

Nanotechnologie

Ein Beispiel für erfolgreiche Technologiefolgenabschätzung?

Dr. Rolf Packroff

Wissenschaftlicher Leiter

Fachbereich "Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe"

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

baua:

Die BAuA nimmt als Ressortforschungseinrichtung des Bundes eine Schlüsselstellung bei der Gestaltung einer sicheren und gesunden Arbeitswelt ein.



Bilder: BAuA / Vox / Völkner



www.baua.de

<http://www.ginkgomaps.com/>

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

- **Bundesinstitut mit Forschungs- und Entwicklungsaufgaben**
- **Ressortforschung** im Geschäftsbereich des **Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS)**
- **Leitlinie**
 - Verbesserung von Sicherheit und Gesundheit und menschengerechte Gestaltung der Arbeit**
- **ca. 700 Mitarbeiter:** 481 Dortmund, 172 Berlin, 37 Dresden, 9 Chemnitz
- **Initiiert, koordiniert und betreibt Forschung und Entwicklung**
- Beteiligt sich an der Entwicklung von **technischen Richtlinien zu sicheren Arbeitsbedingungen**
- Fördert den **Transfer von** entsprechendem **Wissen in die Praxis**
- Im Rahmen der **Chemikalien- und Produktsicherheit** hat die BAuA gesetzliche Verantwortung für Informations- und Organisationsaufgaben sowie die Durchführung von Prüfungen, Bewertungen und Zulassungen.



DASA Deutsche Arbeitsschutzausstellung
Dortmund



BAuA-Stammsitz
Dortmund

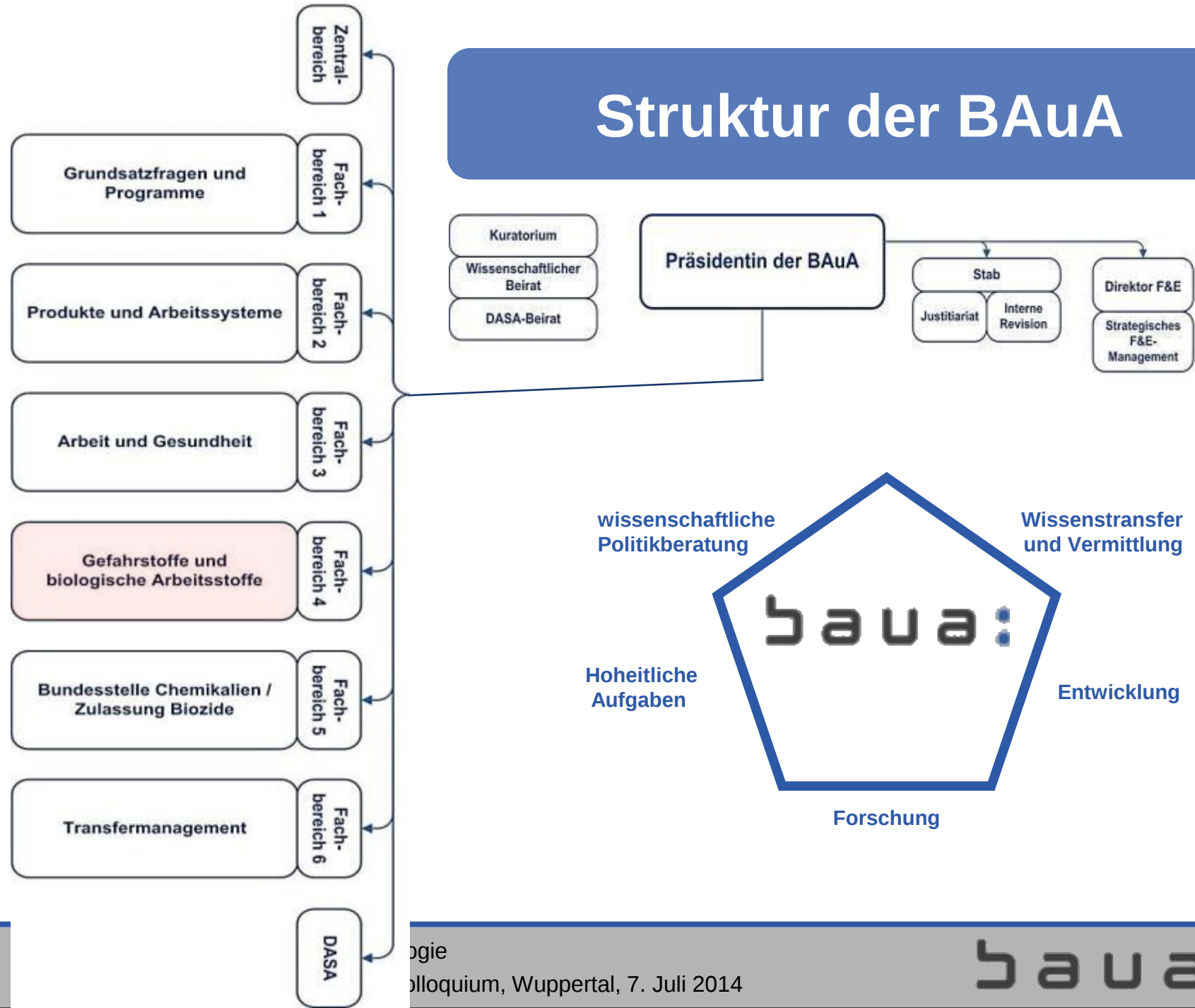


Berlin



Chemnitz und Dresden

Struktur der BAuA





Fachbereich 4

**"Gefahrstoffe und
biologische Arbeitsstoffe,,**

Leitung: Dr. Rüdiger Pipke

Wiss. Leitung: Dr. Rolf Packroff

Fachbereich 5

**„Bundesstelle Chemikalien,
Zulassung Biozide“**

Leitung: Dr. Ann Bambauer

FB 4: "Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe"

Fachbereichsleitung

Wissenschaftliche Leitung

Prozessleitung REACH

Prozessleitung Biozide

Gruppe 4.1 (Do)

Expositionsszenarien

Gruppe 4.2 (B)

Biomarker

Gruppe 4.3 (Do)

Toxikologie

Gruppe 4.4 (Do)

Gefahrstofflabor

Gruppe 4.5 (B)

Wirkung von Gefahrstoffen

Gruppe 4.6 (Do)

Gefahrstoffmanagement

Gruppe 4.7 (B)

Biologische Arbeitsstoffe

Dortmund (Haus I)



Dortmund (Haus IV)



Berlin (Haus C)



Gefahrstofflabor (4.4)

Biomonitoring-Labor (4.2)

Nano-Labor (4.5)

arbeitsmedizinisches Labor (4.5)

biochemisches Labor (4.7)

mikrobiologisches Labor (4.7)

Übersicht

Neue Nanomaterialien –
neue Gefahren?

*New Nanomaterials – New
Dangers?*



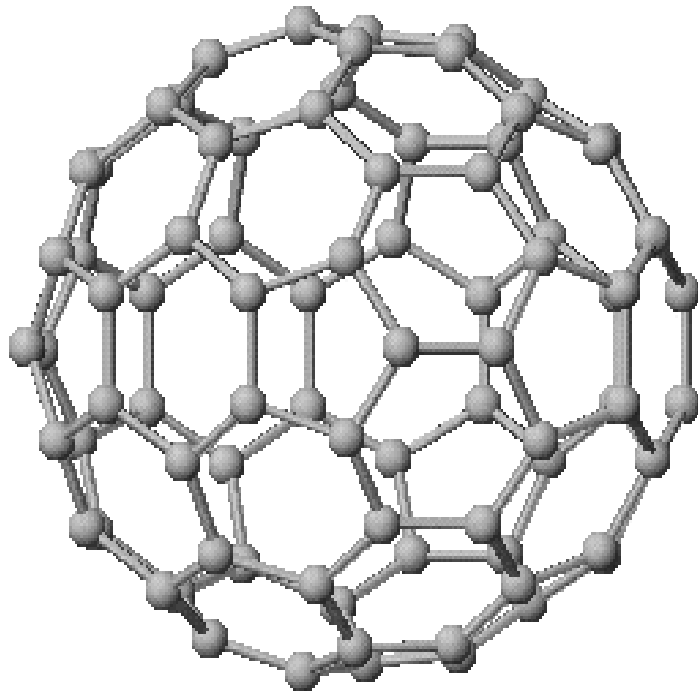
DEUTSCH



ENGLISH

- Nanomaterialien
- Risikoforschung
 - Belastungen am Arbeitsplatz
 - Toxikologische Charakterisierung
- Vorsorge und Regelsetzung

Nanomaterialien: Am Anfang stand ein Fußball

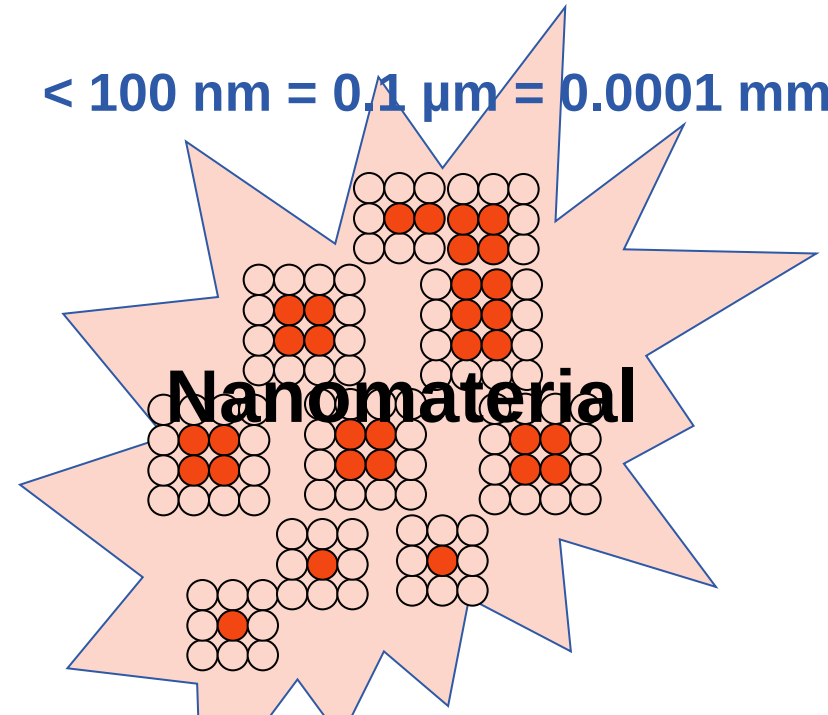


Nanomaterialien



Binnenatome

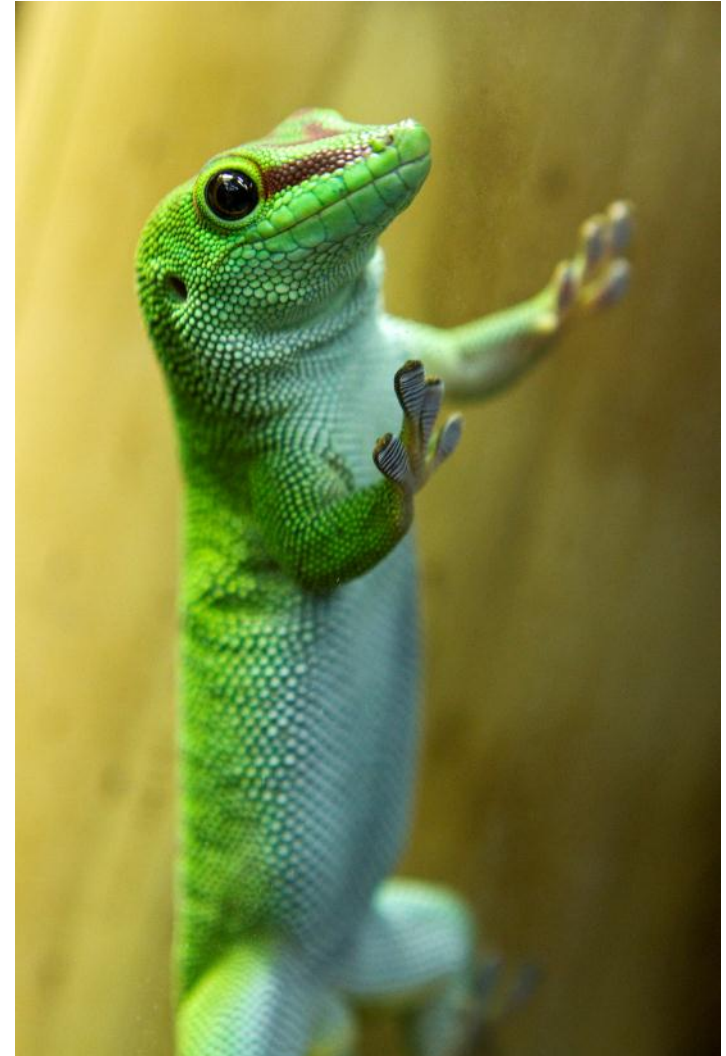
$< 100 \text{ nm} = 0.1 \text{ }\mu\text{m} = 0.0001 \text{ mm}$



Oberflächenatome

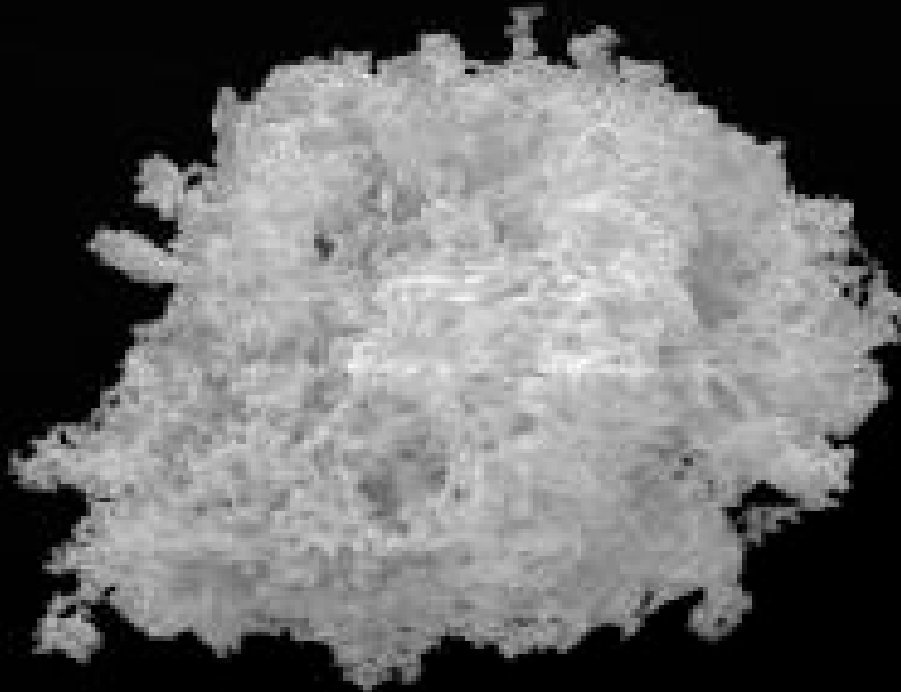
bestimmen physikalische und chemische Eigenschaften

Nanostrukturen in der Natur



Photos:
BAuA/Fox

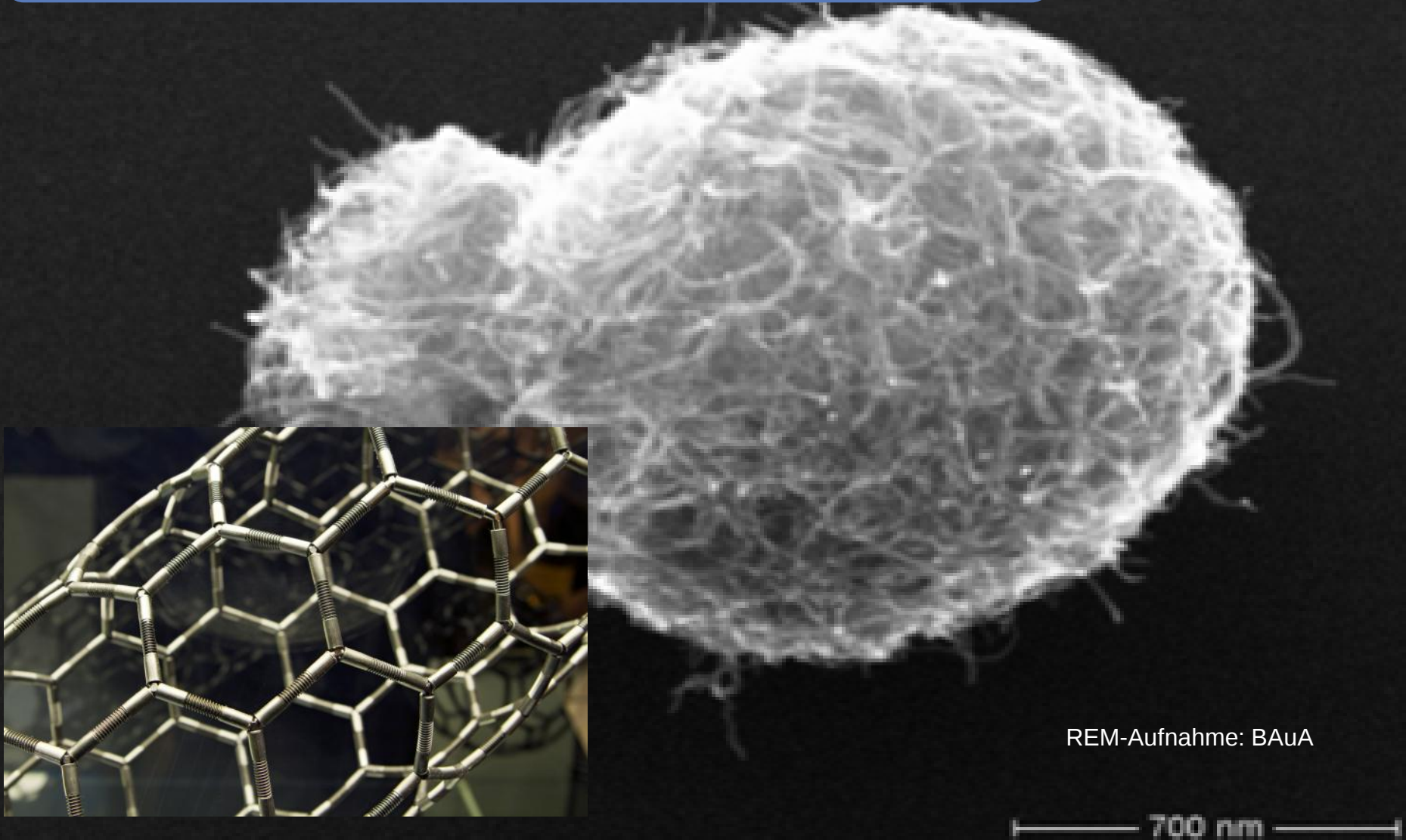
Nanosilber (Ag)



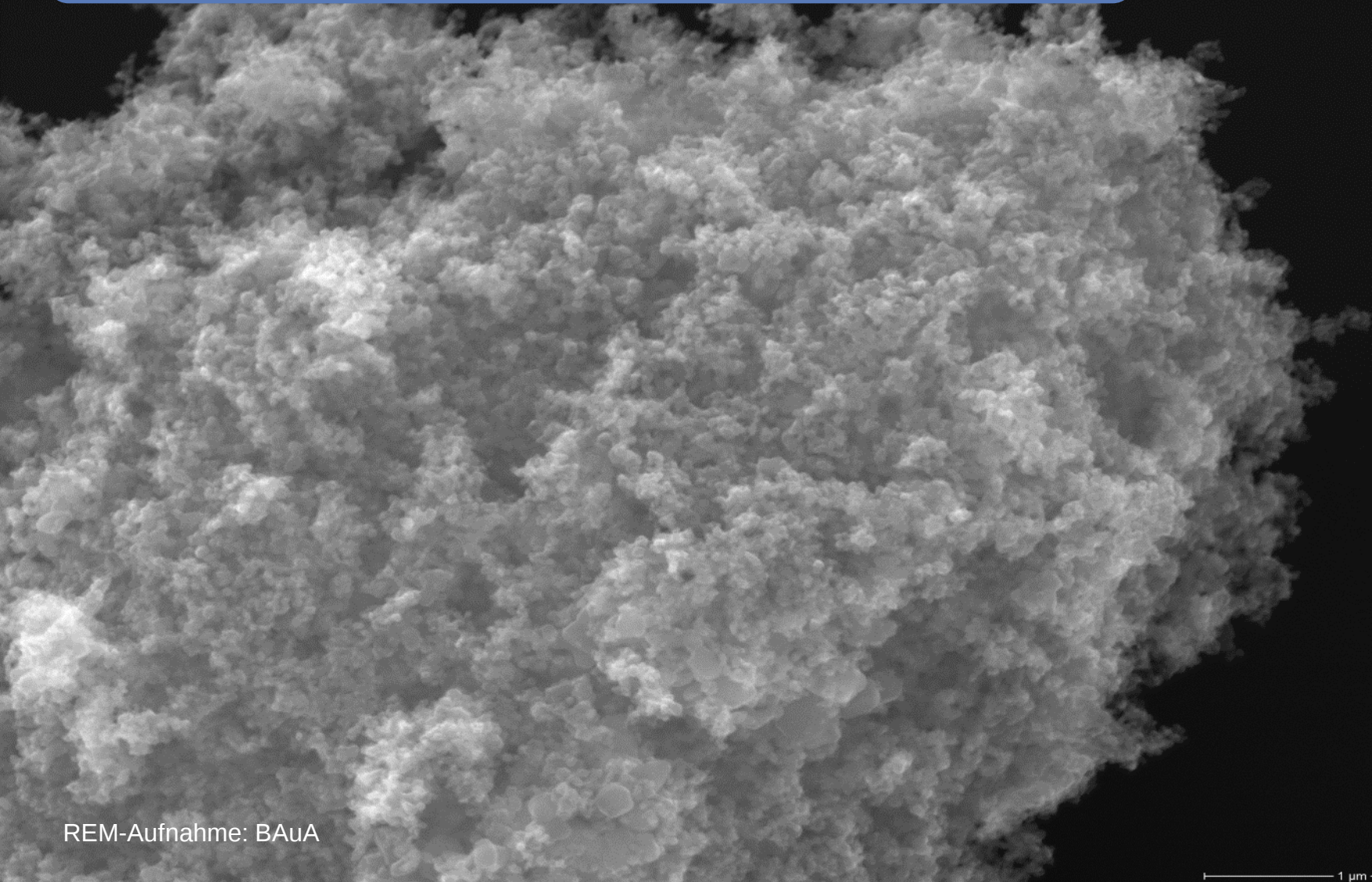
5 μm

REM-Aufnahme: BAuA

Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT)



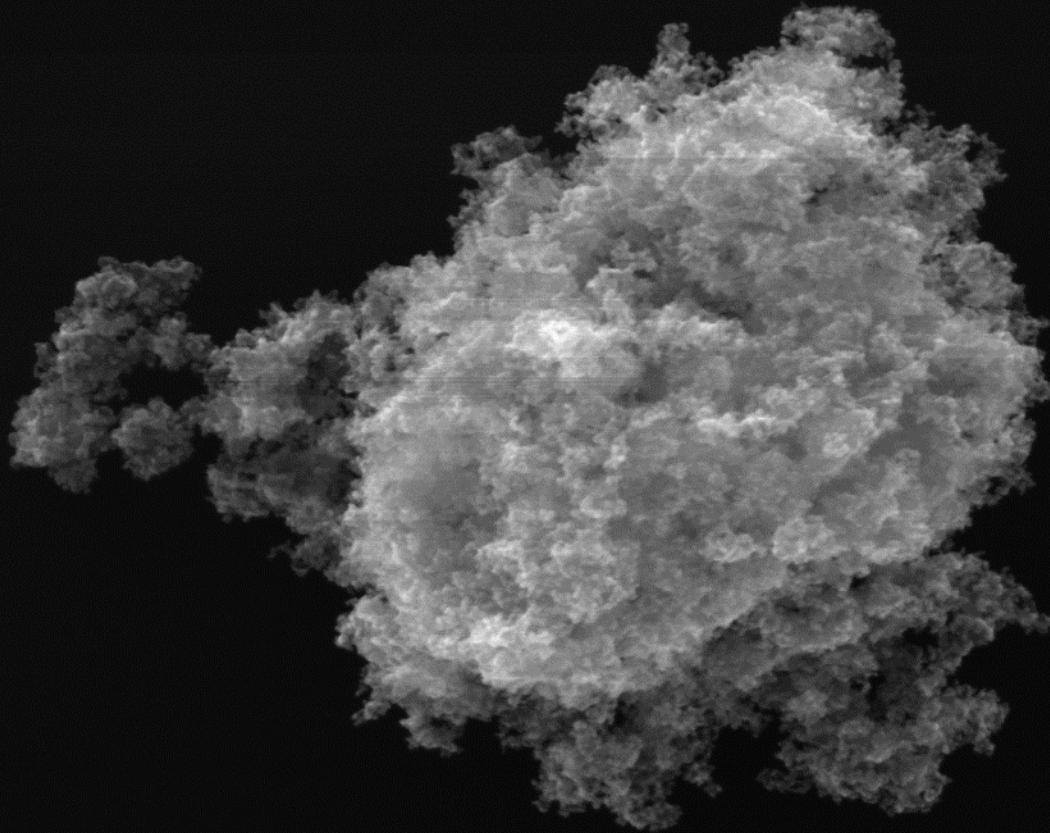
Nano-Titandioxid (TiO_2)



REM-Aufnahme: BAuA

1 µm

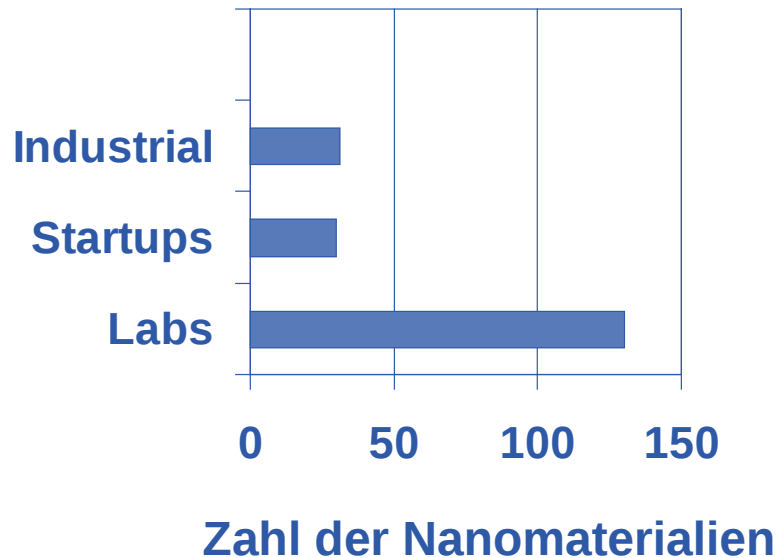
Nano-Zinkoxid (ZnO)



REM-Aufnahme: BAuA

1 µm

Vorkommen und Verwendung von Nanomaterialien in Deutschland (2011)



Fragebogen an 1.750 „Nanofirmen“ und Forschungseinrichtungen,
454 Antworten, 194 Nanomaterialien, ~ 50% in der Forschung

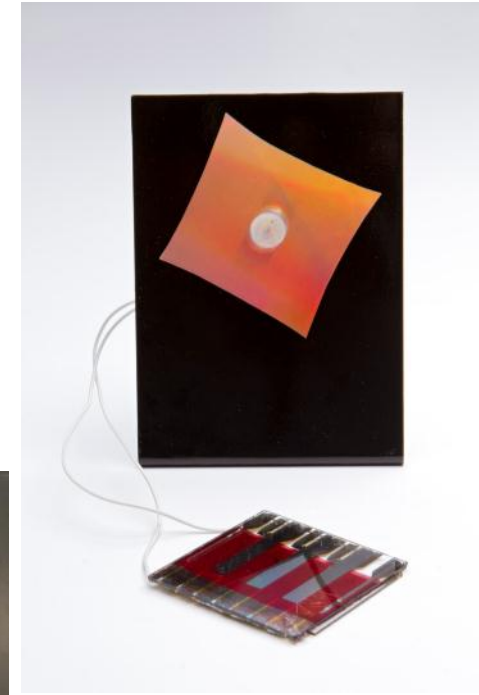
TOP 5 Nanomaterialien: Industrie

1. Kieselsäure (amorphes SiO_2)
2. Titandioxid (TiO_2)
3. Quarz (SiO_2)
4. Polymere / Composite
5. Carbon Black (C)

TOP 5 Nanomaterialien: Forschung

1. Multiwalled carbon nano tubes (MWCNT)
2. Titandioxid (TiO_2)
3. Silber (Ag)
4. Gold (Au)
5. organische Nanomaterialien

Nanoprodukte



Green Nano: Chancen der Nanotechnologie für Umwelt und Gesundheit

- **Einsparung von Rohstoffen** durch Miniaturisierung
- **Einsparung von Energie** durch Gewichtsreduktion / Funktionsoptimierung
- **Verbesserung der Reinigungsleistung** von Filtersystemen
- **Therapeutische Anwendungen** in der Medizin
- **Schutz vor UV-Strahlung** (z. B. Sonnenmilch)
- **Biozid-Anwendungen** (z. B. antibakterielle Ausrüstung mit Nanosilber)
- **Substitution von Gefahrstoffen**
- Umweltschutz durch **nanoskalige Katalysatoren** (z. B. Abwasser- und Grundwasserreinigung)

Umweltbundesamt 2009

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3765.pdf>

Nano - Besorgnis



Nanomaterialien sind sehr klein und können sich daher **im Organismus besser verteilen** als größere Partikel

Neuartige technische Eigenschaften sind mit **neuartigen Gesundheitsgefahren** verbunden

Nanomaterialien sind so gefährlich wie **Asbest**

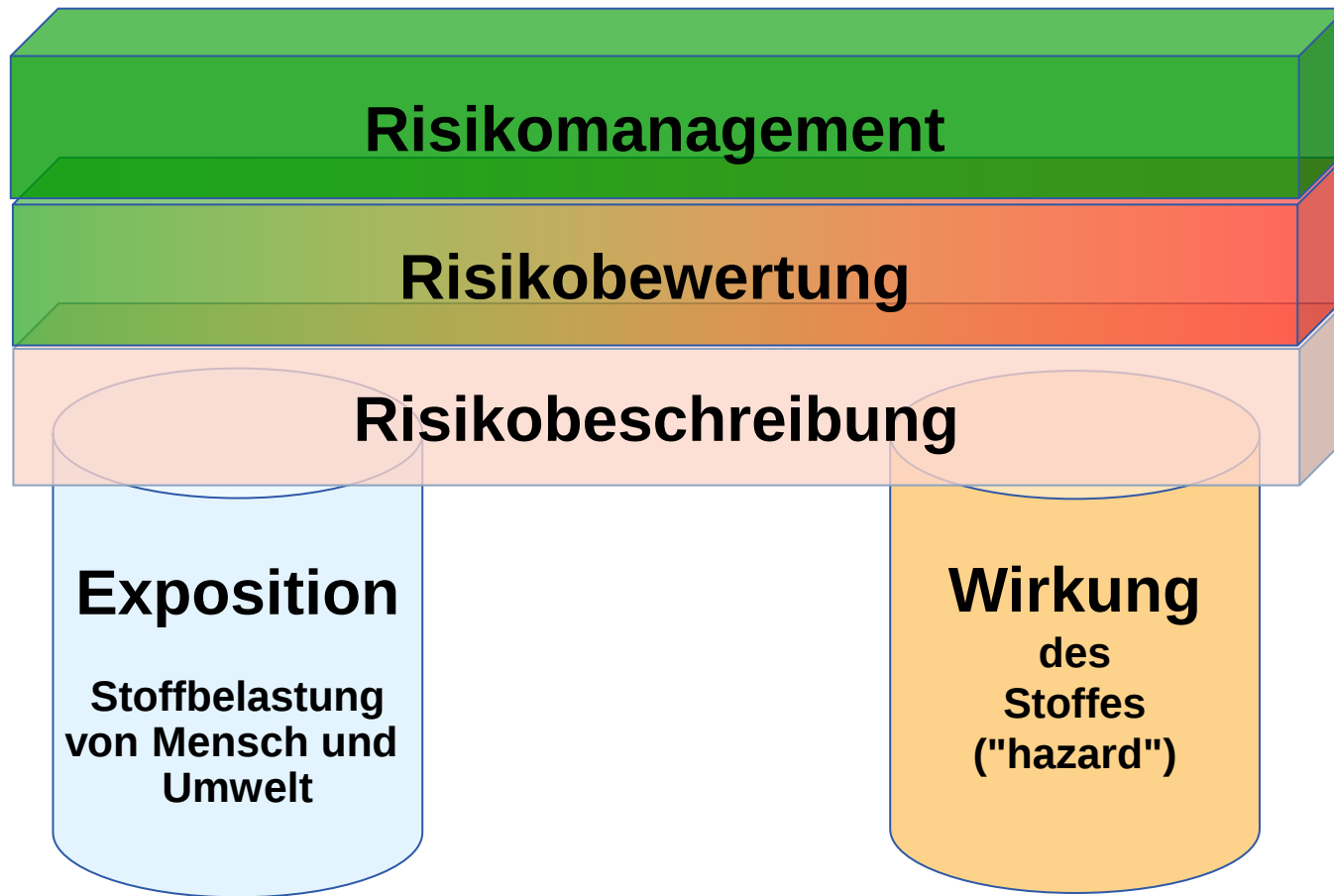
Innovation braucht Risikoforschung

- **Beschreibung und Bewertung von unzureichend bekannten Gesundheitsrisiken**
- **vorausschauend agieren für einen Beratungsbedarf der Bundesregierung**
- **Unsicherheiten in der Bevölkerung frühzeitig abbauen**
- **Chancen für eine risikoarme Gestaltung neuer Technologien eröffnen**



Büro für Technikfolgenabschätzung
im Deutschen Bundestag (TAB):
**Arbeiten in der Zukunft –
Strukturen und Trends der
Industriearbeit**
Innovationsfelder und offene Fragen
der Risikoforschung (2007)

Basis für die Risikoforschung

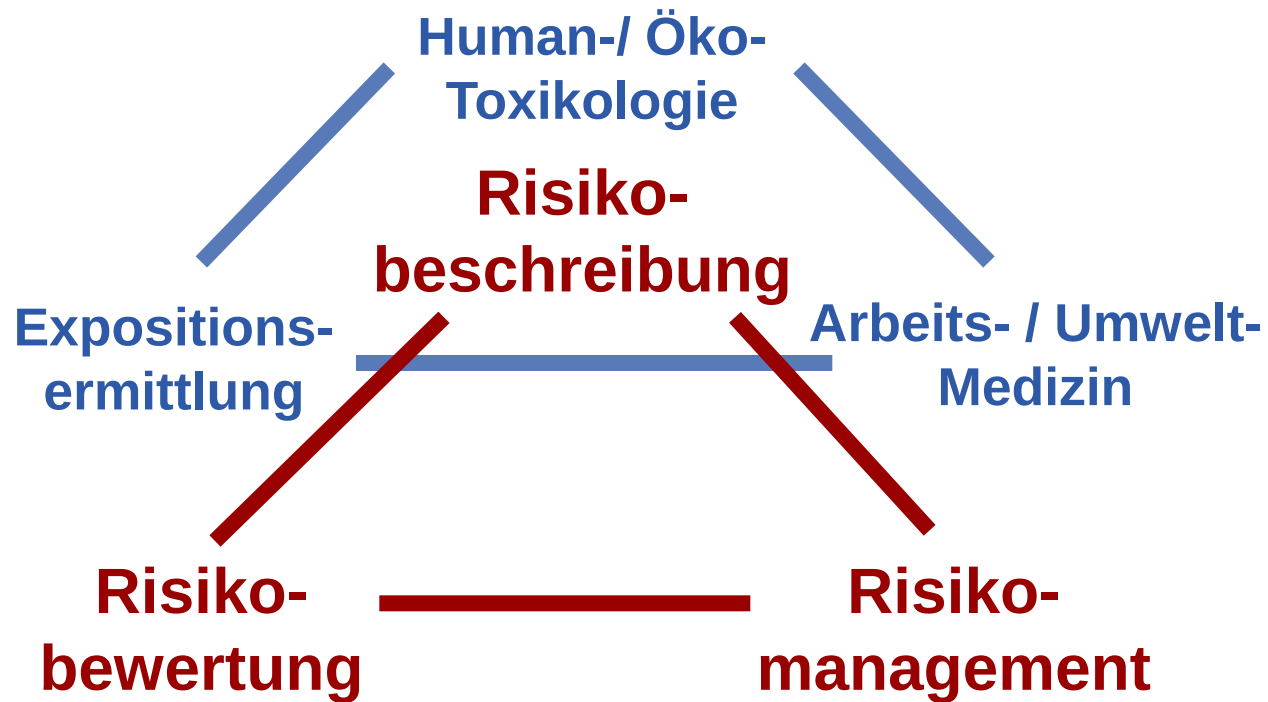


Kompetenzdesign der Risikoforschung

**Wissenschaft
(interdisziplinär)**



**Wissenschaft
+ Gesellschaft
(transdisziplinär)**



Die Rolle der Ressortforschung

**Ressortforschung bildet eine
Brücke zwischen Wissenschaft,
Gesellschaft und Politik und
erbringt wissenschaftliche
Politikberatung sowie
forschungsbasierte
Dienstleistungen**



Konzept einer modernen Ressortforschung

Profil der Ressortforschung zur Sicherheit von Nanomaterialien

Risiken frühzeitig erkennen "Vorlauftforschung"

Sicherheitsrelevante Materialien / Verfahren

Expositionsermittlung

Wirkungen auf Mensch und Umwelt

Risikosituationen ("Hot spots")

Wissensbasierte Lösungen für Politik und Praxis "Governance-Forschung"

Rechts- und Regelsetzung

Nachhaltige Entwicklung

sozial

ökologisch

wirtschaftlich

Die gemeinsame Forschungsstrategie der deutschen Bundesoberbehörden



**Kenntnisstand zur
Sicherheit von
Nanomaterialien
für Mensch und
Umwelt**

Forschungsbedarf

Prioritätensetzung

"Heute die Probleme von morgen identifizieren. Das UBA versteht sich als ein Frühwarnsystem, das mögliche zukünftige Beeinträchtigungen des Menschen und seiner Umwelt rechtzeitig erkennt, bewertet und praktikable Lösungen vorschlägt."

- **Nanopartikel in der Umwelt**
Identifizierung, Mobilität, Verhalten, Wirkung und Verbleib
- **Emission von Nanopartikeln aus Produkten**
Messung, Lebenszyklusbetrachtungen
- **Identifizierung von Regelungslücken**
in der deutschen und europäischen Umweltgesetzgebung
- **Bewertung von Entlastungseffekten für die Umwelt**
durch Nanotechnologie und Nanomaterialien

"Das BfR versteht sich als Anwalt für den gesundheitlichen Verbraucherschutz (...). Im Mittelpunkt seiner gesundheitlichen Bewertungen steht der Mensch als Verbraucher."

- **Toxikodynamik von Nanomaterialien**
Genotoxizität, Verteilung im Organismus, Oberflächeneffekte
- **Nachweisverfahren und Bewertung für Nanomaterialien**
in Bedarfsgegenständen, Lebensmitteln, Pflanzenschutzmitteln
- **Alternativen zum Tierversuch**
für die Ermittlung von toxischen Effekten
- **Risikowahrnehmung und -kommunikation**
zu Nanotechnologie und Nanomaterialien

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

"In wesentlichen Bereichen der technischen Sicherheitsforschung sowie der Forschung über neue Analyse- und Prüftechniken ist die BAM tätig."



Physikalisch-Technische Bundesanstalt

"Die PTB ist das nationale Metrologie-Institut mit wissenschaftlich-technischen Dienstleistungsaufgaben. Sie misst mit höchster Genauigkeit und Zuverlässigkeit."

Prüf- und Messverfahren für Nanomaterialien
Spektroskopie, Röntgenanalytik, Wechselwirkung
mit Biomaterial, Referenzmaterialien, Standardisierung

" Die BAuA nimmt als Ressortforschungseinrichtung eine Schlüsselstellung bei der Gestaltung einer sicheren und gesunden Arbeitswelt ein."

- **Toxikologische Charakterisierung von Nanomaterialien**
Wirkung inhalierter Partikel, Prüfstrategien, Gruppenbildung
- **Arbeitsplatzbelastungen bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien**
Charakterisierung, Messverfahren und -strategien, Feldstudien, Prüfstanduntersuchungen zum Staubungsverhalten
- **Vorsorgestrategie**
Vorkommen und Verwendung von Nanomaterialien, Regelungsstrategien zur Chemikaliensicherheit, Arbeitsschutz-Handlungshilfen

Ziele der gemeinsamen Forschungsstrategie

1. Entwicklung geeigneter **Messtechniken und –methoden** für die Risikoermittlung und den Vollzug gesetzlicher Anforderungen,
2. Entwicklung von **Referenzmaterialien** für die Messung von Belastungen und für Untersuchungen zu schädlichen Wirkungen für Mensch und Umwelt,
3. **Validierung und Harmonisierung von Test- und Bewertungsstrategien** im europäischen und internationalen Kontext
4. Entwicklung kostengünstiger **Tests zum Screening** von Materialien auf schädliche Wirkungen für Mensch und Umwelt in einem frühen Stadium der Materialinnovation,
5. Ansätze für eine **Gruppierung von Nanomaterialien**, die die Zahl aufwändiger Einzelprüfungen, insbesondere in Tierexperimenten, deutlich reduzieren,

Ziele der gemeinsamen Forschungsstrategie

6. belastbare **Informationen über die aktuell hergestellten und verwendeten Nanomaterialien** als Grundlage für ein angemessenes staatliches Handeln,
7. Ansätze für eine belastbare **regulatorische Benennung** einzelner Nanomaterialien, z.B. für eine sachgerechte Gefahrenkennzeichnung nach der EU-CLP-Verordnung,
8. wissenschaftliche Erkenntnisse zu den **Risiken für Mensch und Umwelt im Lebenszyklus** verbrauchernaher Produkte aus der Nanotechnologie,
9. **sichere Arbeitsverfahren** für Materialinnovationen, für die noch keine belastbaren Aussagen zu den Risiken für Mensch und Umwelt verfügbar sind.

Forschungsstrategie

1. Bilanzierung 2007 - 2011

Insgesamt wurden **84 Projekte** begonnen, davon **36 Projekte** bis Ende 2011 abgeschlossen

Projektarten

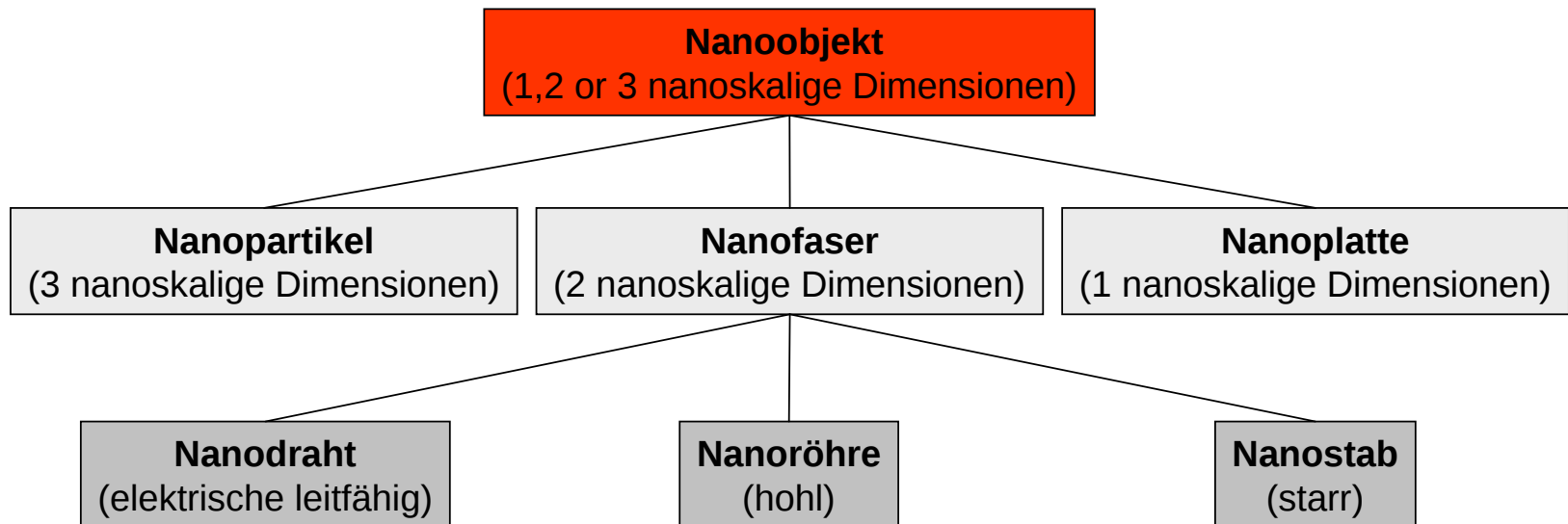
- in den Häusern durchgeführte Projekte (Eigenforschung)
- Vergaben und Zuwendungen an externe Forschungsnehmer (Fremdforschung)
- Beteiligung an öffentlich geförderten Verbundprojekten in Deutschland und in der EU (Drittmittelforschung)

Seite - 1 -



Abbildung 1: Lotuseffekt (Bildquelle: BAuA/Fox)

Nanomaterialien sind chemische Stoffe oder Gemische mit unterschiedlichsten Strukturen in der Nanodimension, die für eine differenzierte Risikobewertung präzise charakterisiert werden müssen.



Entwickelt und verbessert wurden Messverfahren zur

- Größenbestimmung von Partikeln,
- mikroskopischen Identifizierung und chemischen Charakterisierung von Nanomaterialien,
- Charakterisierung von Beschichtungen und funktionellen Gruppen auf der Partikeloberfläche

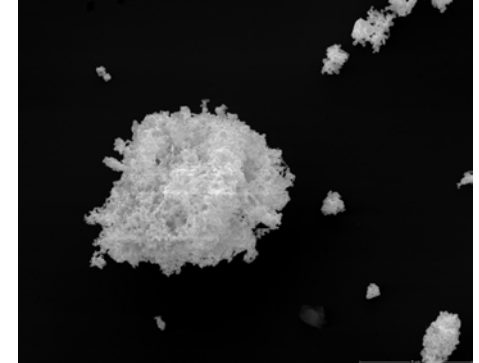


Bild: BAuA/Nanolabor

Zahlreiche Referenzmaterialien wurden synthetisiert und in Ringversuchen unter Einbindung internationaler Partner charakterisiert.

Offene Fragen:

- differenzierende Benennung von Nanomaterialien für regulatorische Zwecke
- reproduzierbare und Struktur erhaltende Probenpräparation
- Erhöhung der Verlässlichkeit von Charakterisierungsmethoden (wichtig für regulatorische Umsetzung!)

Das Verstaubungsverhalten ist ein wichtiges Kriterium zur Bewertung einer möglichen Belastung von Mensch und Umwelt im Lebenszyklus von Nanomaterialien

Mit neu entwickeltem BAuA Shaker-Verfahren kann das Verstaubungsverhalten und die Gestalt von freigesetzten Partikeln aus Materialproben charakterisiert werden.

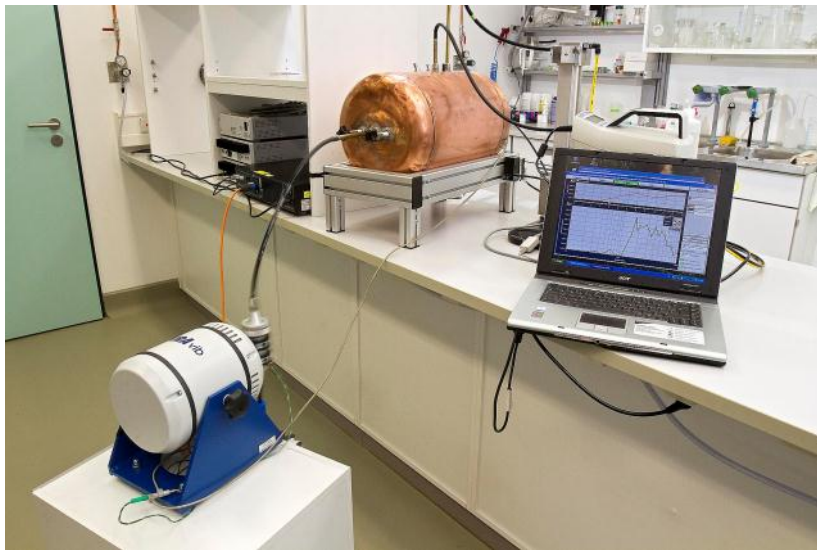


Bild: BAuA/Fox/Völkner

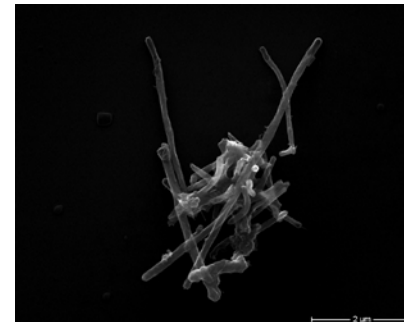


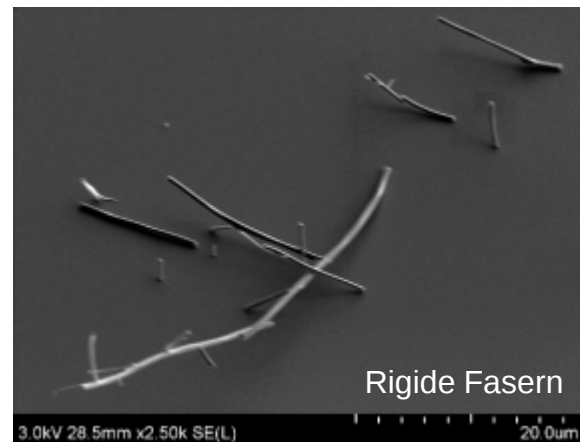
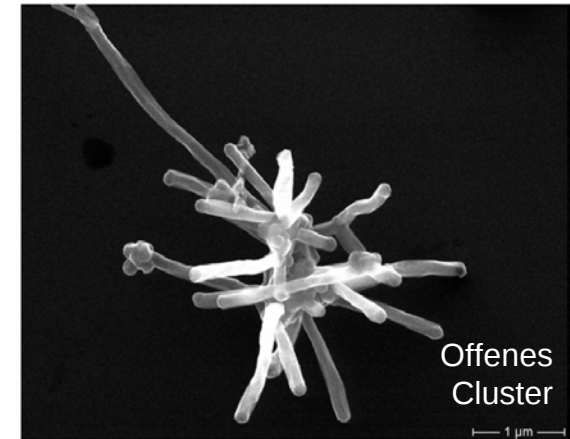
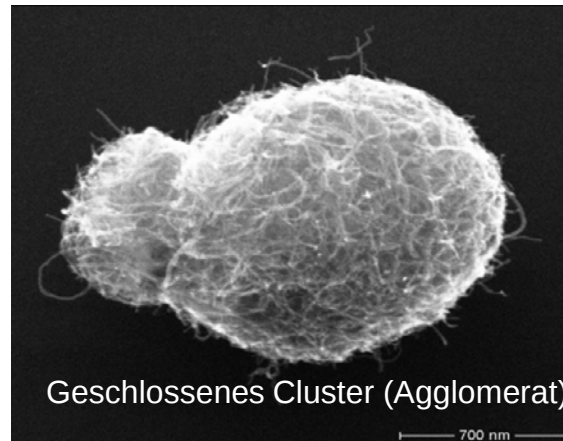
Bild: BAuA/Nanolabor

Die Stäube aus Kohlenstoffnanoröhrchen weisen eine hohe Vielfalt auf, in Einzelfällen wurden asbestähnliche Fasern gefunden.

Vielfältige Morphologien von CNT

Exposition

Gruppierung von Nanofasern anhand morphologischer Charakteristika



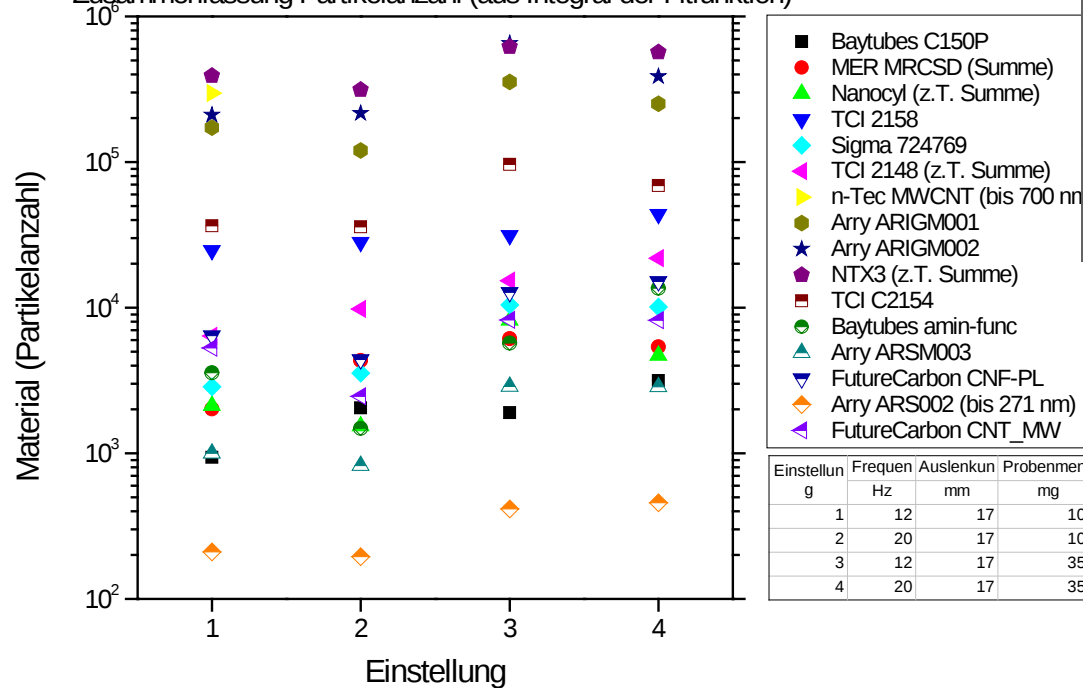
Ziel:
Bewertung
der Rigidity

Kohlenstoffnanoröhrchen (CNT): eine große Spannbreite der Staubung

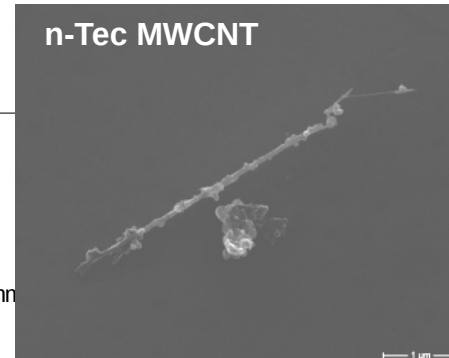
Exposition

CarboLifeCycle

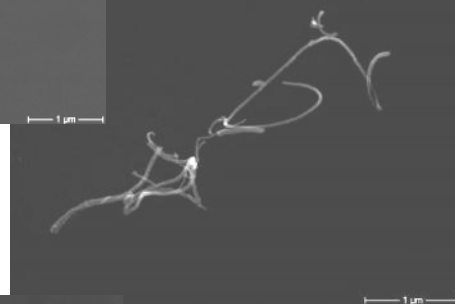
Zusammenfassung Partikelanzahl (aus Integral der Fitfunktion)



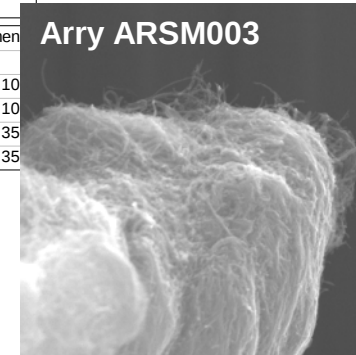
n-Tec MWCNT



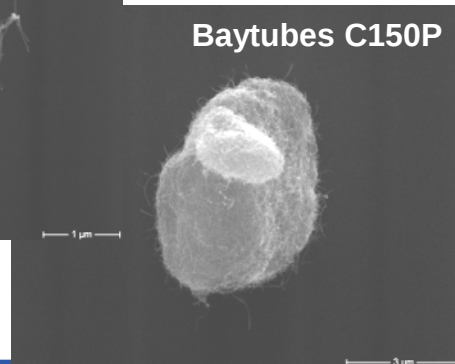
Nanothinx NTX3



Arry ARSM003



Baytubes C150P

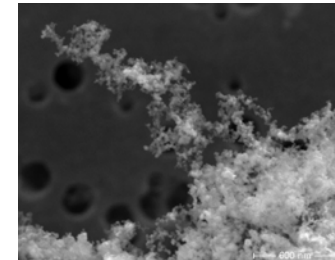


CarboLifeCycle (Förderung: BMBF (DE))

http://www.cnt-initiative.de/de/projekte_carbolifecycle.php

Die Messung von Nanomaterialien am Arbeitsplatz ist anspruchsvoll und aufwändig, in Feldstudien können belastbare Aussagen mit geeigneten Messverfahren und -strategien erhoben werden.

- Messungen sind möglich mit modifizierten Methoden für Fein- und Ultrafeinstäube.
- Ein neues Verfahren zur Probenahme im Atembereich wurde entwickelt.
- Eine neue Messstrategie berücksichtigt die Hintergrundbelastungen mit ultrafeinen Partikeln aus der Umgebung.
- In Arbeitsplatzproben dominieren mikroskalige Agglomerate und Aggregate, nanoskalige Partikel sind eher selten.
- Bislang wurde keine signifikante Erhöhung der Partikelkonzentrationen bei den Feldmessungen an Arbeitsplätzen gefunden.

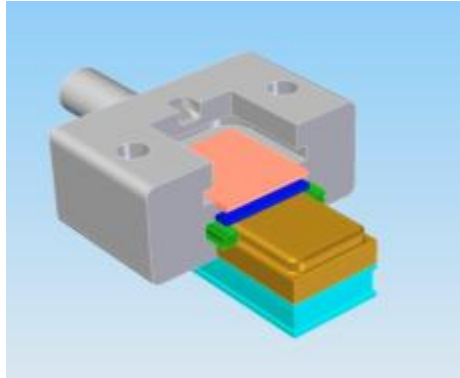


Bilder: BAuA/Nanolabor

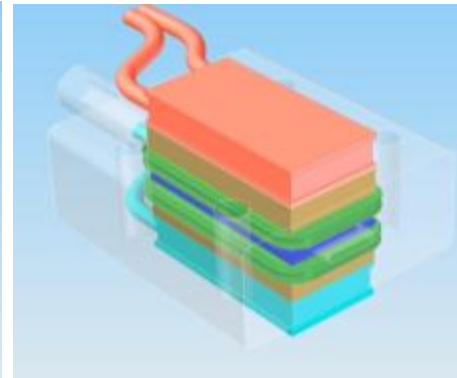
Nanopartikel-Sammelsystem – Thermalpräzipitator



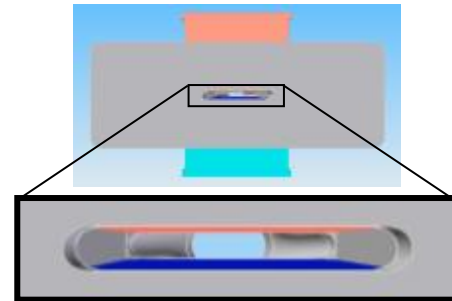
TP4-Probensammler (3D-Druck)



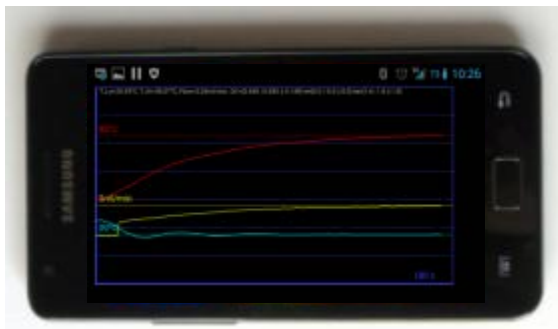
Dichtungskonzept (CAD)



Zusammenbau Ansicht (CAD)



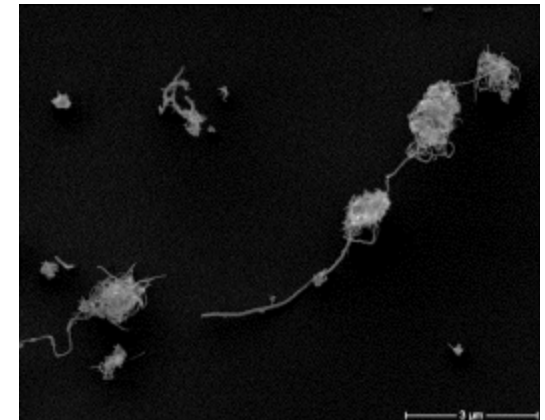
Blick in den TP-Sammelkanal



Steuerung und Überwachung



Zusammengebauter Messkopf



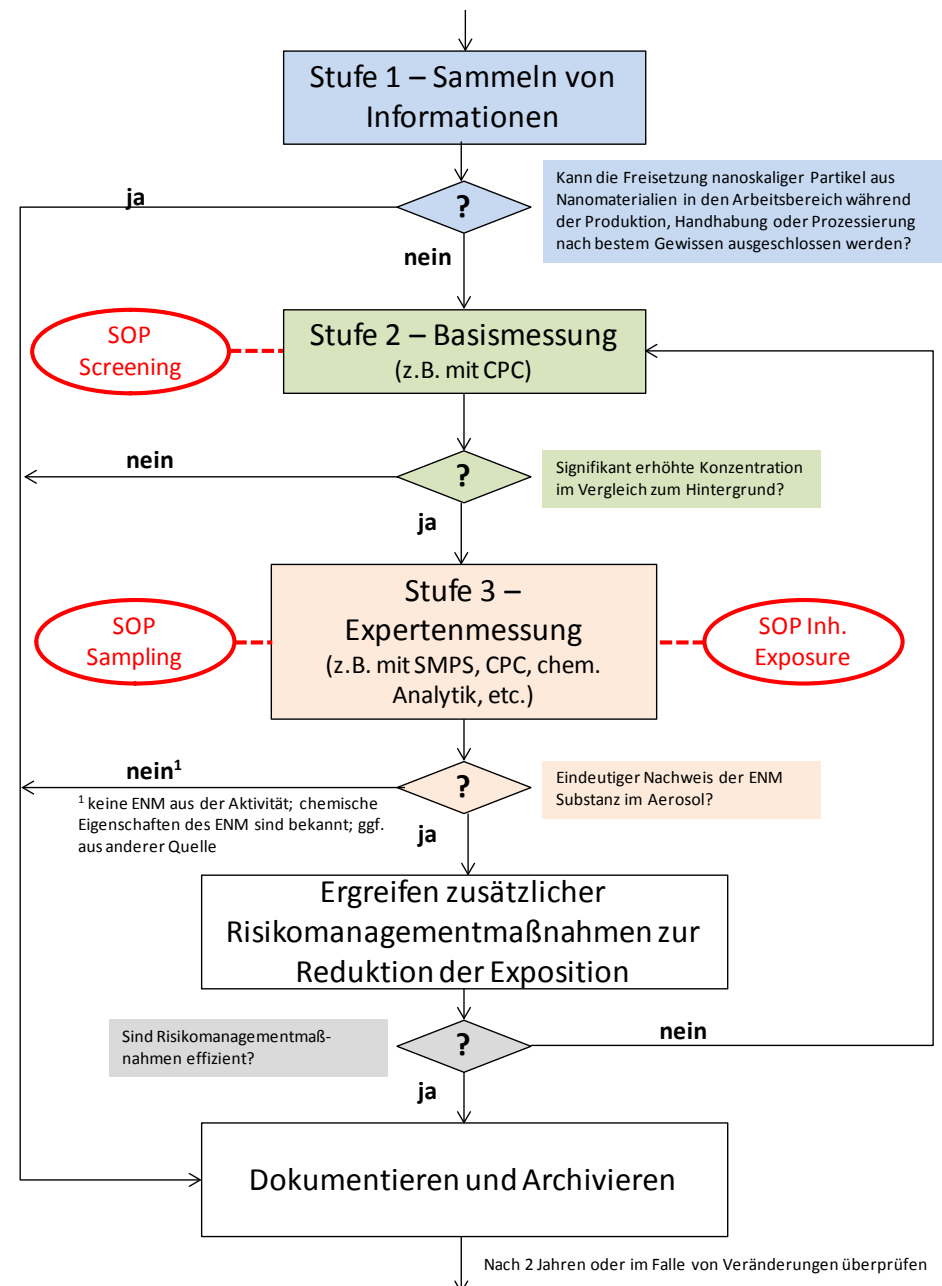
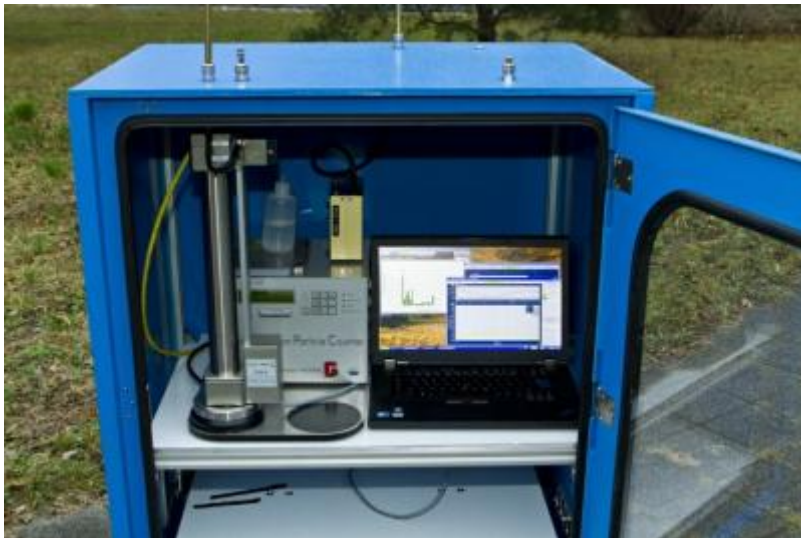
REM-Aufnahme von Sammelproben

Messstrategie Nanomaterialien

Tiered-Approach

Mehrstufiger Ansatz zur
Expositionsermittlung und -bewertung
synthetischen Nanomaterialien
in der Luft am Arbeitsplatz
(VCI, BGs, BAuA)

<https://www.vci.de/downloads/tiered-approach.pdf>





Verbraucher

- Verfahren zum Nachweis von nanoskaligen Bestandteilen in komplexen Matrices von Lebensmitteln, Lebensmittelkontaktmaterialien und verbrauchernahen Produkten wurden entwickelt und angepasst.

Umwelt

- Titandioxid-Nanomaterialien zeigen nur geringe Mobilität im Boden und werden in Kläranlagen im Klärschlamm zurückgehalten
- Die Abschätzung des Eintrages von Silbernanopartikeln aus bioziden Produkten in die Umwelt hat sich als kompliziert erwiesen

Offene Fragen:

- Nachweis und Quantifizierung in verbrauchernahen Produkten, Umweltmedien und Organismen
- Freisetzung im Lebenszyklus von Produkten aus Nanomaterialien

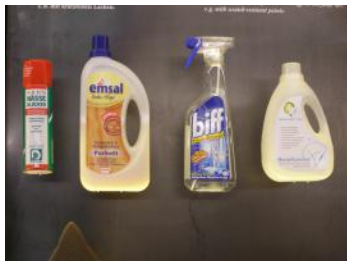


Bild: Packroff / dt. Museum

Bilder: BAuA/Fox/Völkner

Gesundheitliches Gefährdungspotenzial

Wirkung

Wirkungen durch die Partikelmorphologie

**GBS = alveolengängige
granuläre, biobeständige
Stäube**

**WHO-Fasern
(lang, dünn,
biobeständig)**

- Aufnahmeweg: Einatmen
- Entzündungsreaktionen
 - Kanzerogenität

**Nano-
materialien**

Wirkungen durch die chemischen Eigenschaften

Spezifische Toxizität

Aufnahmewege:
Einatmen, Haut

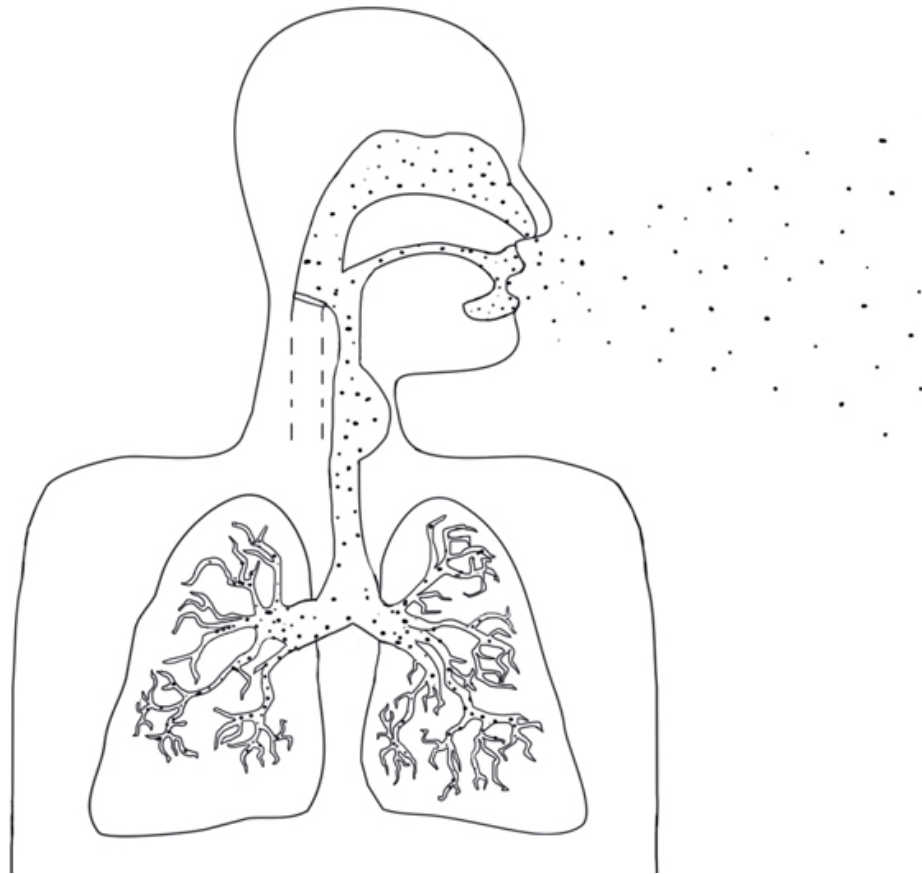
Gefährlichkeitsmerkmale
von Stoffen und Gemischen



**Es wurden noch keine neuen Wirkungen gefunden,
die nur Nanomaterialien betreffen**

Was passiert mit eingeatmeten Staubpartikeln?

Wirkung



<http://www.befestigungsfuchs.de/blog/wp-content/uploads/2012/09/einatmen-von-holzstaub.jpg>

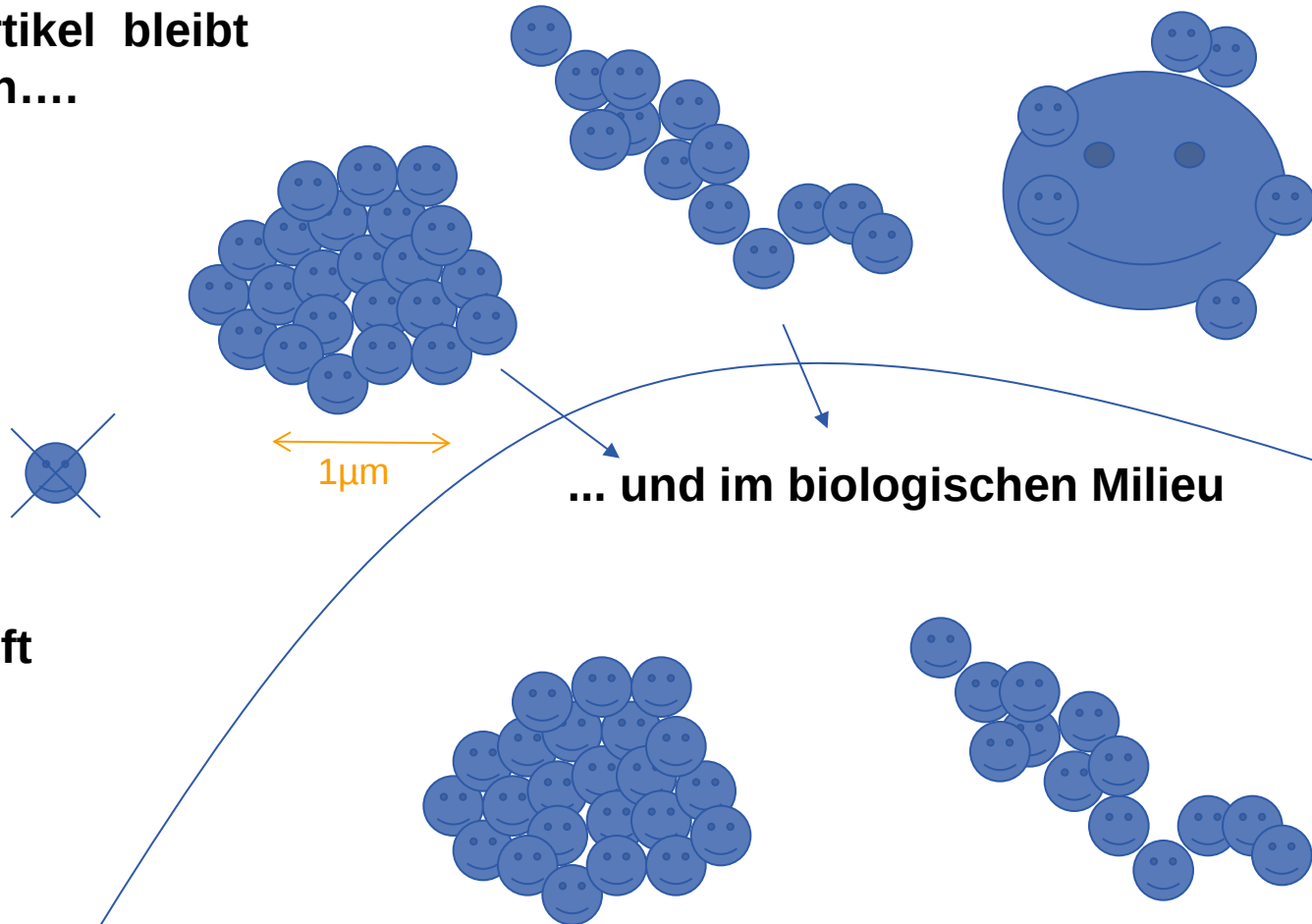
„They never walk alone ...“

Wirkung

Ein Nanopartikel bleibt ungern allein....

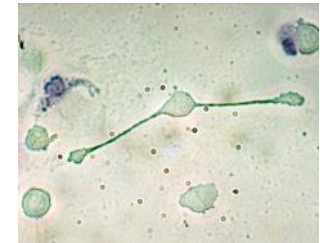
... in der Luft

... und im biologischen Milieu

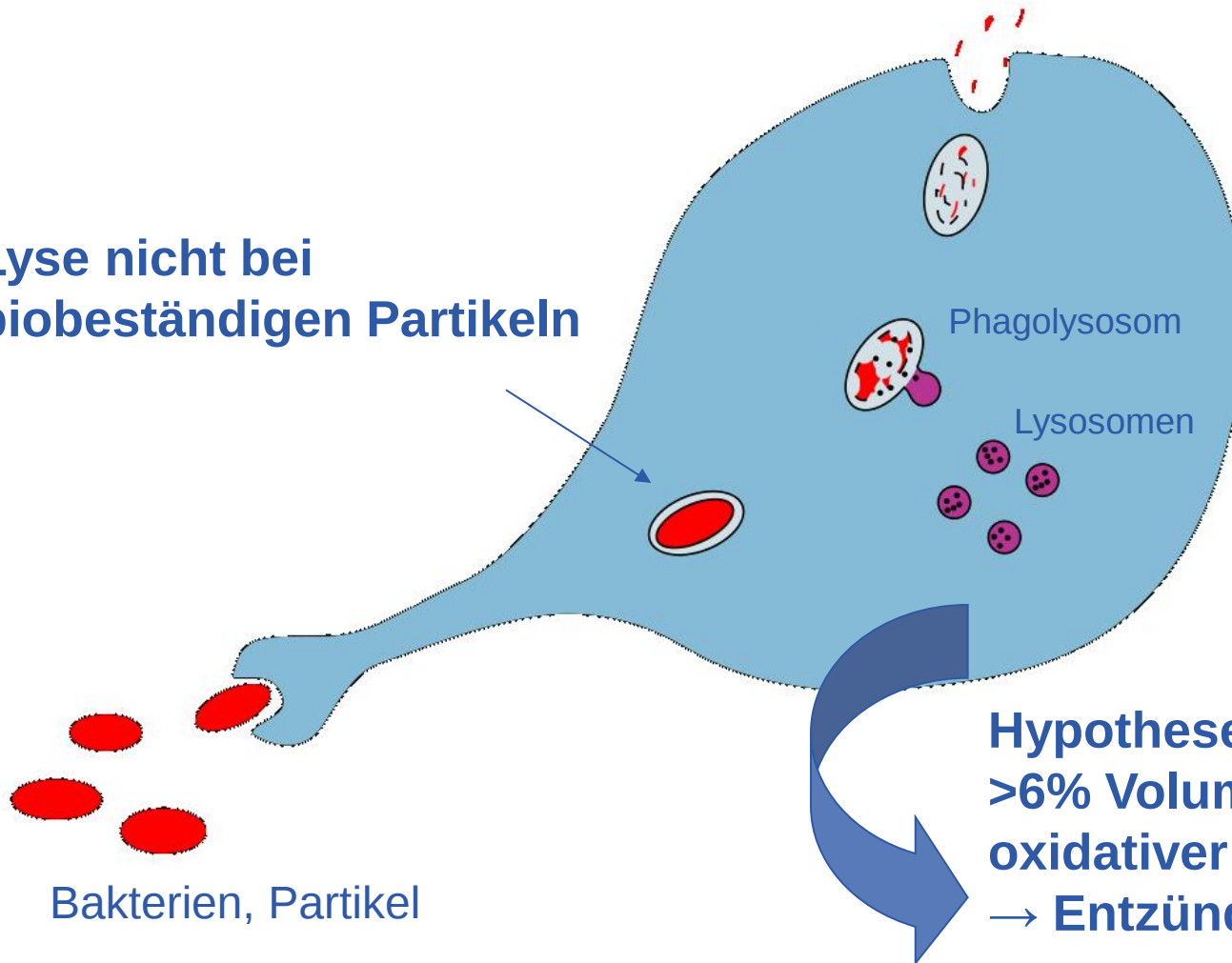


Alveoläre Makrophagen und ihr Job

Wirkung



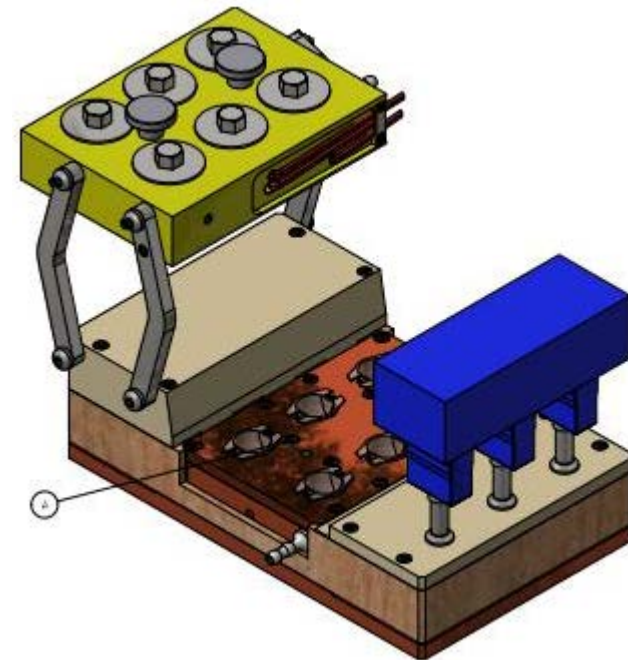
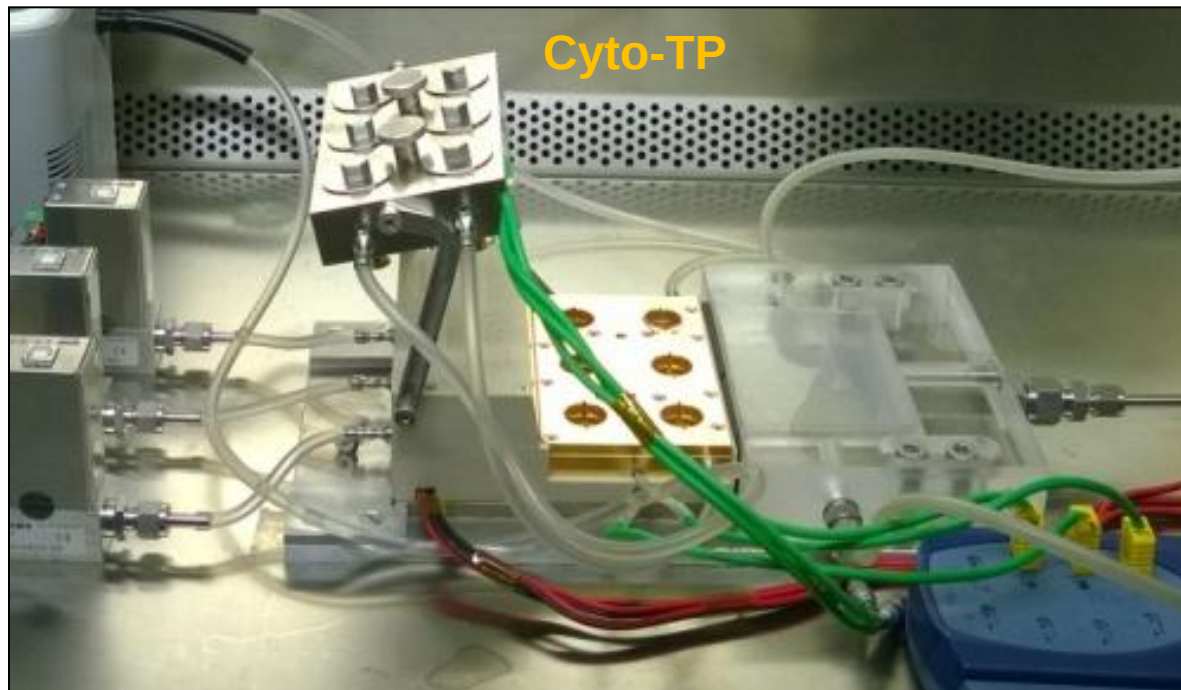
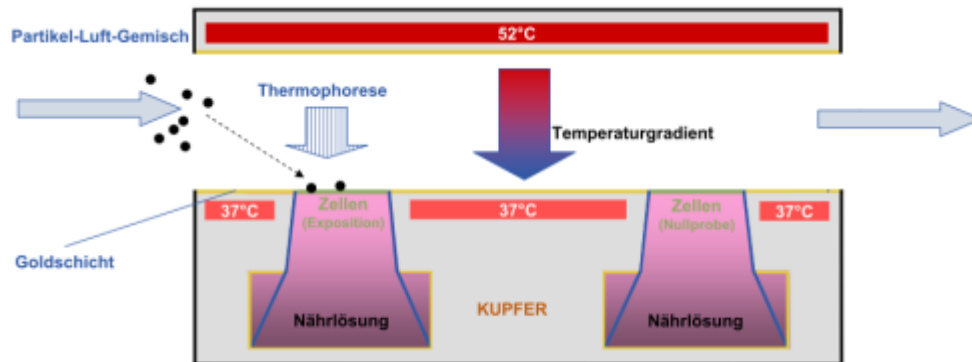
Lyse nicht bei
biobeständigen Partikeln

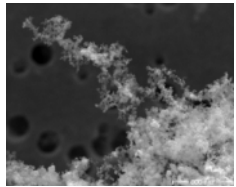


Hypothese:
>6% Volumenbeladung:
oxidativer Stress
→ Entzündung

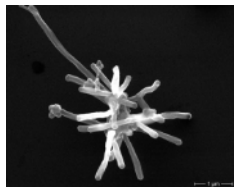
Quelle: Wikipedia, verändert

Deposition von Nanomaterialien auf lebende Zellen

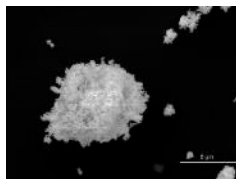




Nanomaterialien, die **alveolengängige granuläre biobeständige Stäube (GBS)** ohne spezifische Toxizität freisetzen können.



Faserförmige Nanomaterialien, die alveolengängige biobeständige (starre) Faserstäube (WHO-Fasern) freisetzen können

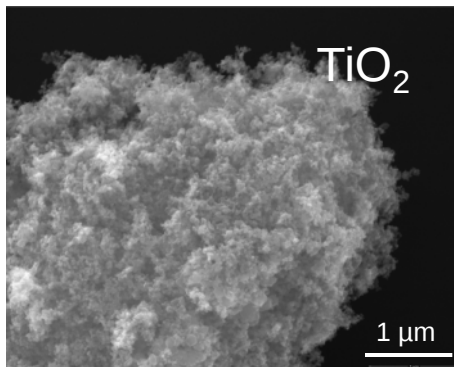


Nanomaterialien, die eine **spezifische "chemische" Toxizität** aufweisen und daher eine Einzelfallbewertung erfordern

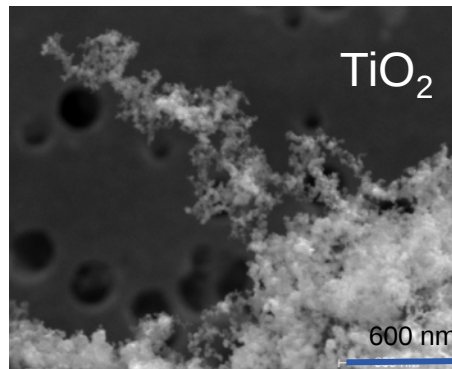
Granuläre Biobeständige Stäube

Wirkung

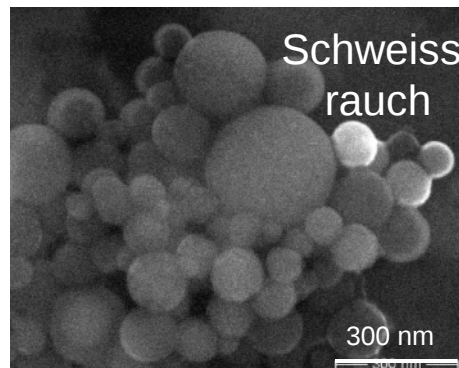
freigesetzt aus
Nanomaterial:



Arbeitsplatzprobe:



auch
Arbeitsplatzprobe:



Bilder: BAuA / Nanolabor

GBS Prinzip

- granulär
- einatembar (Alveolarstaub)
- biobeständig (un-/schwerlöslich)
- ohne bekannte spezifische Toxizität

Wirkungsendpunkte

- Entzündung (Lungengewebe)
- Lungenkrebs

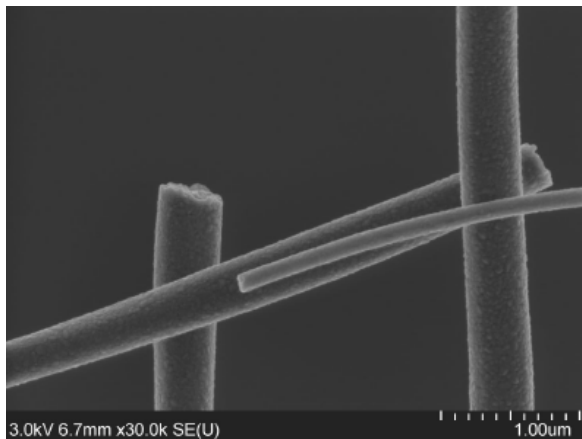
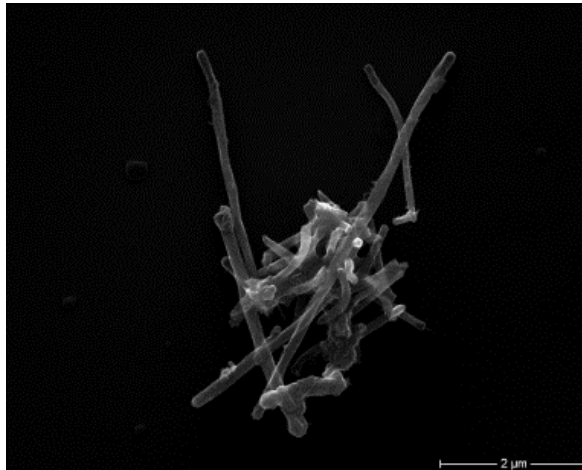
gilt für Alveolarstaub aus

- pulverförmigen Materialien
- aus Arbeitsverfahren
- **aus Nanomaterialien**

WHO-Fasern

Wirkung

Rigide
Kohlen-
stoffnano-
röhrchen



Faserprinzip

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

Wirkungsendpunkte

- Entzündung (Lungengewebe)
- Krebs (Lunge, Mesotheliom, ...)



gilt für

- Asbest (und andere Faserminerale)
- Künstliche Mineralfasern (KMF)
- faserförmige Nanomaterialien
- innovative Fasermaterialien

Bilder: BAuA / Nanolabor

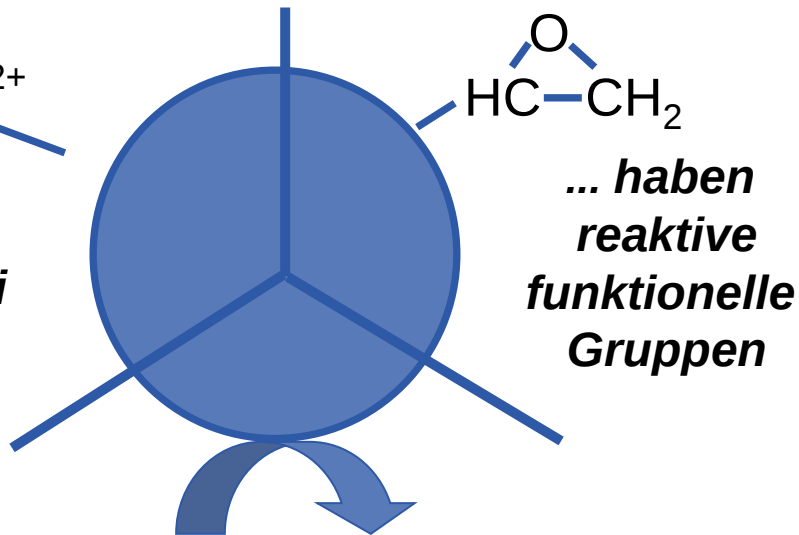
Nanomaterialien, die eine spezifische Toxizität aufweisen

Wirkung

schwerlösliche Materialien

z. B. Cd^{2+}

**... setzen
toxische
Ionen frei**



... zeigen katalytische Aktivität

Beispiele: Nano-Silber, Nano-Nickel

leichtlösliche Materialien

...verlieren im Körper
in kurzer Zeit
ihre Nanoeigenschaften

**... und damit entspricht
das Risiko dem
der Bulkmaterialien**

**Beispiel:
Nano-Kieselsäure**

Explosionsfähige Stäube

Wirkung



- brennbar (exotherme Reaktion mit Luft)
- Partikeldurchmesser unter 500 μm

gilt für explosionsfähigen Staub aus

- pulverförmigen Materialien
- aus Arbeitsverfahren
- aus Nanomaterialien

<http://de.academic.ru/pictures/dewiki/83/Staubexplosion.jpg>

Testverfahren

Die standardisierten Testrichtlinien der OECD sind für die Untersuchung von Nanomaterialien geeignet, im Einzelfall sind Anpassungen notwendig.

Ökotoxikologische Erkenntnisse

Zur akuten Ökotoxizität von Nanomaterialien für aquatische Mikroorganismen und -Wirbellose liegen umfangreiche Datensätze vor.

Studien zur ökotoxischen Langzeitwirkung sind methodisch schwierig, da die Expositionsbedingungen konstant gehalten oder über einen längeren Zeitraum aufgezeichnet werden müssen.



Bild: BAuA/Fox/Völkner

Vorsorgestrategie für Nanomaterialien am Arbeitsplatz

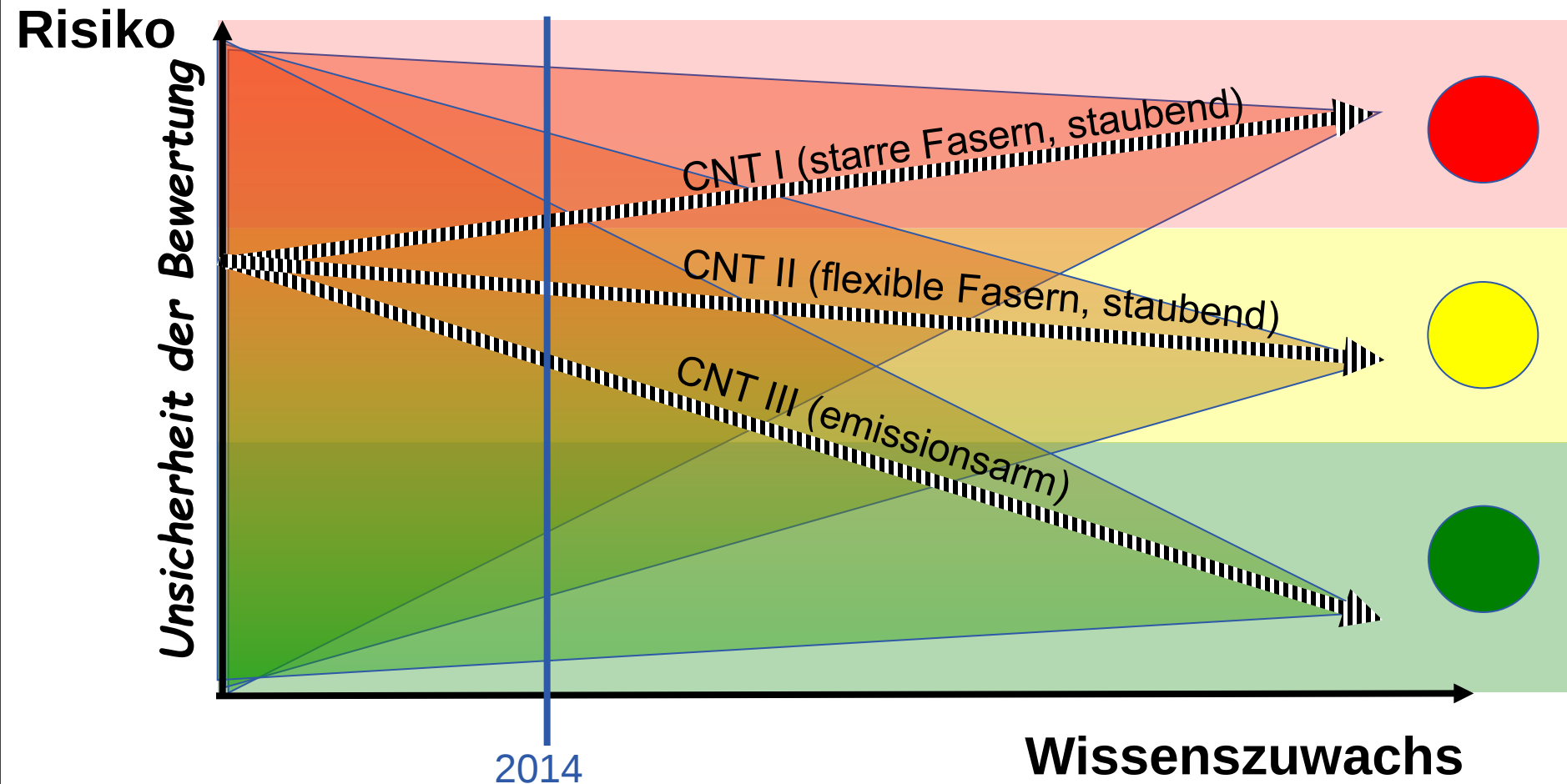


EU - Vorsorgeprinzip

Risikomanagement

Risikobewertung

Risikobeschreibung





Die Europäischen Säulen zum Schutz vor chemischen Risiken

**Binnenmarktrecht
In-Verkehr-Bringen
von chemischen
Produkten**

Art. 114 AEUV* (bindend)
REACH
CLP(GHS)-VO
Regelungen für Produktgruppen

Arbeitsschutz

Verbraucherschutz

Umweltschutz

Art. 153 AEUV*

Art. 169 AEUV*

Art. 191 AEUV*

**Mindest-
standards**

* Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union

Arbeitsschutz

Risikomanagement

Risikobewertung

Risikobeschreibung

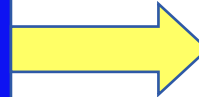


**Rahmenrichtlinie
Sicherheit und Gesundheit
bei der Arbeit
89/391/EG**

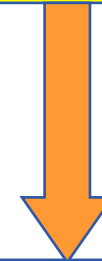


**Sicherheit und Gesundheit
mit chemischen Arbeitsstoffen
98/24/EG**

**Schutz vor kanzerogenen
und mutagenen Arbeitsstoffen
2004/37/EG**



**Arbeitsschutzgesetz
1995**



**Gefahrstoffverordnung
2005 / 2010**

Gefährdungsbeurteilung

Risikomanagement

Risikobewertung

Risikobeschreibung

Tätigkeiten / Gefahrstoffe identifizieren



Zugängliche Informationen beschaffen



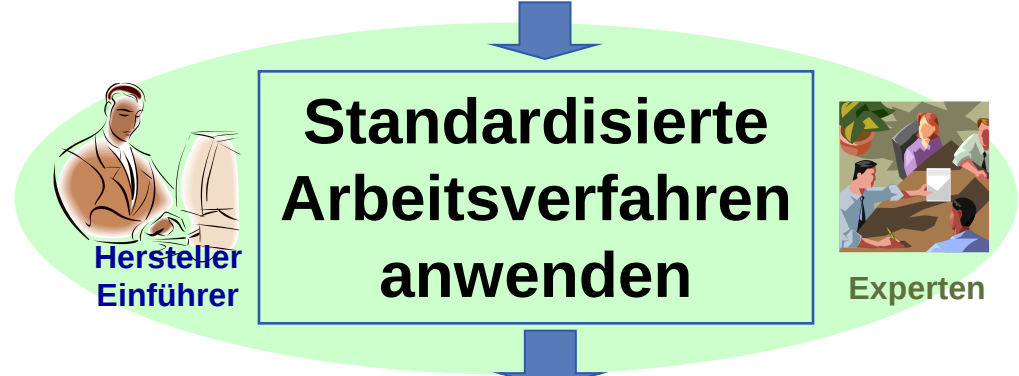
**Maßnahmen
selbst
ableiten**



Maßnahmen durchführen und dokumentieren



Wirksamkeit der Maßnahmen (regelmäßig) prüfen



Risikomanagement am Arbeitsplatz



Substitution



Technik



Organisation



Pers. Schutzausrüstung

Arbeitsplatzmessungen ↔ Grenzwerte

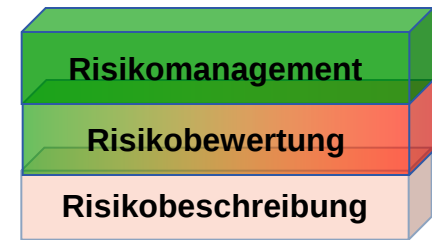
Beurteilung der Tätigkeit ↔ Control Banding

Regulationsbedarf: Arbeitsschutz



- Ergänzung der **Gefahrstoffverordnung** nicht erforderlich
 - Anhang "partikelförmige Gefahrstoffe" gilt
 - Vorsorgeprinzip (§6 (12) für nicht-geprüfte neue Stoffe (giftig und Verdacht auf Mutagenität unterstellt)
- Ausschuss für Gefahrstoffe: **BekGS 527** mit Empfehlungen für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien
- Neuer **Arbeitsplatzgrenzwert für GBS** (1.25 mg/m^3 bei Dichte 2.5)
Bei GBS-Nanomaterialien ggf. geringere "effektive" Dichte, wodurch der AGW etwas niedriger würde (in Diskussion).
- WHO: **evidenzbasierte Leitlinie** zum Arbeitsschutz mit Nanomaterialien (in Vorbereitung)

Gefährdungsbeurteilung



Bekanntmachung für Gefahrstoffe BekGS 527 des Ausschusses für Gefahrstoffe (AGS): Hergestellte Nanomaterialien

"Biobeständige Nanomaterialien mit faserförmiger, starrer Struktur, sogenannte Nanofasern oder Nanoröhrchen, die den WHO-Faserkriterien entsprechen, können **asbestartige Wirkung** aufweisen. Materialien aus dieser Stoffklasse sind beispielsweise bestimmte Arten von Carbon Nanotubes."

Eine **erhöhte Gefährdung** ist anzunehmen, bei

- Nanomaterialien, die **biobeständige starre WHO-Fasern** freisetzen
- anderen faserförmigen Nanomaterialien, für die der **Hersteller nicht nachweisen kann**, dass die Fasern **nicht starr** oder **biolöslich** sind bzw. **keine WHO-Fasern** freigesetzt werden können.

Praxishilfen für den Arbeitsschutz

Risikomanagement

Risikobewertung

Risikobeschreibung



Empfehlung
für die Gefährdungsbeurteilung
bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien
am Arbeitsplatz

TEILKREIS DER
CHEMISCHEN INDUSTRIE IN
DER VERBUNDENEN ANGEHÖRT
VCI
b a u a :
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

Nano  valid

Tiered Approach to an Exposure Measurement
and Assessment of Nanoscale Aerosols Released
from Engineered Nanomaterials in Workplace
Operations

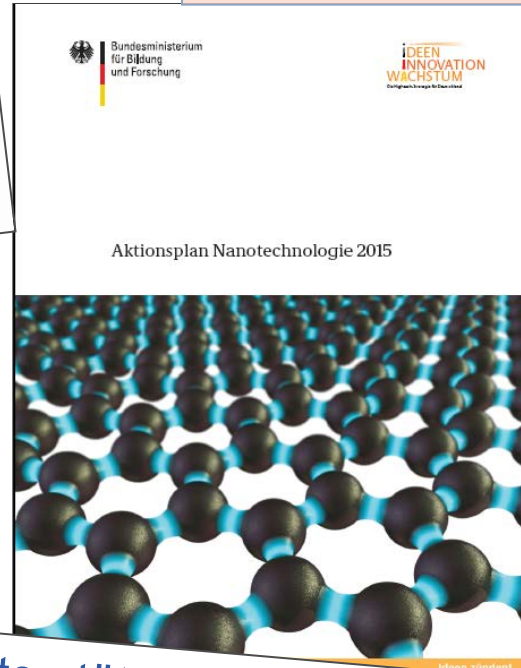


Beratung und Unterstützung bei der
Charakterisierung von Nanomaterialien
und der Messung von Belastungen am
Arbeitsplatz

IFA
Institut für Arbeitsschutz der
Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung
VCI
VERBUNDENES CHEMISCHES INDUSTRIE

BG RCI
Beratungsgesellschaft
für Arbeitsschutz
b a u a :
Bundesanstalt für Arbeitsschutz
und Arbeitsmedizin

ivla
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



Aktionsplan Nanotechnologie 2015

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

IDEEN
INNOVATION
WACHSTUM
Zukunftstechnologie für Deutschland

Gefährdungsbeurteilung

Risikomanagement

Risikobewertung

Risikobeschreibung

baua: Praxishilfe zur Gefahrstoffverordnung Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe



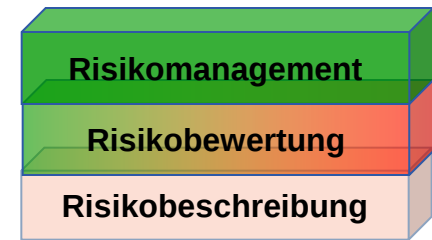
- Ableitung von Schutzmaßnahmen für "eingekaufte" Gefahrstoffe mit Sicherheitsdatenblatt

- Werkzeuge zur Beurteilung von
 - inhalativen Gefährdungen
 - dermalen Gefährdungen
 - Brand-/Ex-Gefährdungen (*beta-Version*)

- Schutzleitfäden für einzelne Tätigkeiten nach Risikostufen (1 - 3)

www.baua.de/emkg

Anwendung des EMKG (I)



Arbeitsplatzgrenzwert für GBS (TRGS 900): 1,25 mg / m³

GG	Luftkonzentration
	Feststoffe [mg/m ³]
A	$1 < c \leq 10$
B	$0,1 < c \leq 1$
C	$0,01 < c \leq 0,1$
D	$0,001 < c \leq 0,01$
E	$c \leq 0,0001$

Berücksichtigung einer
etwas höheren Wirkungsstärke
für GBS-Nanomaterialien

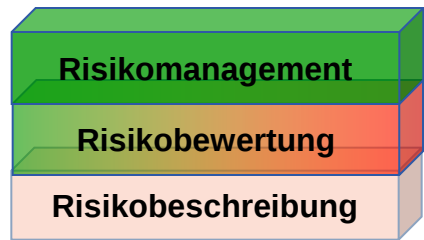


Gefährlichkeits-
gruppe

B

GG = Gefährlichkeitsgruppe

Anwendung des EMKG (II)



Gefährlich- keitsgruppe	Mengen- gruppe	Freisetzungsguppe		
		niedrig	mittel	hoch
B (0,1-1 mg/m ³)	Niedrig (g)	1	1	1
	Mittel (kg)	1	2	2
	Hoch (t)	1	3	3

EMKG - Schutzleitfäden

Risikomanagement

Risikobewertung

Risikobeschreibung

1
Maßnahmen-
stufe 1

Schutzleitfaden 100

Allgemeine Lüftung

Mindestanforderungen

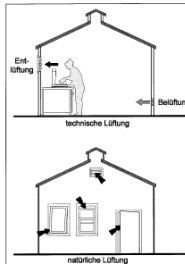
100

Gestaltung des Arbeitsverfahrens

- Schaffung einer guten allgemeinen Lüftung, einschließlich notwendiger Zuluft. Dabei kann es sich um eine natürliche Lüftung durch Türen, Fenster oder eine technische Lüftung handeln, bei der Luft durch einen elektrischen Ventilator zu- oder abgeführt wird.
- Bei Arbeitsbereichen in einem Geschäft oder Büro ist normalerweise die natürliche Belüftung ausreichend, um die Gefährdung durch Staubpartikel und Dämpfe von Reinigungsmitteln zu vermeiden oder auf ein vertretbares Maß zu reduzieren.
- Bei Arbeitsbereichen in einer Werkhalle ist i. d. R. eine technische Lüftung erforderlich, um verunreinigte Luft abzusaugen und diese durch Frischluft zu ersetzen. Dies kann durch einen an der Wand befestigten Ventilator geschehen, der Luft absaugt oder zuführt. Die Lüftung kann durch Lüftungsgitter, Lamellen oder durch ein aufwendigeres Luftzufuhr- und -ableitsystem erfolgen.
- Sicherstellen, dass die Frischluft nicht aus einer verunreinigten Quelle stammt.
- Sicherstellen, dass ausreichend Frischluft zugeführt wird, damit der Gehalt an Staubpartikeln oder Dämpfe erniedrigt und diese abgeführt werden. Es werden zwischen 2 und 5 Luftwechsel pro Stunde empfohlen. Bei flächigem Auftrag von Lötlösungen (z. B. Verstreichen von Lacken, Klebstoffen etc.) sollte ein mindestens 5-facher Luftwechsel (geöffnete Fenster/Türen) erreicht werden.
- Die Abluft weg von Türen, Fenstern und anderen Einlässen leiten.
- Bei Staub kann saubere gefilterte Luft wieder in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden.
- Bei Dämpfen ist eine Rückzirkulation der Luft in der Regel nicht zu empfehlen.
- Sicherstellen, dass es sich bei zugeführter Luft um Frischluft handelt und dass sie zuerst zu dem Mitarbeiter, danach entlang des Arbeitsprozesses zum Absaugpunkt strömt.
- Sicherstellen, dass Beschäftigte keinem störenden Luftzug durch Klimaanlage oder mechanische Belüftungsanlagen ausgesetzt sind.

Wartung und Wirksamkeitsprüfung, Instandhaltung

- Durchführung einer Sichtkontrolle der Lüftungsanlage auf Anzeichen von Beschädigungen einmal im Monat.
- Überprüfung der Lüftungsanlage und Vergleich mit ihren Leistungsstandards alle 2 Jahre.



2
Maßnahmen-
stufe 2

Schutzleitfaden 200

Örtliche Absaugung (Punktabsaugung)

Emissionsmindernde Maßnahmen

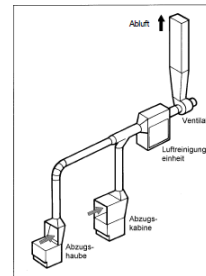
200

Gestaltung des Arbeitsverfahrens

- Die Absaugung so dicht wie möglich an die Quelle der Emission führen, damit Staub oder Dämpfe direkt eingefangen werden können.
- Die Quelle von Staub oder Dämpfen soweit wie möglich umschließen, um deren Ausbreitung zu verhindern.
- Beschäftigte dürfen sich nicht zwischen Expositionsquelle und Absaugung aufhalten, da sie sich sonst direkt im verunreinigten Luftstrom befinden.
- Der Arbeitsbereich sollte möglichst nicht in der Nähe von Türen, Fenstern und Durchgängen eingerichtet sein, um zu verhindern, dass Zugluft die Wirksamkeit der Absaugung beeinträchtigt.
- Unbedingt für ausreichende Zuluft im Arbeitsraum sorgen, damit die abgesaugte Luft erneuert wird.
- Die Absaugleitungen sollen möglichst kurz und gerade sein. Lange Abschnitte mit flexiblen Leitungen sind zu vermeiden.
- Die Funktion der Absauganlage muss leicht überwacht werden können, z. B. durch Manometer oder Volumenstrommessung.
- Für eine Reihe chemischer Stoffe sind durch das Bundesimmissionschutzgesetz (BImSchG) Emissionsgrenzen festgelegt, so dass eine Reinigung der Abluft notwendig sein kann.
- Offene Erfassungseinrichtungen der Bauart Rohrstutzen mit Flansch bzw. Düsenplatte sind einer Absaughaube vorzuziehen (der Erfassungsgrad ist hierbei bis zu 30 % höher).
- Die abgesaugte Luft muss an einen sicheren Ort abgeführt werden, keinesfalls in die Nähe von Türen, Fenstern und Luftlässen.
- Bei Staub kann saubere gefilterte Luft wieder in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden.
- Bei Dämpfen ist eine Rückzirkulation der Luft in der Regel nicht zu empfehlen.
- Störströmungen sind durch Letelelemente oder Wände von der Erfassungsströmung fernzuhalten.

Wartung und Wirksamkeitsprüfung, Instandhaltung

- Arbeitsmittel (Geräte, Maschinen, Anlagen) in einem ordnungsgemäßen und funktionsfähigen Betriebszustand halten. Bedienungsanleitungen beachten.
- Vom Lieferanten Leistungsdaten zu den eingesetzten Arbeitsmitteln und Informationen zur regelmäßigen Überprüfung beschaffen, falls diese nicht vorliegen. Ansonsten Fachmann (ggf. befähigte Person) heranziehen.
- Durchführung einer Sichtkontrolle der Anlage einmal pro Woche auf Anzeichen von Beschädigungen.
- Überprüfung der Absaugung und Vergleich mit ihren Leistungsstandards einmal im Jahr.
- Alle Prüfverfahren mindestens fünf Jahre aufbewahren.



3
Maßnahmen-
stufe 3

Schutzleitfaden 300

Geschlossenes System

Geschlossenes System

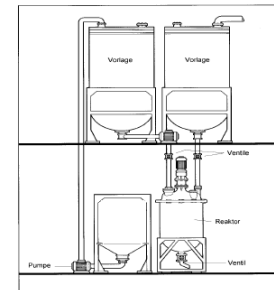
300

Gestaltung des Arbeitsverfahrens

- Das geschlossene System so planen, dass es leicht gewartet und instand gehalten werden kann.
- Falls für das geschlossene System Druckbehälter verwendet werden, nur solche Behälter verwenden, die die Voraussetzungen für das Inverkehrbringen erfüllen (Vorliegen der Konformitätserklärung, CE-Kennzeichnung, Bedienungsanleitung, Gefahrenhinweise des Herstellers für den Benutzers).
- Vom Hersteller alle Informationen, die für das sichere Betreiben des Systems erforderlich sind, beschaffen (s. o.).
- System, wenn möglich, unter Unterdruck halten, damit die Freisetzung von Gefahrstoffen verhindert wird.
- Abgesaugte Luft an einen sicheren Ort entweichen lassen, weg von Türen, Fenstern und Luftöffnungen. Für bestimmte Stoffe sind durch das Bundesimmissionschutzgesetz (BImSchG) Emissionsgrenzen festgelegt, so dass eine Reinigung der Abluft notwendig sein kann.
- Bei Staub kann saubere gefilterte Luft wieder in den Arbeitsbereich zurückgeführt werden.
- Bei Dämpfen ist eine Rückzirkulation der Luft in der Regel nicht zu empfehlen.
- Für Probenahmen möglichst emissionsarme Systeme installieren. Falls ein kurzzeitiges Öffnen des geschlossenen Systems erforderlich ist, lokale Absaugung vorsehen.

Wartung und Wirksamkeitsprüfung, Instandhaltung

- Einrichtung eines Erlaubnis-scheinverfahrens für alle Instandhaltungsarbeiten.
- Schriftliche Festlegung aller besonderen Maßnahmen, die erforderlich sind, ehe das System geöffnet oder betreten werden kann, z. B. zum Auspumpen oder Reinigen.
- Nicht in enge Räume oder Behälter einsteigen, wenn sie nicht vorher auf Gefahrstoffe und Sauerstoffgehalt überprüft worden sind (Befahrerlaubnis!).
- Durchführung einer Sichtkontrolle der Anlage einmal pro Woche auf Anzeichen von Beschädigungen.
- Überprüfung der Anlage und Vergleich mit ihren Leistungsstandards einmal im Jahr.
- Beachtung eventueller Prüfpflichten (z. B. von Druckbehältern oder beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen).



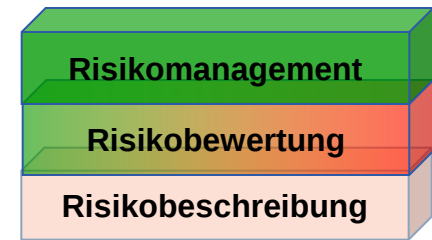
Immer
anwenden

Allgemeine
Schutzmaßnahmen
und Grundpflichten

Technische
Schutzmaßnahmen

Geschlossenes
System

Emissionsarme Verwendungsformen



In der BAuA Firmenbefragung (2011) wurden folgende Angaben zu den Verwendungsformen von Nanomaterialien gemacht:

- **Pulver** → 112 Meldungen
- **Pasten** → 28 Meldungen
- **Suspensionen** → 131 Meldungen
- **Komposite/
Verbundstoffe** → 52 Meldungen
- Andere Zustände (auf Glas, Metallen wachsend, Schichten, Filme)



Binnenmarktrecht



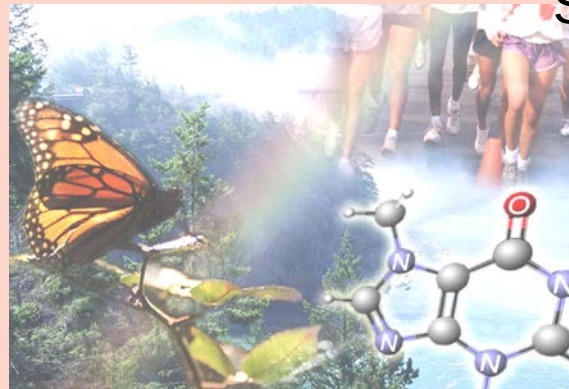
Classification
Labelling
Packaging



Einstufung
Kennzeichnung
Verpackung

Hazard

Registration
Evaluation
Authorisation of
Chemicals



Sicherheitsdatenblatt
Registrierung
Stoffbewertung
Zulassung
Beschränkungen

Risk

Bild: ECHA

CLP: Gefahreneigenschaften

Risikomanagement

Risikobewertung

Risikobeschreibung



Gesundheitsgefahren

- akute Toxizität
- Hautreizung/-ätzung
- Augenreizung
- Sensibilisierung
- Mutagenität
- Reproduktionstoxizität
- Kanzerogenität
- Zielorgantoxizität
- Aspiration



Umweltgefahren

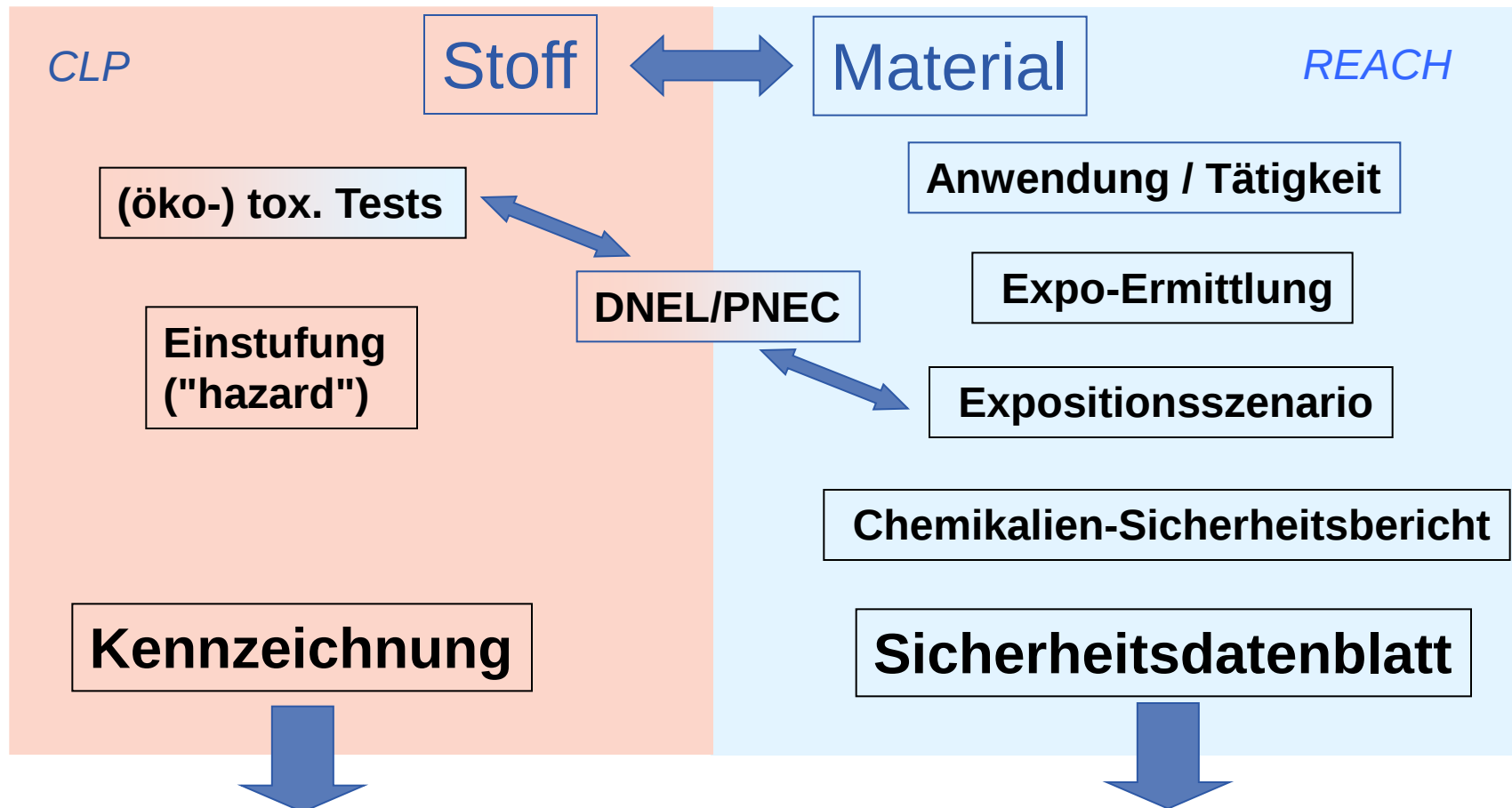
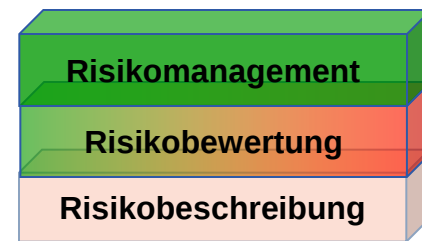
- aquatische Toxizität
- Ozonschicht schädigende Wirkung

Physikalische Gefahren

- explosiv
- selbstzersetzlich
- organische Peroxide
- pyrophor
- selbsterhitzungsfähig
- brandfördernd
- entzündlich
- in Berührung mit Wasser
- entzündliche Gase entwickelnd
- korrosiv gegenüber Metallen
- Gase unter Druck



REACH: Stoffregistrierung



Speziell geregelte Produktgruppen



Besondere Risikovermutung, die eine Risiko-Nutzen Abwägung erfordert:

**Pflanzenschutzmittel
Biozide**

**Lebensmittelzusatzstoffe
Futtermittelzusatzstoffe**

**Arzneimittel
Kosmetika**

**z. T. gewollte adverse Wirksamkeit
gegenüber Organismen**

**nicht vermeidbare oder gewollte
orale / dermale Exposition mit
hoher Verbreitung**

Risikokommunikation in der Lieferkette

Risikomanagement

Risikobewertung

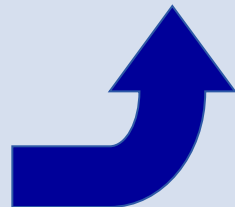
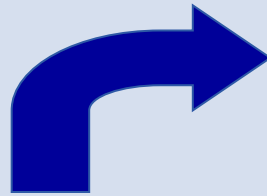
Risikobeschreibung

REACH



Hersteller /
Importeur

Expositions-
szenario



Gefährdungs-
beurteilung

GefStoffV



Arbeitgeber



Schutzmaßnahmen

Wirksamkeitsprüfung



Vorschlag der Bundesoberbehörden

Die Anforderungen zum Schutz vor Gefährdungen durch Nanomaterialien müssen widerspruchsfrei in die bestehenden Regulationen zu Chemikaliensicherheit, Arbeits-, Umwelt- und Verbraucherschutz integriert werden



Chemikalienverordnung REACH

- **Nanomaterialien und REACH - Hintergrundpapier zur Position der deutschen Bundesbehörden (2012)**
- **Kurzinfo der deutschen nationalen Auskunftsstelle zur Charakterisierung von Nanomaterialien unter REACH (2012)**
<http://www.reach-clp-helpdesk.de/de/Downloads/>
- **Vorschlag der deutschen Bundesbehörden zur Anpassung der Anhänge der REACH-Verordnung (2013)**

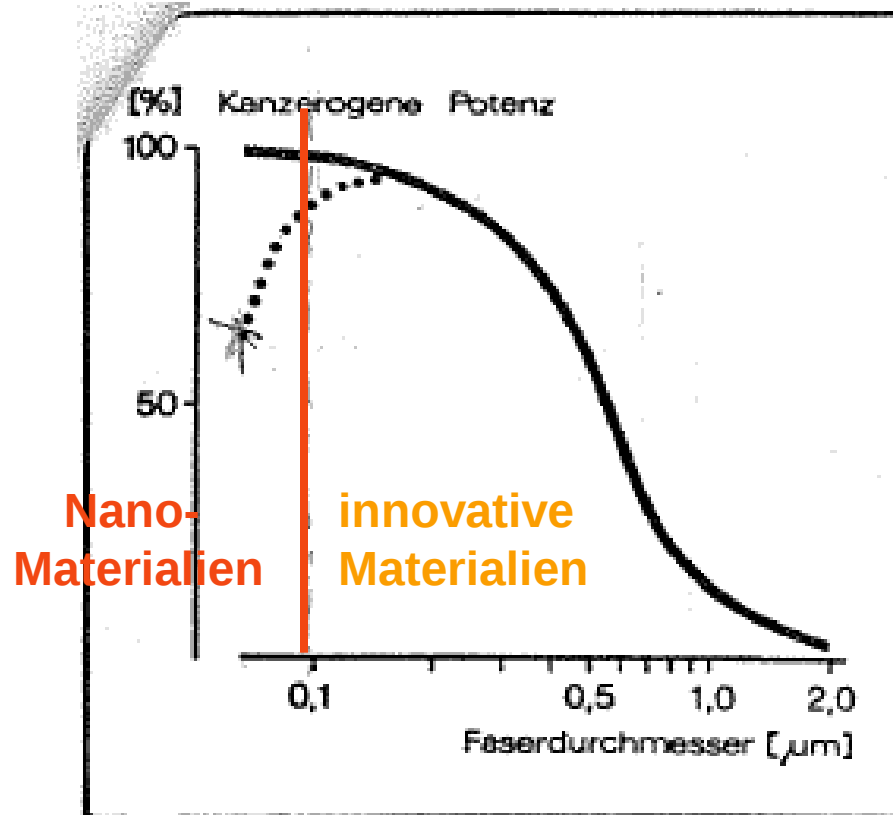


Reicht die Nanodefinition?

Risikomanagement

Risikobewertung

Risikobeschreibung

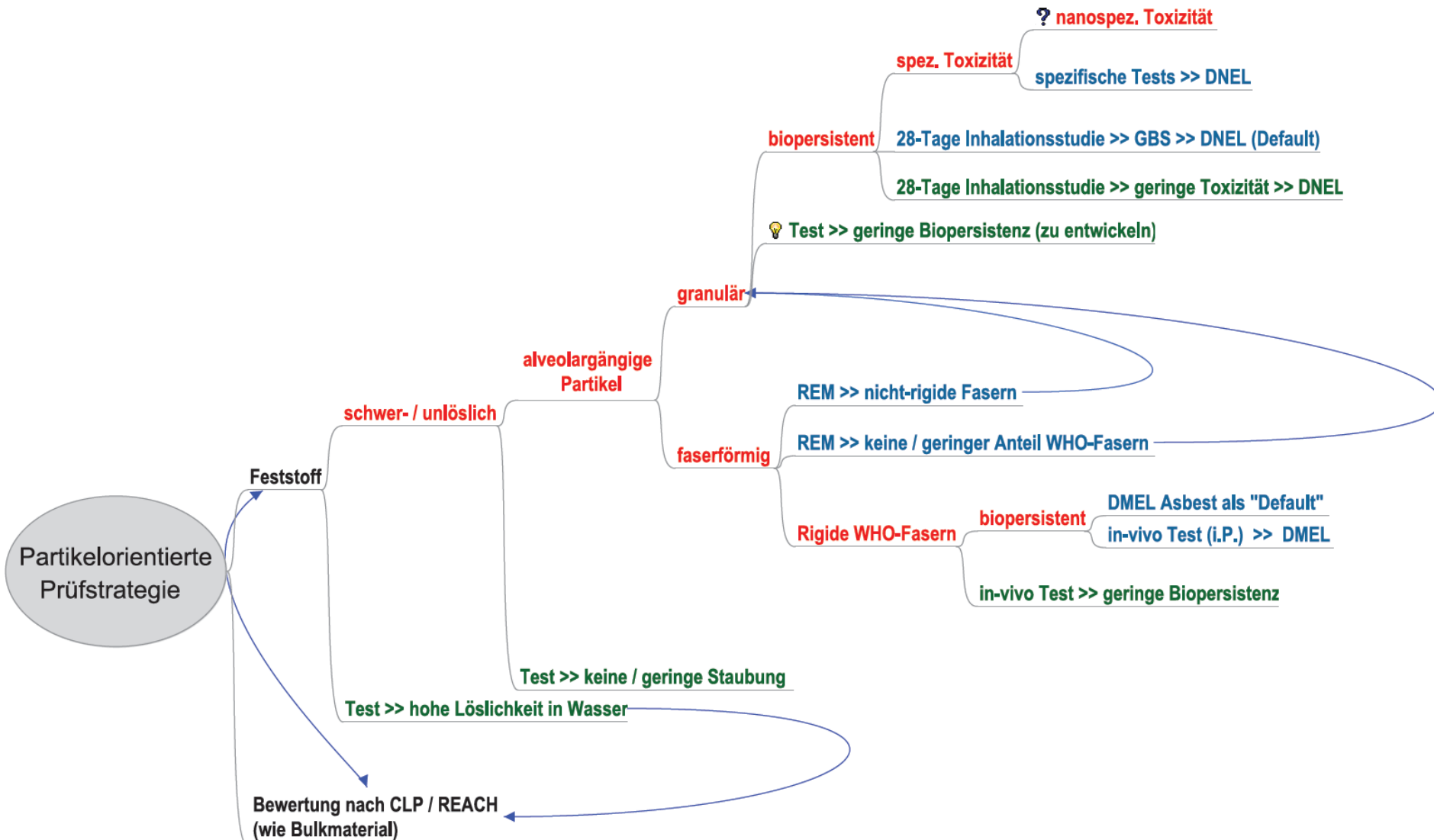


Pott, F - ASP 8/77

Wichtig für die sichere Gestaltung neuer Technologien:

Die gesundheitsschädlichen Wirkungen von **biobeständigen Partikeln und Fasern** können auch bei **innovativen Materialien** auftreten, die **Dimensionen über 100 nm** aufweisen.

Prüfstrategie für Partikeleigenschaften



Regulationsbedarf: Chemikaliensicherheit

- REACH: **Staubungstests** und Kommunikation der **Staubungszahl** im **Sicherdatenblatt** für registrierte Stoffe etablieren
- **Prüfmethoden zum Staubungsverhalten** und zur Ermittlung der **Biobeständigkeit** von Partikeln / Fasern auf EU-Ebene festlegen
- Chemikaliensicherheitsbericht / Expositionsszenarien auch bei der REACH-Registrierung von **nicht als gefährlich eingestuften Stoffen**, wenn sie biobeständige Partikel (GBS) oder Fasern freisetzen können
- **Harmonisierte Einstufung rigider Kohlenstoffnanoröhrchen** forcieren
- Überprüfen, ob eine **Nanodefinition** für regulatorische Zwecke wirklich erforderlich ist und ob die Definition von **alveolengängigen Partikeln** ("respirable dust") nicht zielführiger für kohärente Rechtsvorschriften ist

Erst zusammen sind sie stark

REACH



no data = no market

Basissicherheit für alle
chemischen Stoffe ab 1 t/a

nach Tonnage gestaffeltes
Prüfprogramm

GefStoffV



no data = giftig, ätzend,
Verdacht auf Mutagenität

keine Mengenschwelle

Bei negativen
Prüfergebnissen dürfen
Schutzmaßnahmen
"gelockert" werden

Staub bleibt Dauerbrenner im Arbeitsschutz



"grinders syndrome"

Asbest

silikogene Stäube

Mehlstaub

KMF

Schweißrauch

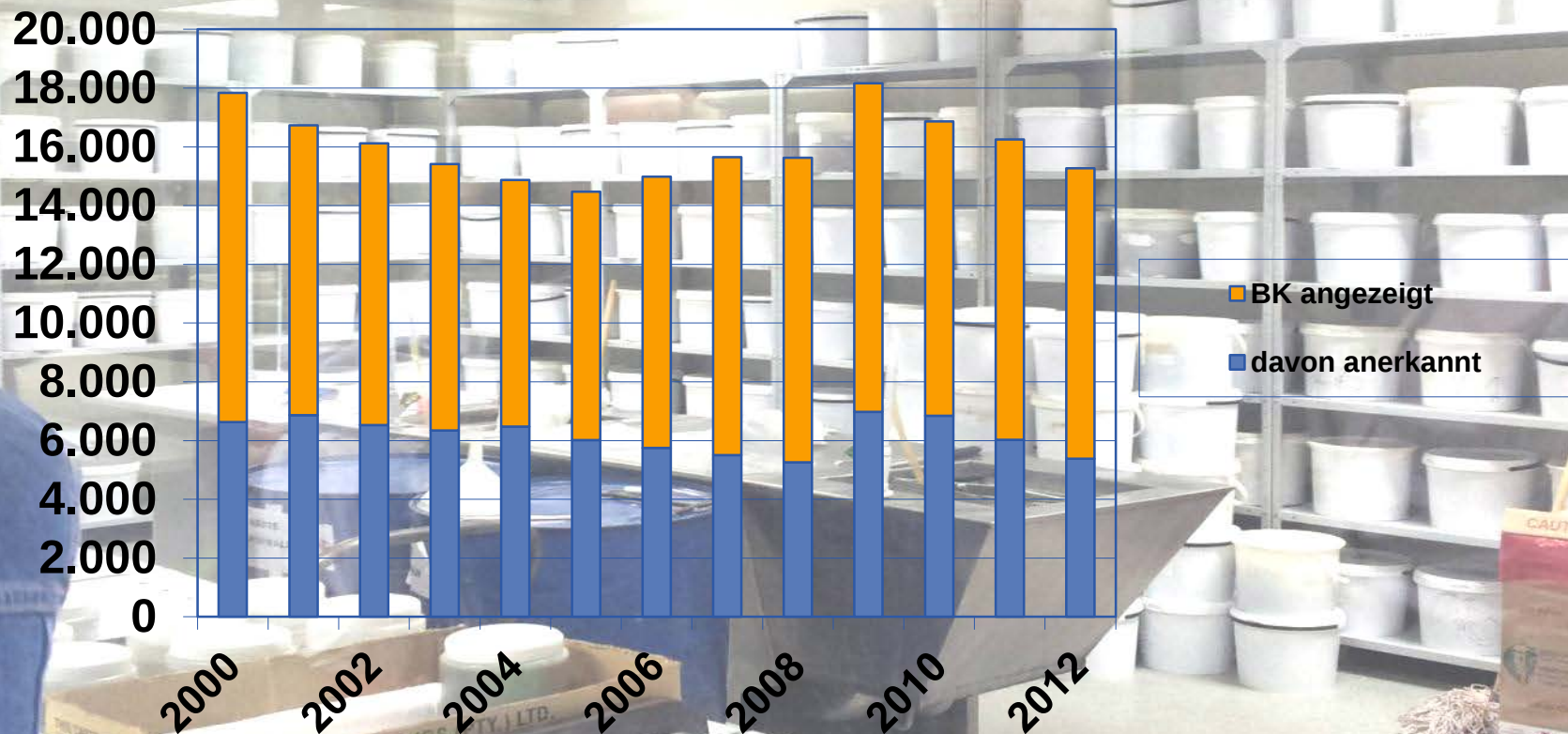
Dieselmotoremissionen

Nanopartikel

.....

Staub: Ursache für viele Berufskrankheiten

Erkrankungen von Atemwegen, Lungen, Rippenfell, Bauchfell
im Berufskrankheiten-Verfahren (Deutschland)



Quelle: Jahresberichte zur Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (SUGA)

Bild: Pathologie-Abteilung des National Institute for Occupational Health, Johannesburg, Südafrika

Risikokommunikation

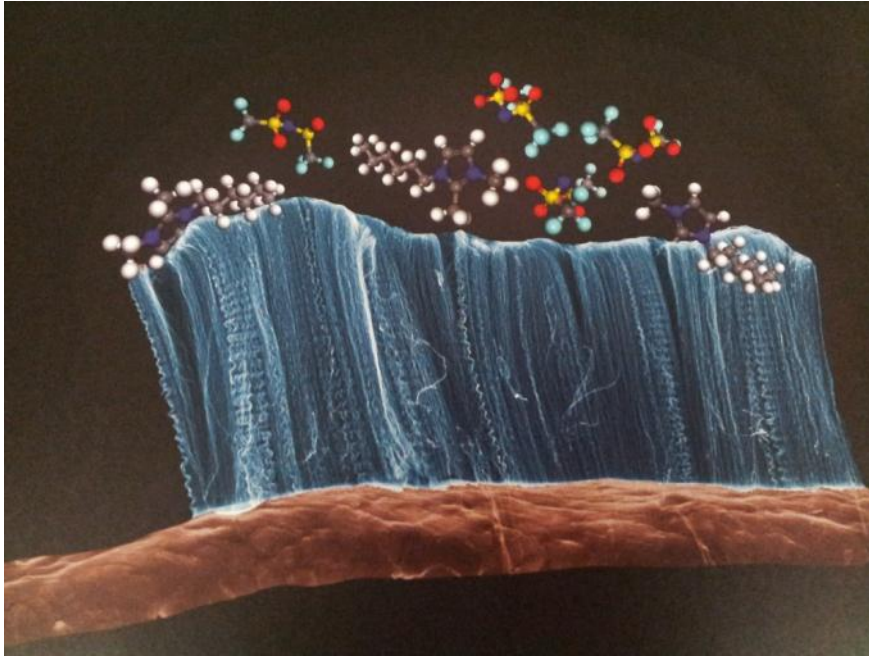
Achtsamkeit gegenüber Stäuben, insbesondere in Startups und Forschungseinrichtungen, durch weitere Kampagnen und gezielte Beratung stärken.

USA: NIOSH Nanotechnology field team
in Arbeit: Handlungshilfe (EU, NANOVALID)
in Diskussion: EU Nano-Observatory

Fehlerhafte "Bilder" zu Nanomaterialien und zur Quantenchemie korrigieren

<http://www.nanopartikel.info/> ("DaNa")

Welche Firma wirbt schon mit Asbest?



aus:
Kalender 2013 des dt. Verbandes
Nanotechnologie e.V.



http://user.cojobo.org/~p_niesem/mineralien/silikate/Bandsilikate/368.JPG

Asbestmineral

Risiko- und Sicherheitsforschung

$$10 = 5 + 5$$

10 % der öffentlichen Mittel zur Innovationsförderung für die **Risiko- und Sicherheitsforschung** vorsehen davon

5 % für **projektbezogene** Forschung und Entwicklung

5 % für **technische und personelle Ausstattung** für Institutionen mit "Antennenfunktion"

Besorgnis neu formuliert

Die Gefahreneigenschaften der Grundstoffe sind auch bei deren Nanoformen zu berücksichtigen, die **Freisetzung biobeständiger Partikel** kann zu zusätzlichen Gesundheitsgefährdungen führen.

Auch andere **innovative Werkstoffe mit Strukturen über 100 nm** können zu vergleichbaren Gesundheitsgefährdungen führen.

Einige Nanomaterialien, insbesondere faserförmige, weisen ein **ungünstiges Staubungsverhalten** auf.

Bei einigen **rigiden Kohlenstoffnanoröhrchen**, die in erheblichem Maße Faserstäube (WHO-Fasern) freisetzen können, könnte eine mit **Asbest** vergleichbare Gefährdung von Beschäftigten vorliegen.

Die Wahrscheinlichkeit, dass für neu entwickelte Nanomaterialien zukünftig noch unbekannte Gefahreneigenschaften erkannt werden, steigt mit **zunehmender Innovationsgeschwindigkeit**.

Weiterführende Informationen

www.baua.de/nanotechnologie

www.baua.de/emkg

Vielen Dank

