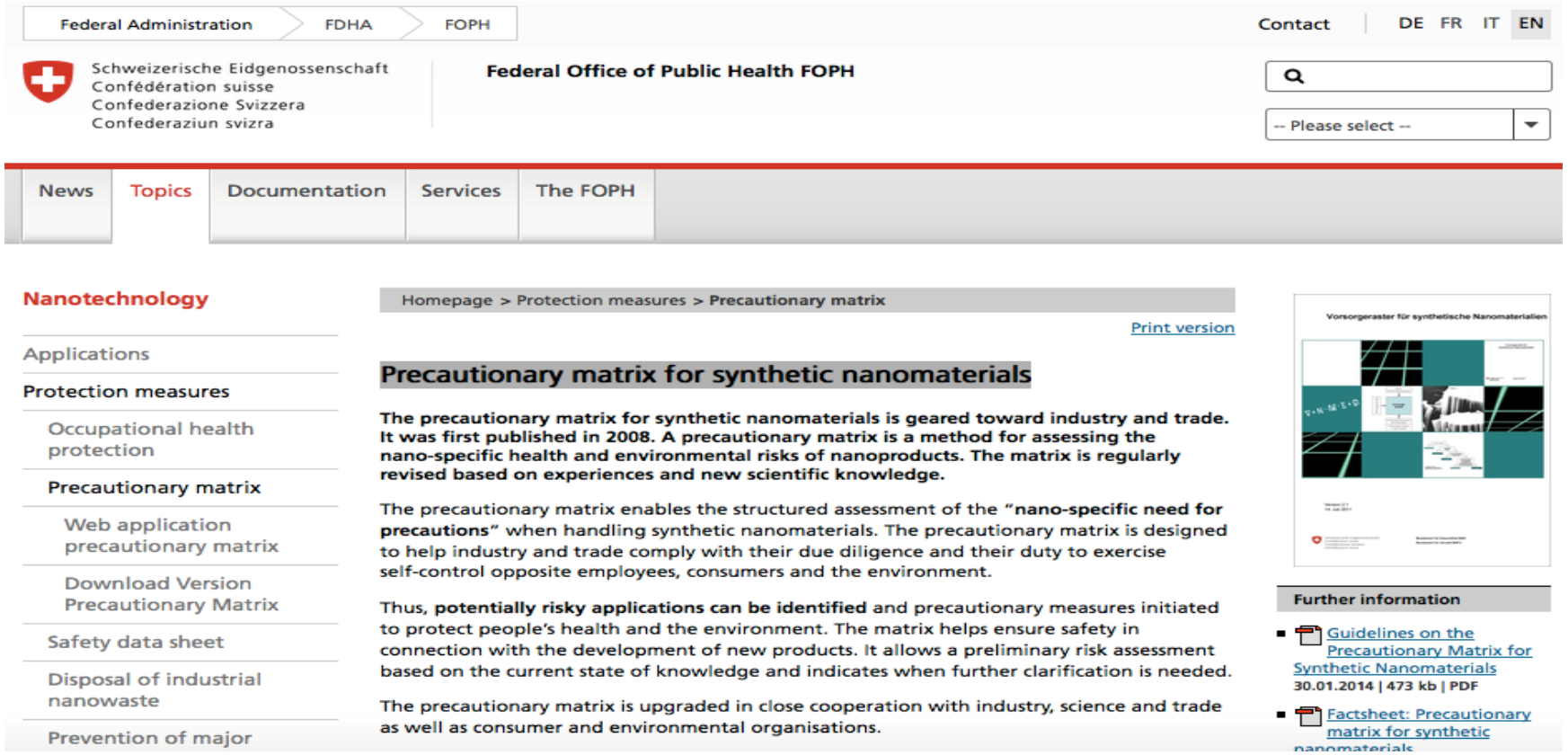
Gefährdungsbeurteilung

1. • **Stoffspezifische Informationen & gesundheitsgefährdende Eigenschaften**
2. • **Tätigkeiten**: wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit einer Freisetzung & Exposition?
3. • **Beurteilungskriterien**: welche Kriterien/Maßstäbe kommen zur Anwendung?
4. • **Substitutionsprüfung**
5. • **Messung / Bewertung** der Freisetzung

Gefährdungsbeurteilung - 2

6. • Expositionsbewertung
7. • Ableitung von Schutzmaßnahmen
8. • Wirksamkeitskontrolle
9. • Betriebsanweisungen, Unterweisung
10. • Abschließen oder quantitative Gefährdungsbeurteilung?

Risikobewertungstool BAG



Federal Administration > FDHA > FOPH

Contact | DE FR IT EN

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Federal Office of Public Health FOPH

-- Please select --

News | Topics | Documentation | Services | The FOPH

Nanotechnology

- Applications
- Protection measures
  - Occupational health protection
  - Precautionary matrix
    - Web application precautionary matrix
    - Download Version Precautionary Matrix
  - Safety data sheet
  - Disposal of industrial nanowaste
  - Prevention of major

Homepage > Protection measures > Precautionary matrix

Print version

Precautionary matrix for synthetic nanomaterials

The precautionary matrix for synthetic nanomaterials is geared toward industry and trade. It was first published in 2008. A precautionary matrix is a method for assessing the nano-specific health and environmental risks of nanoproducts. The matrix is regularly revised based on experiences and new scientific knowledge.

The precautionary matrix enables the structured assessment of the **"nano-specific need for precautions"** when handling synthetic nanomaterials. The precautionary matrix is designed to help industry and trade comply with their due diligence and their duty to exercise self-control opposite employees, consumers and the environment.

Thus, **potentially risky applications can be identified** and precautionary measures initiated to protect people's health and the environment. The matrix helps ensure safety in connection with the development of new products. It allows a preliminary risk assessment based on the current state of knowledge and indicates when further clarification is needed.

The precautionary matrix is upgraded in close cooperation with industry, science and trade as well as consumer and environmental organisations.

Vorsorgeraster für synthetische Nanomaterialien

Further information

- Guidelines on the Precautionary Matrix for Synthetic Nanomaterials
  30.01.2014 | 473 kb | PDF
- Factsheet: Precautionary matrix for synthetic nanomaterials

http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12174/index.html?lang=en

Risikobewertungstool BAG

nm, as nano-specific effects on biological systems can also be caused by particle sizes of 100-500 nm.

Entry according to EU-proposed definition (2011/696/EU)
Entry according to precautionary approach (external dimensions of primary particle from 1 to 500 nm)

guidelines section 4.3	A	V	U
N Nano-relevance according to the precautionary matrix	**1**	**1**	**0**
N1 Order of size of the primary particles in the materials (free, bound, aggregated or agglomerated) ○ over 500 nm (→ evaluation terminated) ● 1-500 nm (→go to N1a) Note: primary particles larger than 500nm are not nano-relevant. If applicable, evaluation can be concluded.	1	1	1
N1a Do the primary particles form agglomerates >500 nm? ○ no ● yes (→go to N2AV and N2U)	0	0	0
N2AV In the body does deagglomeration of agglomerates (or aggregates) to primary particles or agglomerates <500 nm occur? ● yes	1	1	

Risikobewertungstool BAG

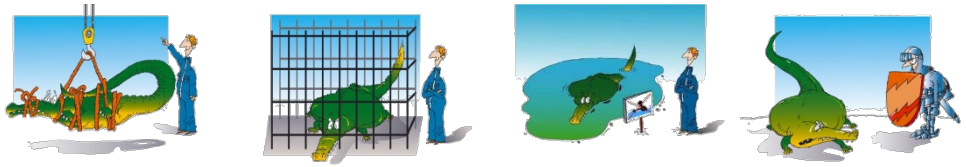
valuation precautionary needs

e precautionary matrix calculates a total score for workers, consumers and the vironment. A precautionary need is given for **scores over 20** (see statements in the iidelines, section 5.3)

ease note: The precautionary matrix does not produce a definitive evaluation in terms of risk assessment!

r workers		
Precautionary need for employees	V_A	89
Precautionary need for employees (Worst Case)	V_A^{wc}	162
r environment		
Precautionary need environment production	V_U^P	0

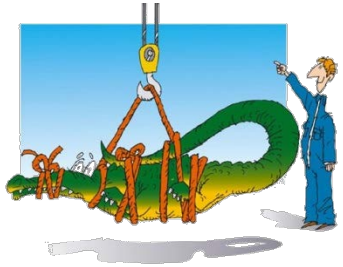
Schutzmassnahmen



Das „STOP-Modell“

- Substitution:
  Gesundheitsgefährdende Stoffe durch harmlosere ersetzen.
- Technische Schutzmassnahmen: (= Kollektivschutz):
  Zum Erfassen, Begrenzen u. Abführen gefährlicher Gase, Dämpfe, Stäube.
- Organisatorische Schutzmassnahmen:
  z. B. Minimierung der Expositionszeiten, Zugangsbeschränkung etc.
- Personenbezogene Schutzmassnahmen: (Individualschutz):
  z. B. Verwendung persönlicher Schutzausrüstung

Schutzmassnahmen



Substitution

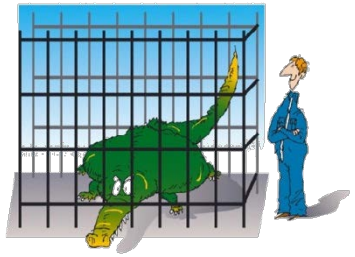
= Gesundheitsgefährdende Stoffe werden durch harmlosere ersetzt.

Beispiele:

- Ersatz pulverförmiger Nanopartikel-Zubereitungen durch solche, die Nanopartikel gebunden enthalten und damit eine Freisetzung erschweren (Dispersionen, Pasten, Granulate, Compounds etc.).

- Ersatz von Sprühanwendungen durch aerosolarme Verfahren (Streichen, Tauchen).

Schutzmassnahmen



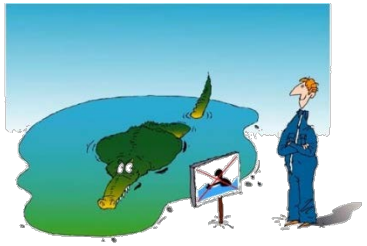
Technische Schutzmassnahmen

= Kollektivschutz

Beispiele:

- Geschlossene Apparaturen u. Materialien-Transfersystemen
- Absaugen von Stäuben oder Aerosolen direkt an der Quelle
- Raumlüftung und Abluftfiltersystem für abgesaugte Luft vorsehen (HEPA-Filter H14), möglichst keine Abluft-Rezirkulation
- Abtrennung von Arbeitsbereichen und leichter Unterdruck

Schutzmassnahmen

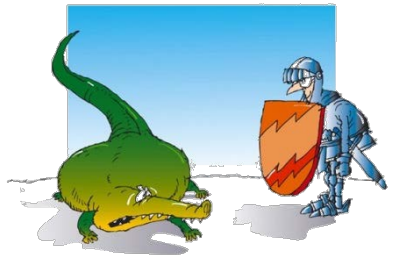


Organisatorische Schutzmassnahmen

Beispiele:

- Minimieren der Expositionszeit
- Minimieren der Anzahl exponierter Personen
- Entstehen von Stäuben oder Aerosolen vermeiden
- Beschränkung des Zugangs
- Unterweisen des Personals über Gefahren und Schutzmassnahmen (Betriebsanweisungen)

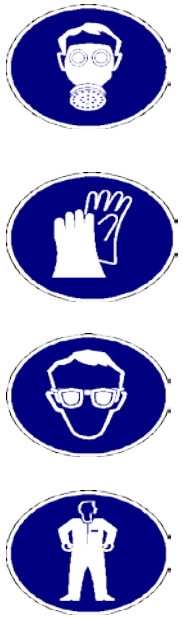
Schutzmassnahmen



Personenbezogene Schutzmassnahmen

= Individualschutz

Sie sind notwendig, wenn Aerosolbildung und / oder Hautkontakt durch technische Massnahmen nicht ausgeschlossen werden können:



- Atemschutz
- Schutzhandschuhe
- Geschlossene, gut sitzende Schutzbrille
- Schutzbekleidung mit Kapuze

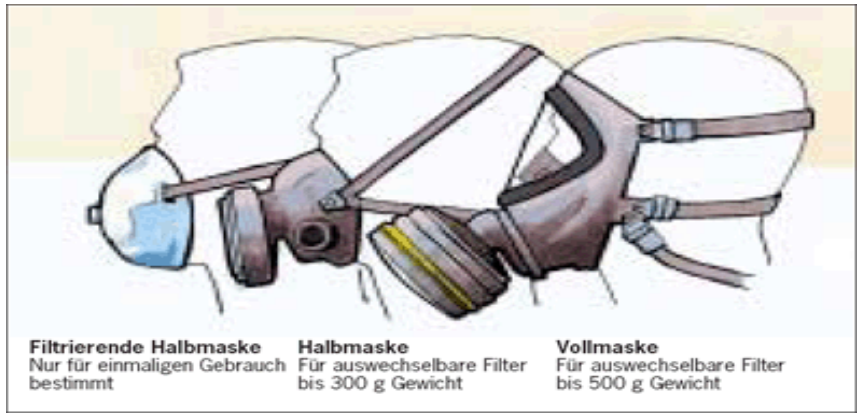
Schutzmassnahmen

Personenbezogene Schutzmassnahmen

= Individualschutz

Atemschutz

- Mind. P2 (CNT/WHO Fasern = P3)
- Halbmaske empfohlen
- Dichtsitz der Maske (Fit-Check) speziell bei Bartträgern kontrollieren



Schutzmassnahmen

Personenbezogene Schutzmassnahmen

= Individualschutz

Augenschutz

- Mindestens eine dicht schliessende Schutzbrille verwenden (z. B. Korbbrille)
- Vollmasken bieten besseren Schutz:
  sie umschliessen das ganze Gesicht, schützen gleichzeitig auch die Augen, bessere nomineller (Atem-)Schutzfaktor.

Schutzmassnahmen

Personenbezogene Schutzmassnahmen

= Individualschutz

Hautschutz – Schutzhandschuhe

- Sorgfältiges An- und Ausziehen der Handschuhe und Überlappung mit dem Schutzanzug ist sehr wichtig!
- Bei direktem Kontakt mit Nanopartikeln (fest, flüssig oder staubförmig) möglichst zwei Schichten von Handschuhen übereinander tragen (z. B. Latex- + Chemiehandschuhe oder zwei Einweghandschuhe übereinander

Schutzmassnahmen

Personenbezogene Schutzmassnahmen

= Individualschutz

Schutzkleidung

- Sorgfältiges An- und Ausziehen der Schuhe / Stiefel und Überlappung mit dem Schutzanzug ist sehr wichtig!
- Langärmeliger Schutzanzug aus Membranmaterial (non-woven oder Vlies, z. B. Tyvek®) mit Kapuze verwenden; gewobene Stoffe sind zu vermeiden

Schutzmassnahmen

Personenbezogene Schutzmassnahmen

= Individualschutz

Hygeniemassnahmen

- saubere Arbeitsplätze, -geräte und -kleidung, geschützte Aufbewahrung der beruflich nicht eingesetzten Kleider (= Ausgangskleider)
- persönliche Hygienemassnahmen einschliesslich Hautschutz und Hautpflege (geeignete Waschgelegenheiten und -mittel etc.)
- Besondere Massnahmen bei Tätigkeiten mit gefährlichen Nanomaterialien

Grenzwerte lungengängiger Nanoobjekte (Empfehlungen)

Editor	Nanomaterial	recommended exposure limit (REL)
National Institute of Occupational Safety and Health NIOSH, USA)	Titandioxid (< 100nm)	0.3 mg/m^3 10h/day and 40h/week
National Institute of Occupational Safety and Health NIOSH, USA)	Carbon nano tubes (CNT) and -fibers (CNF)	0.007 mg/m^3 1 µg/m^3 elemental carbon
Suva	Carbon nano tubes (CNT) and –fibers (CNF)	0.01 fibers/ml
Suva	Common dust	3 mg/m^3
Suva	Titandioxid	like common dust (not nano-specific)
IFA (Germany)	Biopersistent granular Nanomaterials Density > 6.000 kg/m^3 Density < 6.000 kg/m^3	20.000 particles/cm^3 (measuring range 1-100 nm) 40.000 particles/cm^3
IFA (Germany)	Carbon nano tubes (CNT) WHO-fibre properties cannot be ruled out	10.000 fibers/m^3

Messtechnik

▪ Massenbezogen	gute Vergleichbarkeit mit Staubmessungen
▪ Partikelkonzentration	relativer Wert, nützlich bei definierter Umgebung und Nanomaterial
▪ Partikel-Grössenverteilung	gut zur Charakterisierung der Luftpartikel
▪ Oberflächenkonzentration	relativer Wert, gut zur Überwachung und Wirksamkeitsbewertung von Massnahmen

Es gibt noch keine wirklich zuverlässige, einfache Messmethode!
Ebenso existieren keine validen Grenz- oder Referenzwerte.

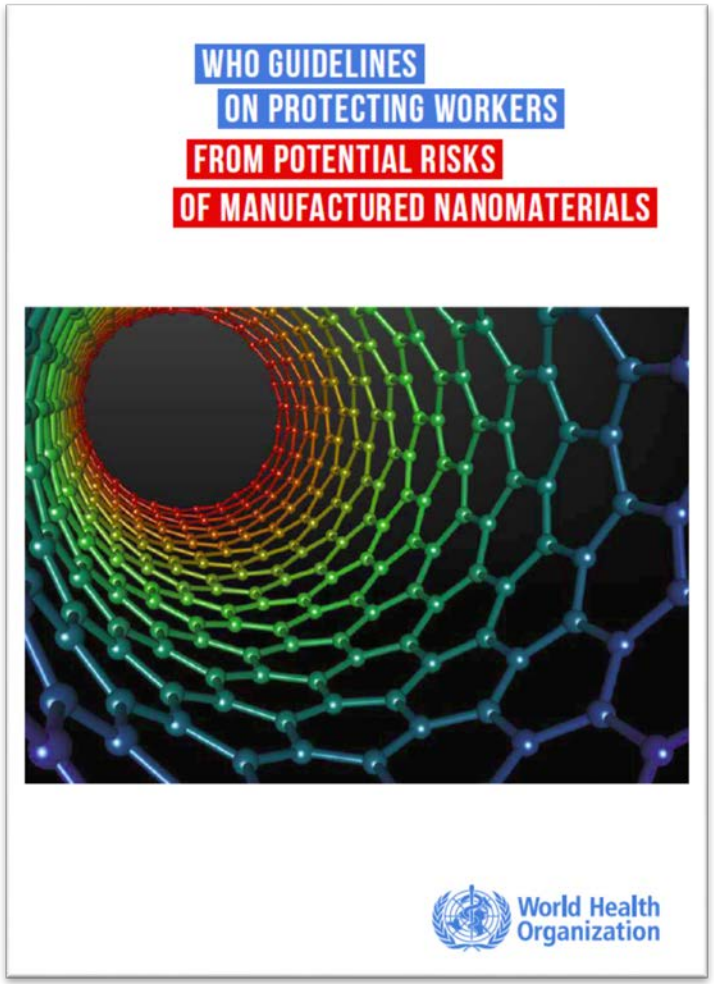
Achtung: Hintergrundbelastung erfassen!

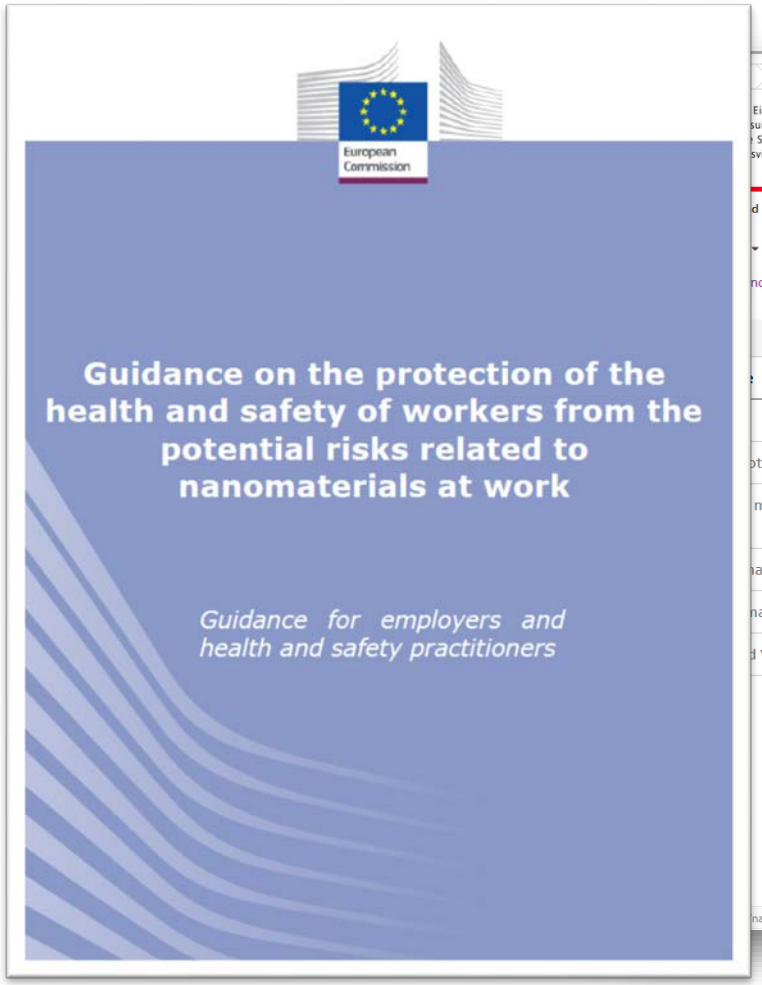
Entsorgung von Nanomaterial

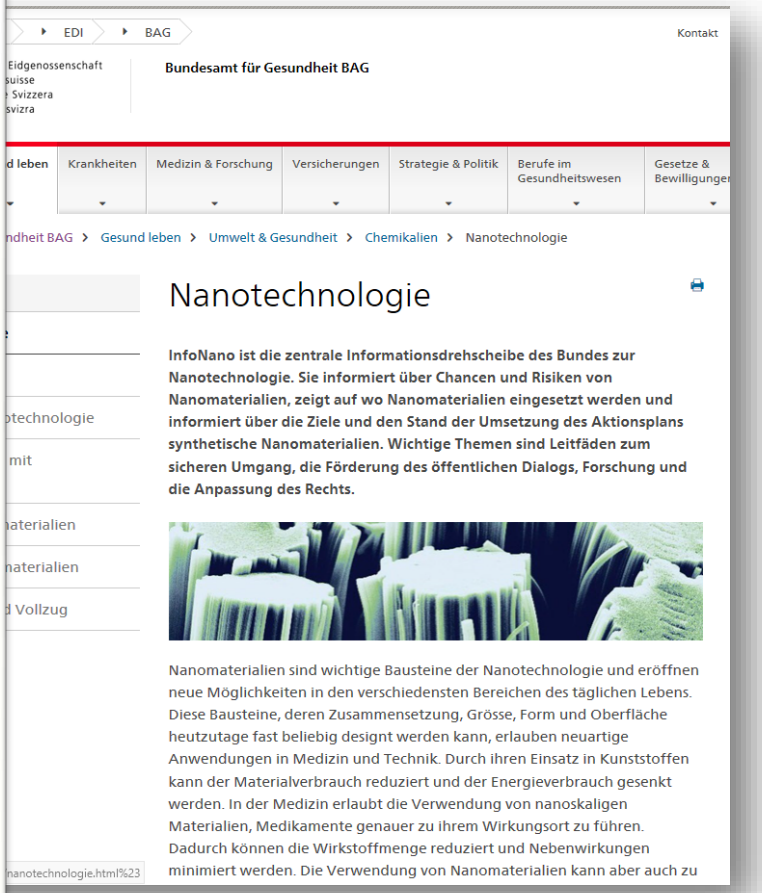
- Flüssige (gelöste) oder pastöse Nanomaterialien nicht über das Abwasserentsorgen!
- Feste Nanomaterialien (auch instabiler Matrix) sollen nicht über den Hauskehricht entsorgt werden
  - CNT und CNF doppelt verpackt als Sonderabfall entsorgen
  - Andere pulverförmige / staubende Nanomaterialien in dicht verschlossenen Gebinde als Sonderabfall entsorgen
  - Toxische Inhaltstoffe (z. Bsp. Arsen, Cadmium etc.) auf der Entsorgungsetikette deklarieren

- Bei Unsicherheit → CABS kontaktieren

Guidelines







https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/chemikalien/nanotechnologie.html