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

Forschungsstrategie zu Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanomaterialien (2007)

Eine erste Bilanzierung der Sicherheitsforschung 2007 - 11

Dr. Rolf Packroff
Wissenschaftlicher Leiter des Fachbereiches
„Gefahrstoffe und biologische Arbeitsstoffe“ der
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

Nanotechnologie:
Gesundheits- und Umweltrisiken von Nanomaterialien

– Forschungsstrategie –

Dezember 2007

http://www.baua.de/nn_47716/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Nanotechnologie/pdf/Forschungsstrategie.pdf

Ressortforschung

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

Ressortforschung: Chemikaliensicherheit

Chemische Belastungen

- **Stoffe**
  - synthetisch
  - natürlich
- **Gemische**
- **Erzeugnisse**

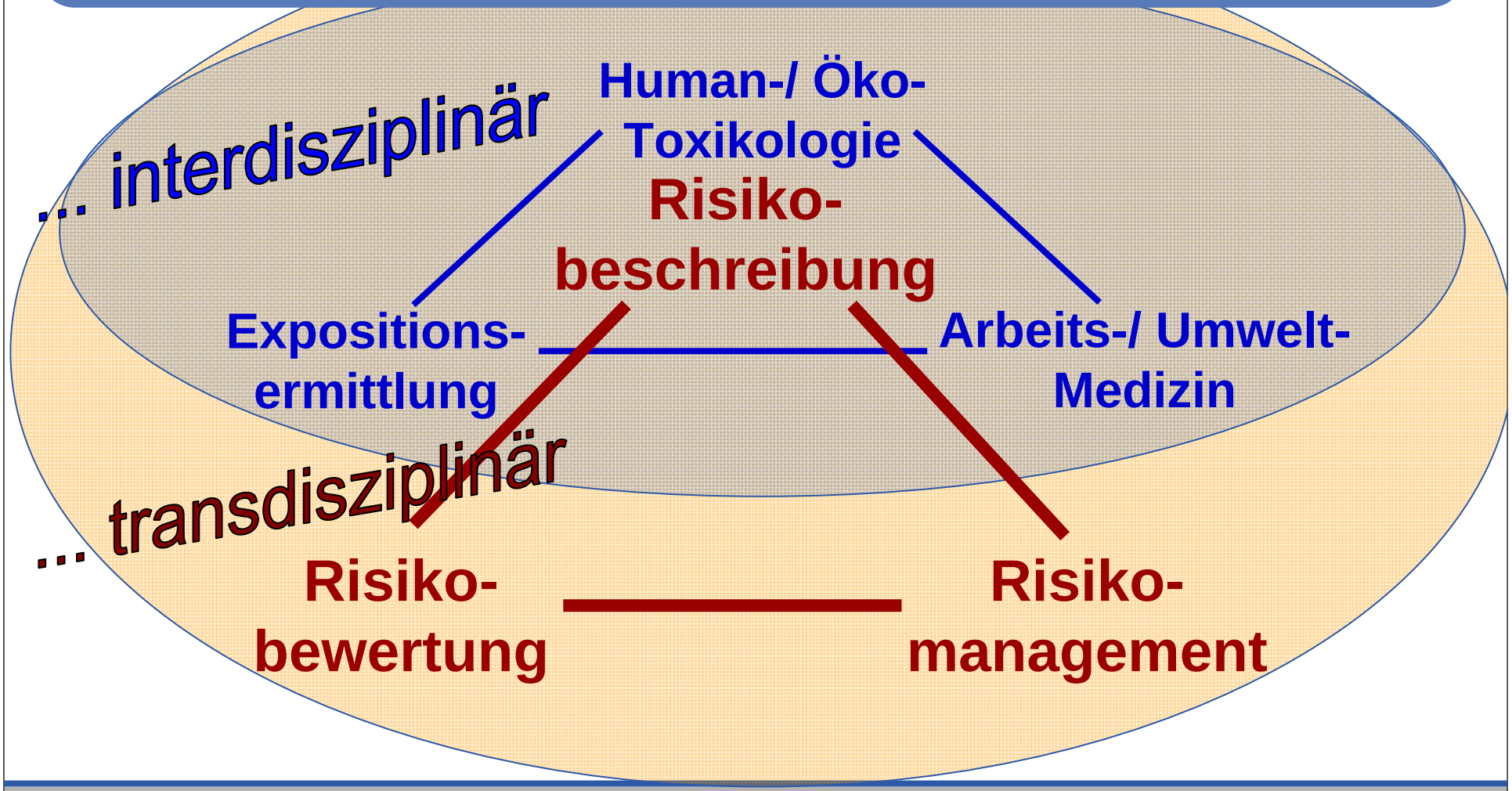
Schutz von

- **Mensch**
  - als Beschäftige/r
  - als Verbraucher/in
  - vor Umweltbelastungen
- **Umwelt**
  - Luft
  - Wasser
  - Boden

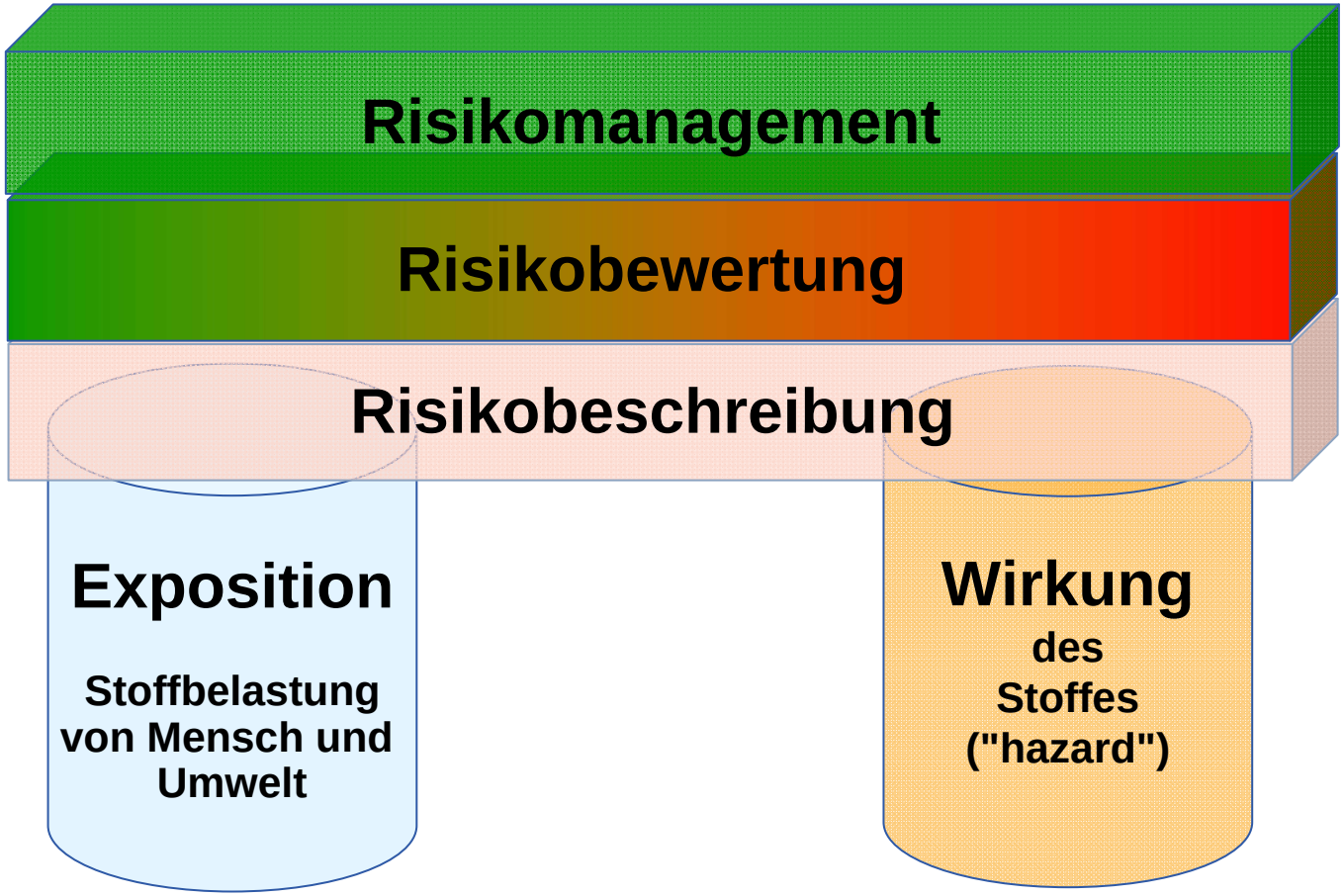
Ressortforschung zur Chemikaliensicherheit

- **Risiken frühzeitig erkennen "Vorlaufforschung"**
  - Sicherheitsrelevante Entitäten identifizieren (Stoffe, Materialien, Produkte, Verfahren, ...)
  - Expositionen erkennen, messen und bewerten
  - Kritische Wirkungen erkennen und bewerten
  - Risikosituationen identifizieren und bewerten ("Hot spots")
- **Entwicklung für Politik und Praxis "Governance-Forschung"**
  - Beiträge zur Rechts- und Regelsetzung
  - Beiträge zur nachhaltigen Entwicklung "Nachhaltigkeitsforschung"

Sicherheitsforschung ist ...



Sicherheitsforschung orientiert sich am Risiko



Umweltbundesamt (UBA)

"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."

- **Identifizierung von Regelungslücken**
  in der deutschen und europäischen Umweltgesetzgebung

- **Nanopartikel in der Umwelt**
  Identifizierung, Mobilität, Verhalten, Wirkung und Verbleib

- **Emission von Nanopartikeln aus Produkten**
  Messung, Lebenszyklusbetrachtungen

- **Bewertung von Entlastungseffekten für die Umwelt**
  durch Nanotechnologie und Nanomaterialien

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR)

"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 Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

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

- **Arbeitsplatzbelastungen bei Tätigkeiten mit Nanomaterialien**
  Messverfahren und -strategien, Feldstudien, Prüfstanduntersuchungen

- **Toxikologische Risikocharakterisierung**
  Wirkung inhalierter Partikel, Prüfstrategien

- **Vorsorgestrategie**
  Vorkommen und Verwendung, Regelungs-strategien zur Chemikaliensicherheit, Arbeitsschutz-Handlungshilfen

Bundesanstalt für Materialprüfung und -forschung

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

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

Physikalisch-Technische Bundesanstalt

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

- **Charakterisierung und Messung von Nanomaterialien**
  Röntgenkleinwinkelstreuung, -fluoreszenz und -absorption, Transmissions-Rasterelektronenmikroskopie, EU-Metrologieprogramm

Forschungsstrategie
1. Bilanzierung 2007 - 2011

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

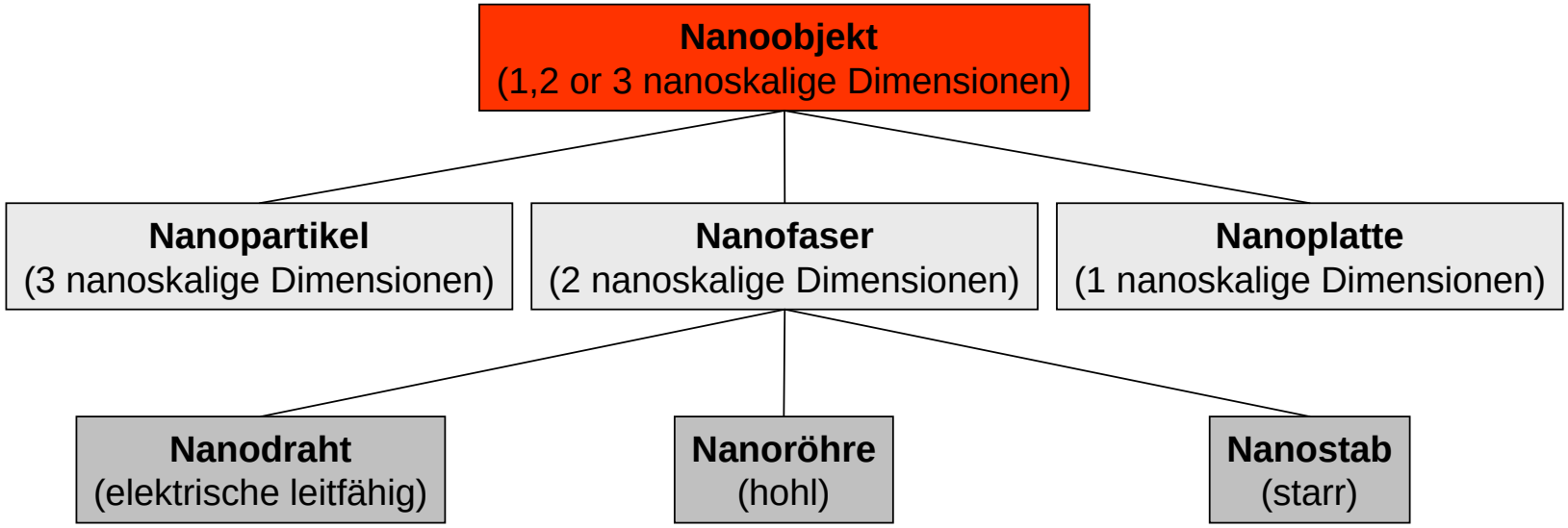
Bild: BAuA/Fox/Völkner

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)

Materialcharakterisierung

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



Materialcharakterisierung

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

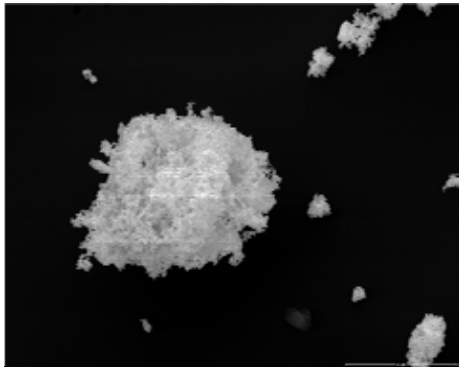


Bild: BAuA/Nanolabor

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!)

Exposition von Mensch und Umwelt

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.

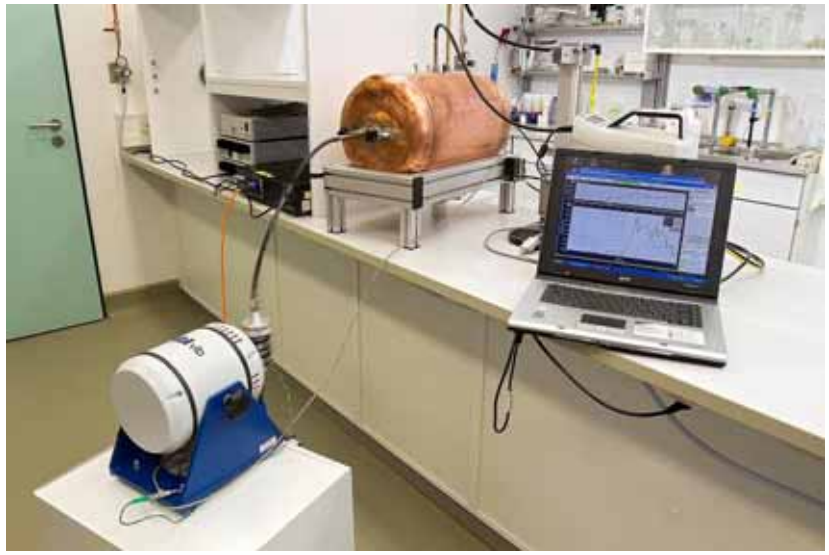


Bild: BAuA/Fox/Völkner

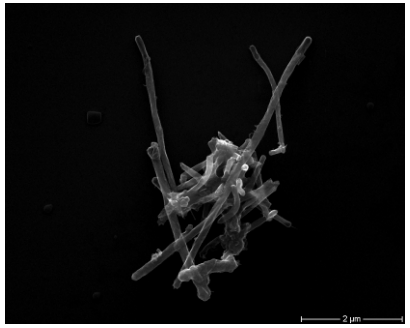


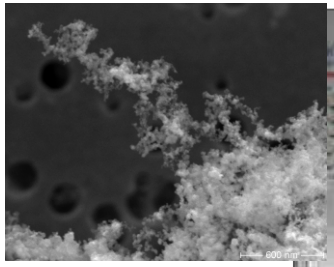
Bild: BAuA/Nanolabor

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

Exposition - Arbeitsplatz

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 Hintergrund-belastungen mit ultrafeinen Partikeln aus der Umgebung.
- In Arbeitsplatzproben dominieren mikroskalige Agglomerate und Aggregate, nanoskalige Partikel sind eher selten.
- Bislang wurde keine signifikante Erhöhung der Partikel-konzentrationen bei den Feldmessungen an Arbeits-plätzen gefunden.



Bilder: BAuA/Nanolabor

Exposition - Verbraucher / Umwelt

Bilder: BAuA/Fox/Völkner

Bild: Packroff / dt. Museum

Verbraucher:

- Verfahren zum Nachweis von nanoskaligen Bestandteilen in komplexen Matrizes von Lebensmitteln, Lebensmittelkontakt-materialien 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

Bilder: BAuA/Fox/Völkner

Gesundheitliches Gefährdungspotenzial

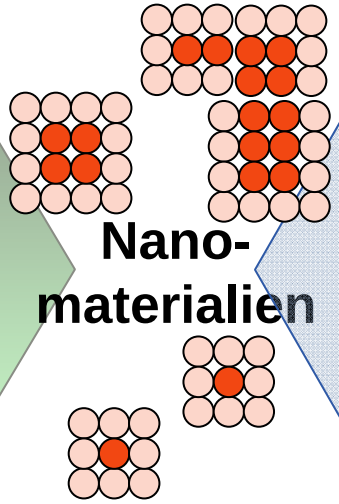
Die systematische Suche nach Methoden und Wirkprinzipien für die toxikologische Charakterisierung soll eine Gruppenbildung ermöglichen und aufwändige Einzeltestungen durch die Hersteller vermeiden.

Partikeltoxikologie

Fein-, Ultrafeinstäube (granulär, biobeständig)

Faserstäube (lang, dünn, biobeständig)

Aufnahmeweg: Einatmen
- Entzündungsreaktionen
- Kanzerogenität



Stofftoxikologie

(Bulk-) Stoffe

Aufnahmewege: Einatmen, Haut, Verschlucken

- stoffbezogene Wirkungen (vgl. Einstufung)

Gesundheitliches Gefährdungspotenzial

Bildgebende Nachweisverfahren wurden verbessert, um Nanomaterialien in der Zelle zu visualisieren und zelluläre Veränderungen nachzuweisen.

Für ausgewählte Nanomaterialien wurden im Tierexperiment
- genotoxische Wirkungen bestätigt,
- keine signifikante Deagglomerationen im Lungenmilieu gefunden
- geringe systemische Verfügbarkeiten (Transport in andere Organe) beobachtet.

Viele in-vitro Methoden haben nur eine geringe Sensitivität zur Identifizierung kanzerogener Wirkungen von biobeständigen Partikeln

Bild: BAuA/Fox/Völkner

Umweltgefährdungspotenzial

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

Gefährdungspotenzial

Offene Fragen (die in laufenden Projekten beantwortet werden sollen)

- Lassen sich gesundheitliche Wirkungen von Nanomaterialien durch bekannte Wirkprinzipien beschreiben (Wirkmechanismen und Toxikokinetik)?
- Wie groß sind die Unterschiede in der Wirkstärke (Entzündung, Kanzerogenität) von mikro- und nanoskaligen Materialien des gleichen Stoffes?
- Wie beeinflussen modifizierte Oberflächen die Toxizität eines Nanomaterials?
- Welche mögliche Langzeiteffekte können Nanopartikel in der Lunge verursachen?
- Lassen sich kostengünstige Tests zum Screening von Materialien auf schädliche Wirkungen für Mensch und Umwelt in einem frühen Stadium der Material-innovation entwickeln?

Nachhaltigkeitspotenzial

Nanotechnologie bietet ein großes Potential für Energieeffizienz und Ressourcenschonung, zum Einsatz im Umweltschutz sowie bei der Entwicklung innovativer Techniken und Anwendungen im medizinischen Bereich.

Bild: BAuA/Fox/Völkner

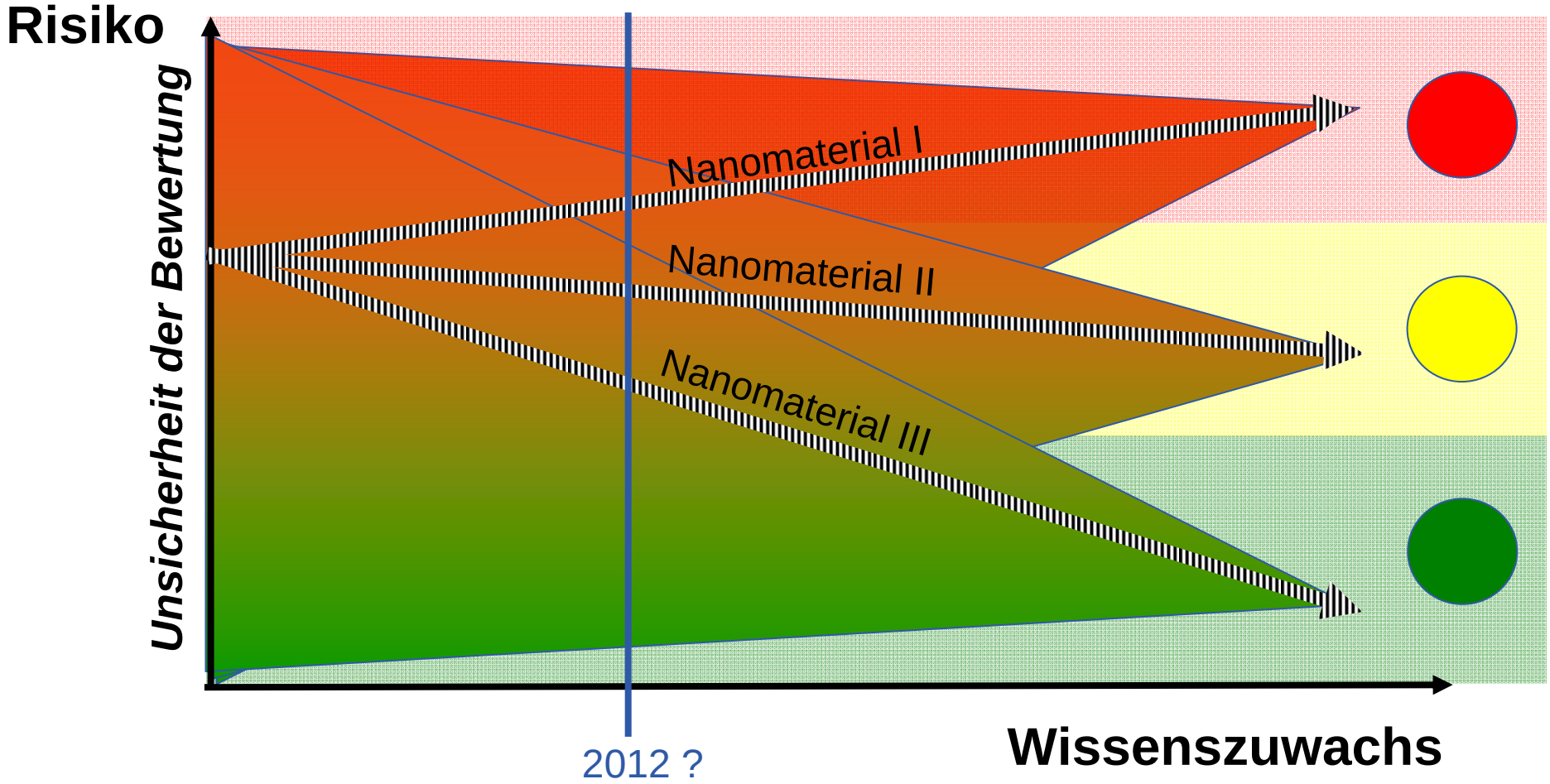
http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3777.pdf

4 Fallstudien zur Ökobilanz :

- Herstellung lötfähiger Endoberflächen auf Leiterplatten durch Nanotechnik,
- mehrwandige Kohlenstoffnanoröhren für Folien in der Halbleiterindustrie,
- Lithium-Ionen-Batterie zur Energiespeicherung im ÖPNV,
- Ultradur® High Speed-Kunststoff.

Untersucht wurden auch Beschäftigungseffekte durch Nanotechniken.

Risikobewertung, -management, -kommunikation



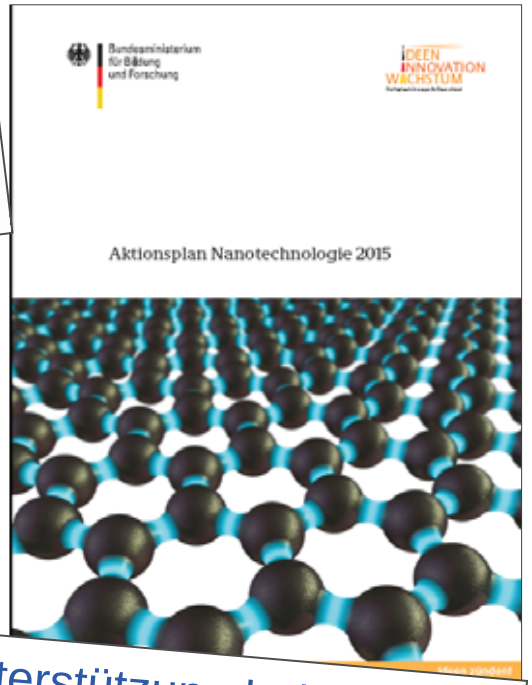
Rechts- und Regelsetzung

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 – Begleitpapier der Bundesoberbehörden zur Deutschen Position (7/2012) *(noch nicht veröffentlicht)***
- **Kurzinfo der deutschen nationalen Auskunftsstelle zur Charakterisierung von Nanomaterialien unter REACH (8/2012) (http://www.reach-clp-helpdesk.de/de/Downloads/....)**

Praxishilfen für den Arbeitsschutz



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

Risikokommunikation

technische universität dortmund

Chemikalienrecht und Arbeitsschutz

für Studierende der Chemie und der Chemischen Biologie (2 V, 1 Ü)

Montags, 10.15 Uhr - 12.00 Uhr, im Hörsaal 3 des Chemiegebäudes.

Beginn: 04. April 2011

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,

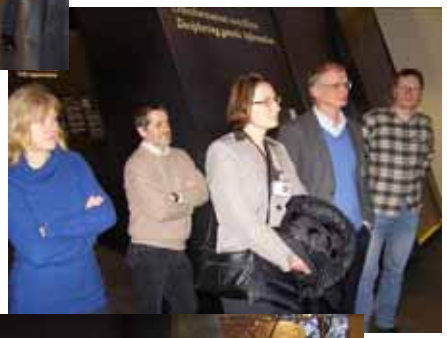
8. wissenschaftliche Erkenntnisse zu den **Risiken für Mensch und Umwelt im Lebenszyklus** verbrauchernaher Produkte aus der Nanotechnologie,

9. **sichere Arbeitsverfahren** für Materialinnovationen, für die noch keine belastbaren Aussagen zu den Risiken für Mensch und Umwelt verfügbar sind.

Redaktionsgruppe "Nano-Forschungsstrategie"

Tanja Burgdorf, BfR
Rolf Packroff, BAuA
Petra Apel, UBA
Asmus Meyer-Plath, BAM

... und viele weitere Beteiligte



Redaktionelle Bearbeitung:
Patricia Adolf, BMU

Kontakt