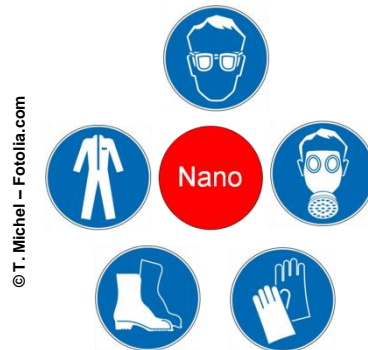




die
innovations-
gesellschaft

„Sicheres Arbeiten mit Nanomaterialien“



Datum: Juni 2014

Autor: Helmut Elbert

Die Innovationsgesellschaft mbH

Lerchenfeldstrasse 5, CH-9014 St.Gallen

Tel. +41 71 278 02 04, info@innovationsgesellschaft.ch

www.innovationsgesellschaft.ch

Arbeitsschutz bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien

Gliederung

- Wichtige Begriffe (Teil I)
- Aufnahmewege (Teil II)
- Schutzmaßnahmen (Teil III)

Nanomaterialien und Arbeitsschutz

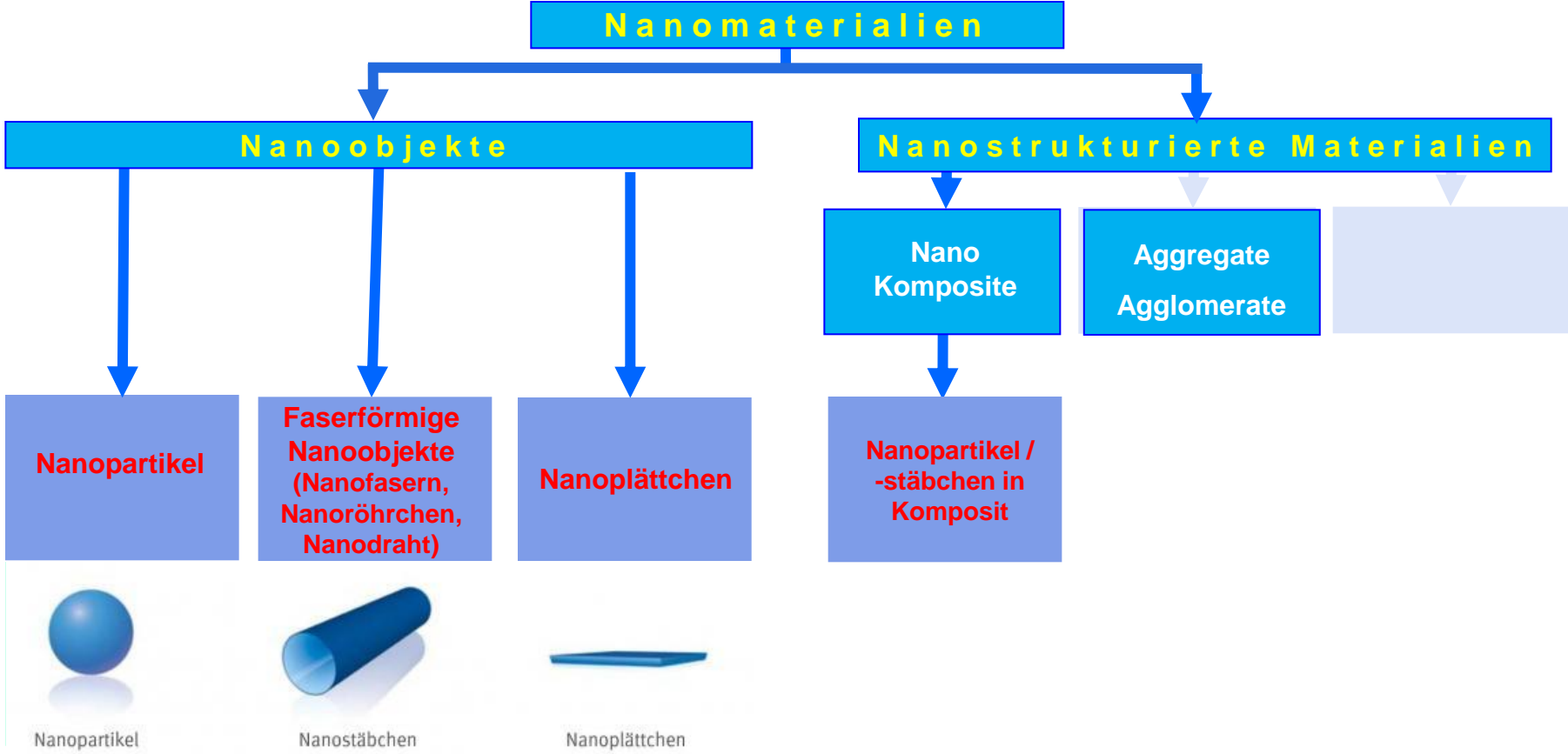
Wichtige Begriffe

- **Nanoobjekte** sind **beabsichtigt** hergestellte Materialien mit einem, zwei oder drei Außenmaß(en) von etwa 1 bis 100 Nanometer (nm). Sie treten als Nanopartikel, Nanofaser oder Nanoplättchen auf.
- Nanoobjekte können sich durch stärkere bzw. schwächere Bindungskräfte zu **Aggregaten** bzw. **Agglomeraten** zusammenlagern.
- **Nanomaterialien** umfassen die Nanoobjekte sowie deren Aggregate und Agglomerate. Dazu zählen auch nanostrukturierte Materialien.
- **Nanostrukturierte Materialien** weisen äußere oder innere Strukturen von etwa 1 bis 100 nm auf, wie Nanokomposite...

Nanomaterialien und Arbeitsschutz

Übersicht: Nanomaterialien und deren Einteilung

(in Anlehnung an den technischen Standard von ISO/TC 229)



Nanomaterialien und Arbeitsschutz

Übersicht: Nanoobjekte und deren Einteilung

(in Anlehnung an den technischen Standard von ISO/TC 229)

Nanoobjekte



Nanopartikel



Nanostäbchen



Nanoplättchen

aus: BGI/GUV-I 5149

Nanomaterialien und Arbeitsschutz

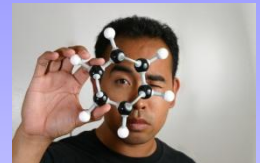
Wichtige Begriffe

Nanomaterialien

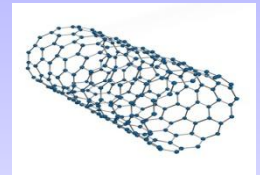
- werden **gezielt** hergestellt
- haben besondere Eigenschaften auf Grund der Nanometer-Größe. Sie haben z.B. eine andere Farbe als dasselbe Material in mikroskaliger Form (z.B. Gold) oder sie sind viel reaktionsfähiger (pyrophores Eisen)
- neigen dazu, sich durch stärkere bzw. schwächere Bindungskräfte zu Aggregaten bzw. Agglomeraten zusammenzulagern
- Beispiele: Industrie-Ruß, Titandioxid, Zinkoxid, Carbon-Nanotubes (CNT)



Bild BASF



© Jose Gill – Fotolia.com



© 3drenderings – Fotolia.com

Wichtige Begriffe

Ultrafeinstäube

- werden **nicht gezielt** hergestellt
- sie entstehen als Nebenprodukt aus thermischen Prozessen
- werden durch Menschen verursacht (z.B. Metallverarbeitung, Verbrennungsmotoren, Heizungen, Abrieb)
- oder stammen aus natürlichen Quellen (z.B. Vulkanasche, Waldbrände, Wirbelstürme)
- bestehen aus einem komplexen Gemisch von chemischen Substanzen (z.B. Metalle, Kohlenwasserstoffe, inerte Substanzen)



Christian Neßlinger / pixelio.de



© Stefan Redel – Fotolia.com



Bernhard Friesacher / pixelio.de

Feinstäube und Ultrafeinstäube

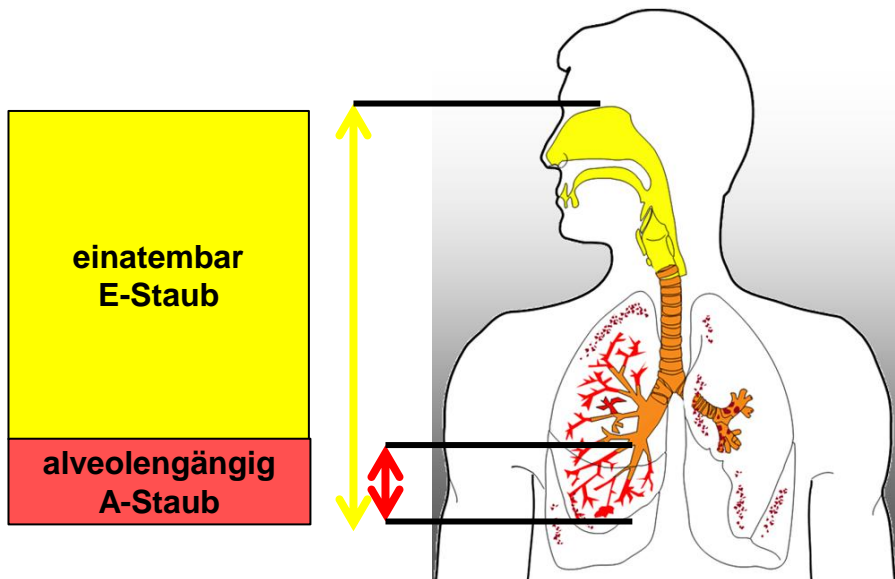
Welche Arten von Stäuben unterscheidet man?

Staub ist ein natürlicher Bestandteil der Luft und damit so gut wie überall präsent. Je nach Größe der Staubteilchen unterscheidet man:

Einatembarer Staub (E-Staub, früher: Gesamtstaub): Partikel, die kleiner als $100\ \mu\text{m}$ sind. Sie werden durch Mund und Nase eingeatmet. Der Arbeitsplatzgrenzwert beträgt $10\ \text{mg}/\text{m}^3$.

Alveolengängiger Staub (A-Staub, früher: Feinstäube): Partikel, die bis in die Alveolen vordringen können. Der Arbeitsplatzgrenzwert beträgt $1,25\ \text{mg}/\text{m}^3$.

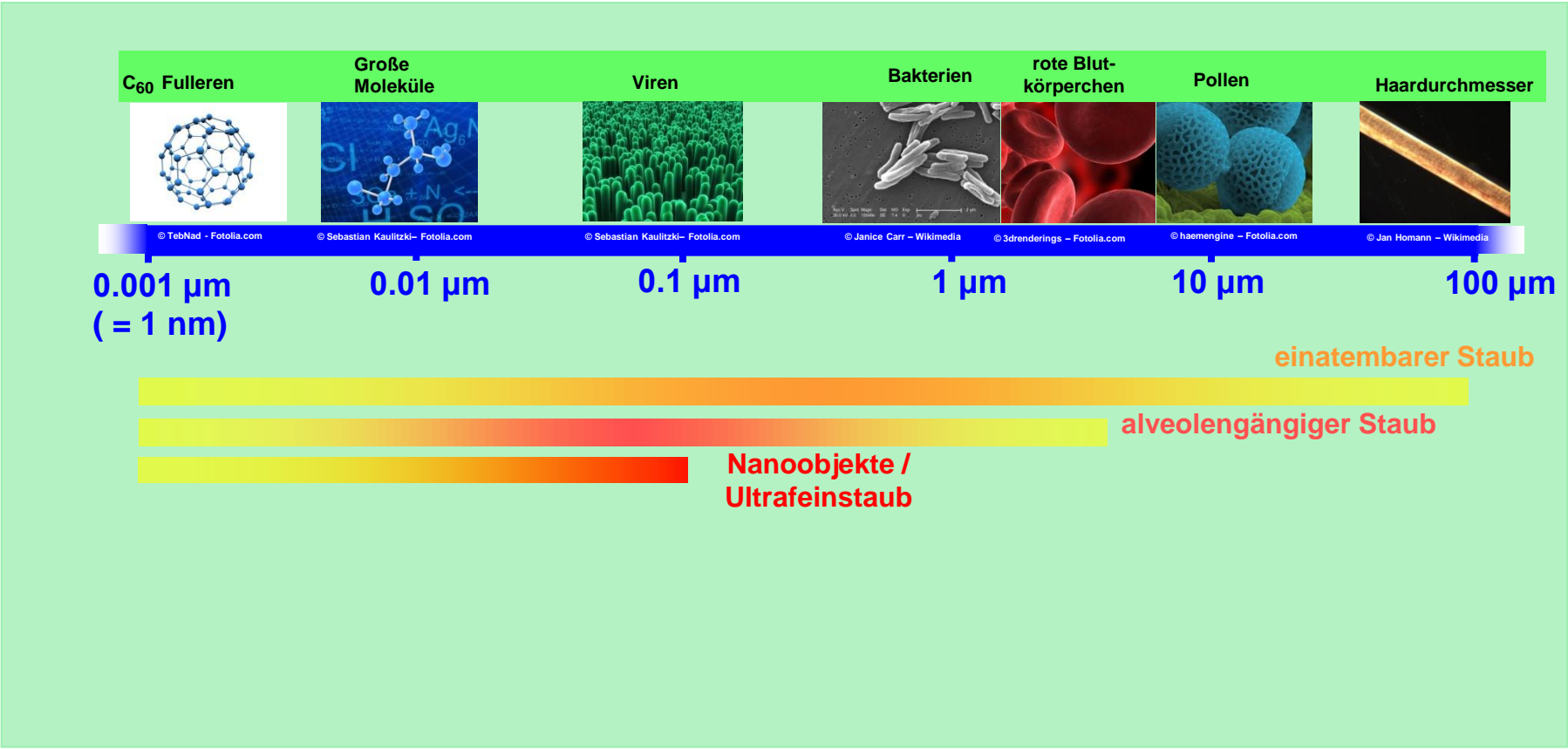
Ultrafeinstaub (UFP) ist kleiner als $100\ \text{nm}$ und kann ebenfalls bis in die Alveolen vordringen. Die o.g. Grenzwerte gelten nicht für Ultrafeinstaub.



Modifiziert nach M. Berges, IFA

Nanomaterialien und Arbeitsschutz

Materialien / Partikel und ihre Größe in μm

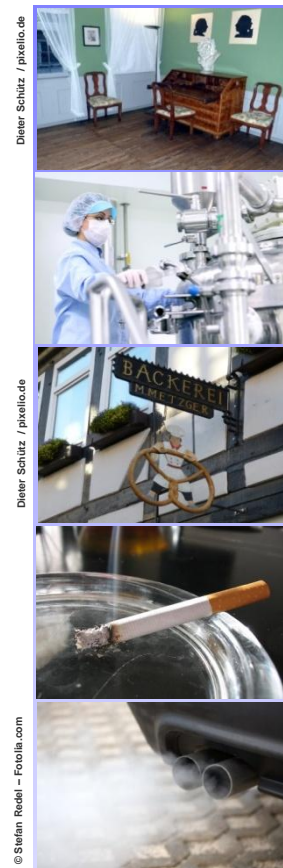


Nanomaterialien und Arbeitsschutz

Ultrafeinstäube sind allgegenwärtig:

Beispiele aus der Praxis (ca. 10 – ca. 600 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.



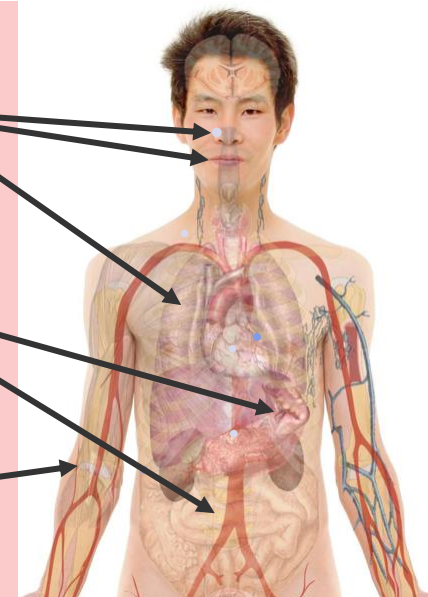
Aufnahmewege

Potentielle Aufnahmewege für Nanomaterialien

inhalativ = über Atemwege

oral = durch Verschlucken

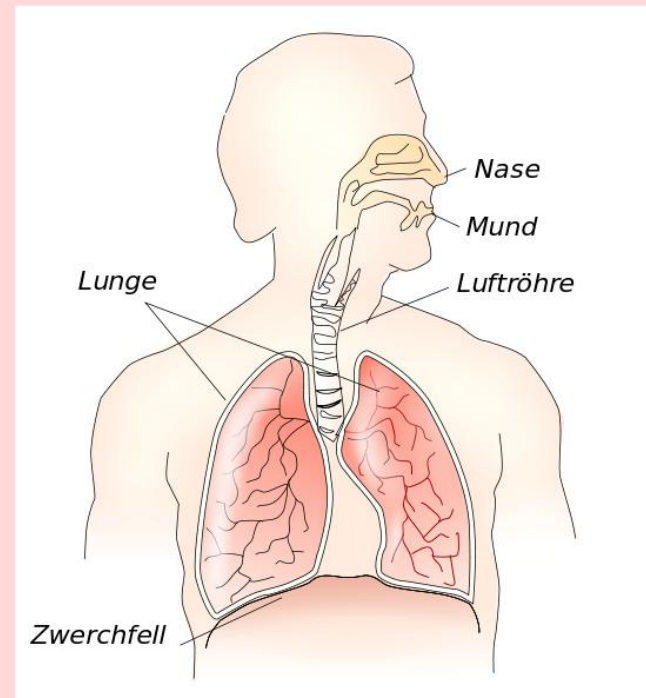
dermal = über die Haut



© Mikael Häggström - Wikimedia

Aufnahme über die Atemwege

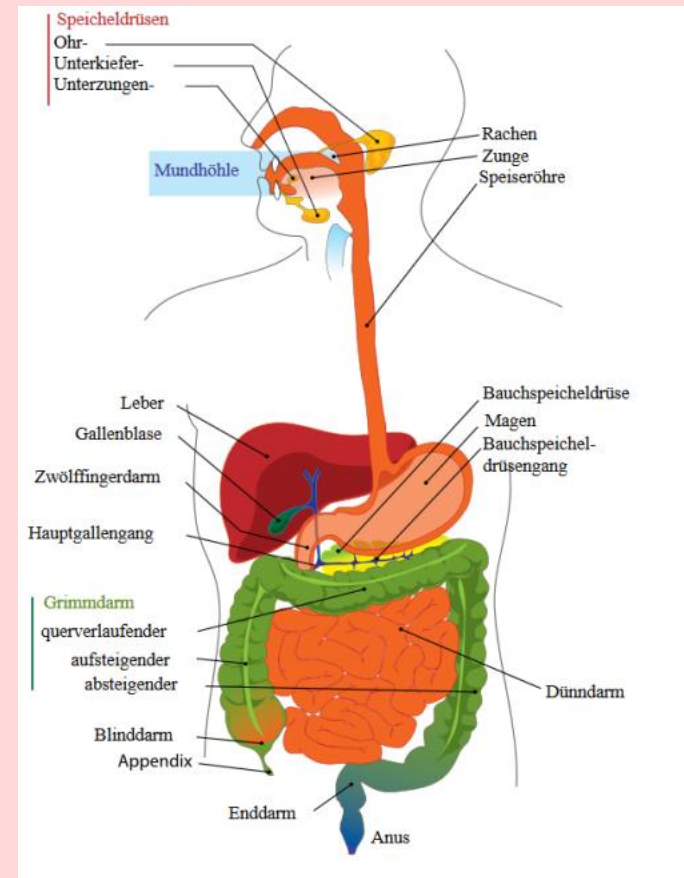
- Der Hauptaufnahmeweg für die meisten Nanomaterialien sind die Atemwege.
- Einige Nanopartikel können über die Alveolen (Lungenbläschen) der Lunge in den Blutkreislauf und von dort in sekundäre Zielorgane (z. B. die Nieren) gelangen.
- Im Tierversuch wurde gezeigt, dass über den Riechnerv einige Nanopartikel bis in das Gehirn gelangen können.



© Salbo/Theresa knott- Wikimedia

Aufnahme durch Verschlucken

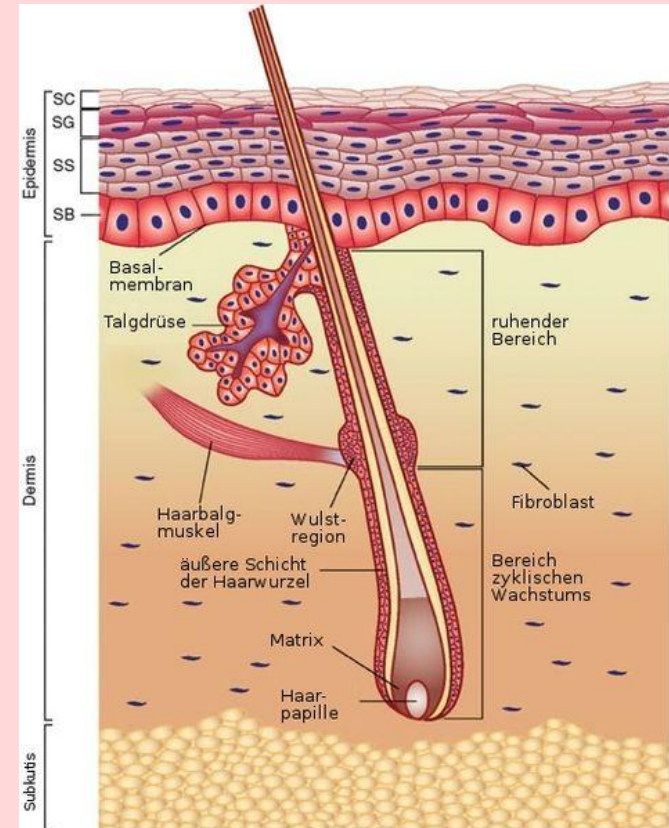
- Nanopartikel können auch über die Schleimhäute des Magen-Darm-Traktes aufgenommen werden.
- Je kleiner die Partikel sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass es zu einer Ablagerung der aufgenommenen Partikel in bestimmten Geweben und Organen kommen kann.
- Ist die Darmbarriere infolge entzündlicher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



Public domain image - Wikimedia

Aufnahme über die Haut

- Die Gefährdung durch die Aufnahme von Nanopartikeln über die Haut wird derzeit als gering beurteilt.
- Die gesunde Haut ist i.d.R. eine wirksame Barriere gegen das Eindringen von Nanopartikeln.



© Wong, D.J. et al - Wikimedia

Klassifizierung der Exposition

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

Nanomaterialien	Praxisbeispiel	<i>Risiko bzgl. Körperaufnahme ohne Schutzmaßnahmen</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ freie Nanoobjekte (inkl. Agglomerate u. Aggregate) 	Arbeiten mit pulverförmigen Nanoobjekten	groß
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nanoobjekte gebunden in eine andere Substanz 	Nanoobjekte als Verstärkung in Kunststoffen	<i>vernachlässigbar</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nanoobjekte verteilt in einer Flüssigkeit (Suspension) 	Spray-Applikation, starkes Umrühren	groß

Schutzmaßnahmen

Das „STOP-Modell“

Substitution

Technische Schutzmaßnahmen (Kollektivschutz)

Organisatorische Schutzmaßnahmen

Persönliche Schutzmaßnahmen (Individualschutz)



© Jeremy - Fotolia.com

Rangfolge der Schutzmaßnahmen

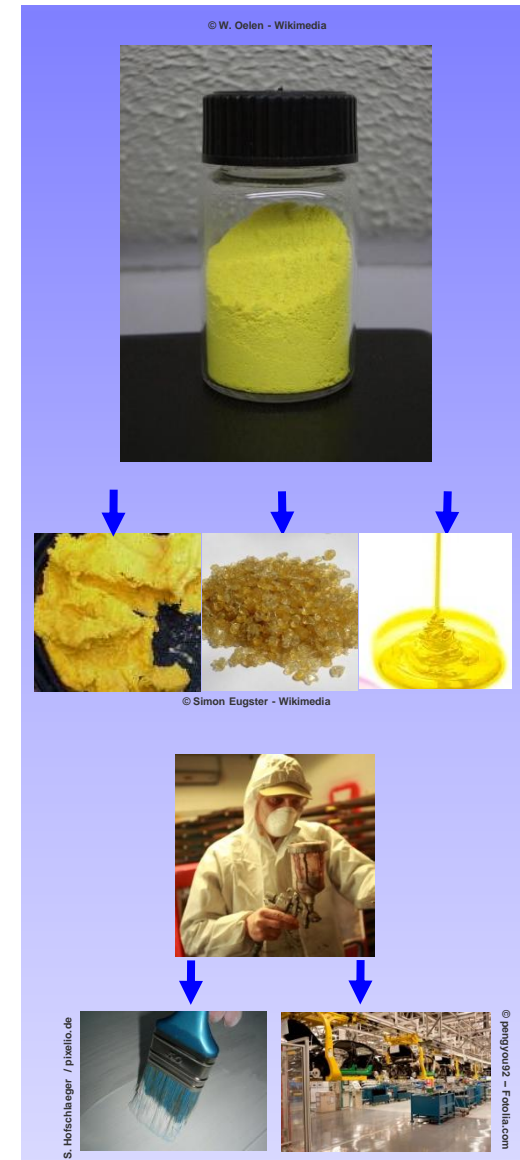
- Wenn die Substitution zumutbar ist, hat diese Vorrang
- Technische Maßnahmen haben grundsätzlich Vorrang vor organisatorischen und persönlichen Schutzmaßnahmen
- Treten Emissionen trotz technischer Schutzmaßnahmen auf, so
 - kann zwar die Person durch organisatorische Maßnahmen und PSA geschützt werden
 - die Kleidung, die getragene PSA, die Umgebung und andere Personen werden jedoch kontaminiert
 - Kontaminationen werden zudem oft verschleppt
- Bei Havarien sind dagegen organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen regelmäßig notwendig

Schutzmaßnahmen

Substitution

Beispiele:

- Staubende Nanoobjekte in flüssigen Medien dispergieren, in einer Matrix binden oder durch weniger staubende Materialien (z.B. Pasten, Granulate) ersetzen
- Ersatz von Sprühanwendungen durch aerosolarme Verfahren (Streichen, Tauchen)



Technische Schutzmaßnahmen

- Verwenden von geschlossenen Apparaturen u. Materialien-Transfersystemen
- Absaugen von Stäuben oder Aerosolen direkt an der Quelle
- Raumlüftung und Abluftfiltersystem für abgesaugte Luft vorsehen (HEPA-Filter H14), keine Luftrückführung
- Abtrennung von Arbeitsbereichen und Anpassung der Raumlüftung
- Reinigung nur durch Aufsaugen mit einem Industriestaubsauger der Staubklasse H oder feucht abwischen, kein Abblasen



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)

Organisatorische Schutzmaßnahmen

Hygienemaßnahmen:

- Im Arbeitsbereich keine Lebensmittel aufbewahren sowie weder essen, trinken oder rauchen
- Waschmöglichkeit vorsehen
- Nach Arbeitsende und vor jeder Pause Hände gründlich reinigen
- Straßenkleidung und Arbeitskleidung getrennt aufbewahren

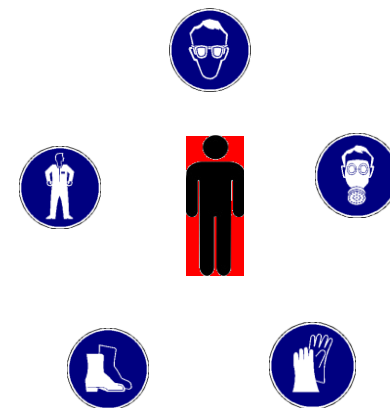


Schutzmaßnahmen

Persönliche Schutzmaßnahmen

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

- Atemschutz
- Schutzhandschuhe
- Schutzanzug

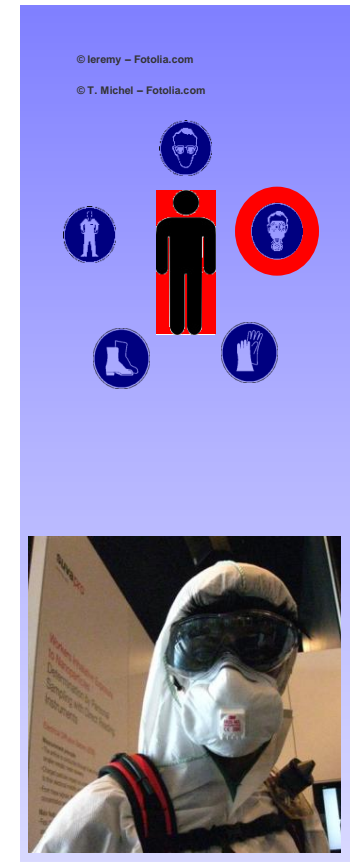


© T. Michel – Fotolia.com
© Jeremy – Fotolia.com

Persönliche Schutzmaßnahmen

Atemschutz:

- Wenn die Freisetzung von Nanomaterialien nicht verhindert werden kann, zusätzlich zu den technischen Maßnahmen eine Atemschutzmaske tragen (mindestens Partikelfilter P2).

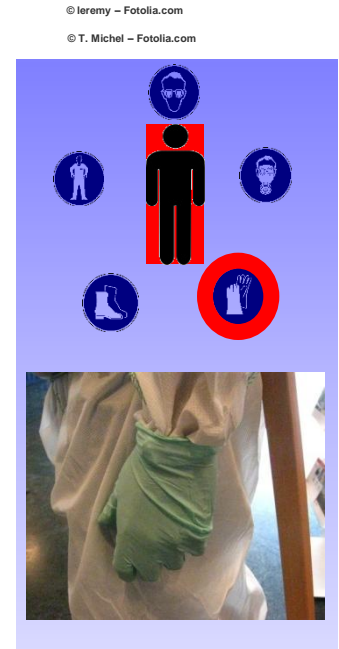


Schutzmaßnahmen

Persönliche Schutzmaßnahmen

Handschuhe

- Bei direktem Kontakt mit Nanomaterialien (fest, flüssig oder staubförmig)
 - Chemikalienschutzhandschuhe (die Beständigkeit gegenüber dem enthaltenen Lösungsmittel ist zu berücksichtigen)
- Sorgfältiges An- und Ausziehen der Handschuhe und Überlappung mit dem Schutzanzug ist sehr wichtig



Schutzmaßnahmen

Persönliche Schutzmaßnahmen

Schutzanzug

- Bei Staubentwicklung: staubdichter Einwegschutzanzug (Typ 5) mit Kapuze verwenden
- Sorgfältiges An- und Ausziehen der Handschuhe und Überlappung mit dem Schutzanzug ist sehr wichtig
- Gleichermaßen wichtig ist das richtige An- und Ausziehen des Schutzanzugs



FAZIT:

Die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse zum Thema Arbeits- und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Nanomaterialien zeigen, dass die gegen Stäube üblichen Schutzmaßnahmen auch gegenüber Nanomaterialien wirksam sind.