

Nanotechnologie - immer und überall ?

Einführungen in das Thema

Prof. Dr. Heidi Foth

Sachverständigenrat für Umweltfragen, Berlin

Martin-Luther Universität, Halle/Wittenberg

- ❑ Unabhängiges, wissenschaftliches Beratungsgremium der Bundesregierung seit 1971, berufen durch das Bundeskabinett
- ❑ 7 Univ.-Prof. aus den Bereichen Naturwissenschaften, Technik, Ökonomie, Recht, Politologie
- ❑ Umweltsituation, Entwicklungstendenzen und politische Fehlentwicklungen in Deutschland darstellen und begutachten



- 0. Kurzfassung für Entscheidungsträger**
- 1. Problemstellung und Zielsetzung des Sondergutachtens**
- 2. Risikovorsorge bei neuen Technologien**
- 3. Nanomaterialien und Nanoprodukte:
Naturwissenschaftliche Grundlagen,
Anwendungsbereiche und Marktpotenziale**
- 4. Risikoermittlung**
- 5. Verfahrensanforderungen und Kriterien für
Entscheidungen über Nanomaterialien**
- 6. Vorsorgeorientiertes Risikomanagement von
Nanomaterialien: Analyse und Empfehlungen**
- 7. Schlussfolgerungen und Empfehlungen**

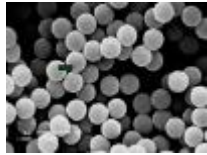
für Umwelt- und Gesundheitsschutz

- innovative Materialien für einen niedrigeren Energieverbrauch und für höhere Effizienzen bei der Erzeugung, Leitung und Speicherung von Energie,
- Verbesserung der Solartechnik, Katalysatoren für chemische Reaktionen und Abluftreinigung,
- intelligente Materialien (smart devices) für die Medizin, die Diagnostik, Lebensmitteltechnologie, Kosmetik und Verbraucherartikel.

Bewertung des Umweltnutzens: Gesamtbetrachtung der verschiedenen Umweltaspekte über den gesamten Lebensweg ist notwendig.

- nanotechnische Anwendungen sind nicht prinzipiell mit hohen ökologischen Entlastungspotenzialen verbunden

Neue Eigenschaften der Nanostrukturen



Titandioxid

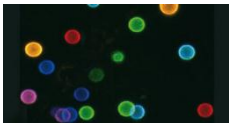
UV Absorption, photokatalytisch

Zinkoxid

UV Absorption

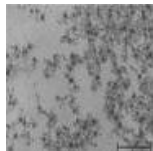
Siliciumdioxid

mechanische Härte



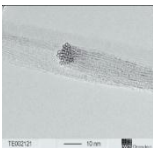
Gold

polychrom, katalytisch



Eisenoxid

supramagnetisch, katalytisch



C-Nanofasern

mechanische Stabilität,
geringes Gewicht

Welche gesellschaftliche Bedeutung haben „Nano“-Produkte und Verfahren ?

- | | | | |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| ■ Transistoren/Prozessoren | ■ Beschlagfreie Spiegel | ■ EisenNano-Partikel | |
| ■ Datenspeicher | ■ Beschlagfreie Gläser | ■ TiO ₂ | |
| ■ Litiumbatterien | ■ Thermochrome Gläser | Silber | |
| ■ Lichttechnik (LED, OLED) | ■ Photochrome Gläser | Gold | |
| ■ Photovoltaik | ■ Beständige Lacke | ■ Pigmente | |
| ■ Thermophotovoltaik | ■ Katalysatoren | ■ Liposomen | |
| ■ Brennstoff-Zellen | ■ Antibakterielle Folien | Duftstoffe | |
| ■ (Hochleistungs-) Keramiken | | ■ Biokomposite | |
| ■ Metall-Kunststoff-Verbunde | | | |
| ■ (Halbleiter) Folien | | | |
| ■ Lebensmittelverpackungen | | | |
| ■ Elektronik | ■ Energiegewinnung
-einsparung | ■ Sicherheit,
Optimierung | ■ Gesundheit,
Umweltschutz |

	seit	Nano Objekt	Nano Struktur
Aluminium Oxide	1955	NO	YES
Ceroxide	1995	NO	YES
Silicon Dioxide	1944	YES	NO
Silicon Dioxide	1944	NO	YES
Titanium Dioxide	1970	NO	YES
Zinc Oxide	1970	NO	YES
Silver	1995	NO	YES
Carbon Black	1900	NO	YES
CNTs (SWCNT)	2002	NO	YES
CNTs (MWCNT)	2000	NO	YES

Nano Objekt: Partikel, Fasern, Plättchen

Source CEFIC

Heidi Foth

bisherige Erkenntnisse zu Nanomaterialien (NM)

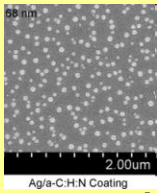
- Kein Nachweis für negative Veränderungen an Umwelt und Gesundheit
- Hohe Neigung zur Bildung von Agglomeraten bzw. Aggregaten und Adsorption an org. Feststoffen
- veränderte Aufnahme und Verteilung im Organismus im Vergleich zum Makrostoff (Barrieregängigkeit).
- Veränderte Dosis-Wirkungs-Beziehung möglich
- Generell höhere Reaktivität aufgrund größerer spezifischer Oberfläche (fotokatalytische Aktivität, hohe Persistenz, besonderes Längen-Querschnittverhältnisses)
- Risikorelevante Eigenschaften der Nanomaterialien sind nicht per se von Makrostoff ableitbar
- viele offene Fragen zum Verhalten und zur Wirkung in Mensch und Umwelt

bisherige Erkenntnisse zu Nanomaterialien (NM)

- Schwerpunkt Aufnahme über die Lunge als kritischstes Organ
- Aufnahme über die Haut in meisten Fällen unwahrscheinlich, über Magendarmtrakt weitestgehend unbekannt
- Nachgewiesen bisher primär oxidativer Stress und Entzündungsreaktionen
- Ev. genotoxisches Potential einiger NM (Titandioxid-Nanopartikel und bestimmte CNTs)
- Letzteres steht wahrscheinlich im Zusammenhang mit chronischen Entzündungsreaktionen
- Nanoskalige, faserförmige Strukturen mit hoher Persistenz und geringem Verhältnis Querschnitt zur Länge stehen per se im Verdacht Tumore auszulösen

Beispiele für Besorgnisanlässe

- Verwendung von Nanomaterialien in verbrauchernahen Sprays
- zunehmende Vermarktung von Verbraucherprodukten, die Silber-Nanopartikel enthalten
- Expositionen von Kohlenstoff-Nanoröhren (CNTs) mit kanzerogenem Potenzial bei Herstellung und Weiterverarbeitung
- umweltoffene Anwendung von Nanomaterialien



Nano-spezifische Eigenschaften

Antibakteriell (lange bekannt),

Anwendungen

Oberflächenbehandlungen (Haut, Textilien, Konsumenten Artikel, Reinigungssprays, Pflanzenschutz)

Regelungsbedarf

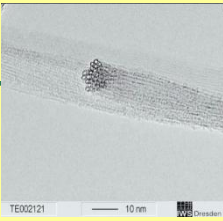
Medizin (Verbandmaterial)
ungewollte Inhalation von Aerosolen,
weite Verbreitung in der Umwelt

Sicherheits-relevante Aspekte

aktive Spezies sind Ag Ionen,
sind sie biopersistent ?
bakterielle Resistenz?

Offene Fragen

Risiken durch bakteriellen Resistenz?
Chronische Organtoxizität,
Übergang in das Gehirn?
Ökotoxizität? Verhalten im Abfallpfad



Nano- spezifische Eigenschaften

geringes Gewicht,
hohe mechanische Härte

Anwendungen

innovatives Material
leitfähig, Speicherstoff
Composite, Elektronik

Regelungsbedarf

Arbeitsplatz Standards, Abrieb
und Verwitterung im Gebrauch,

Sicherheits-relevante Aspekte

Entzündung und Krebs
(nur unter spezifischen Bedingungen)

Offene Fragen

Überladungs-Phänomen?
Bedeutung von Form und Struktur?
Verhalten in der Umwelt?

Forschung

keine spezifische Regelung
über Gefahren hinaus

Instrumente
Technologien
Materialien

Entwicklung

„ „ „

Produktion
Prozessierung

Chemikalien

REACH,
(Gefahren Identifizierung,
Klassifikation, sicherer Umgang)

Vermarktung

Chemikalien
Artikel
LM & Verpackungen
Kosmetika
Biozide/Pestizide

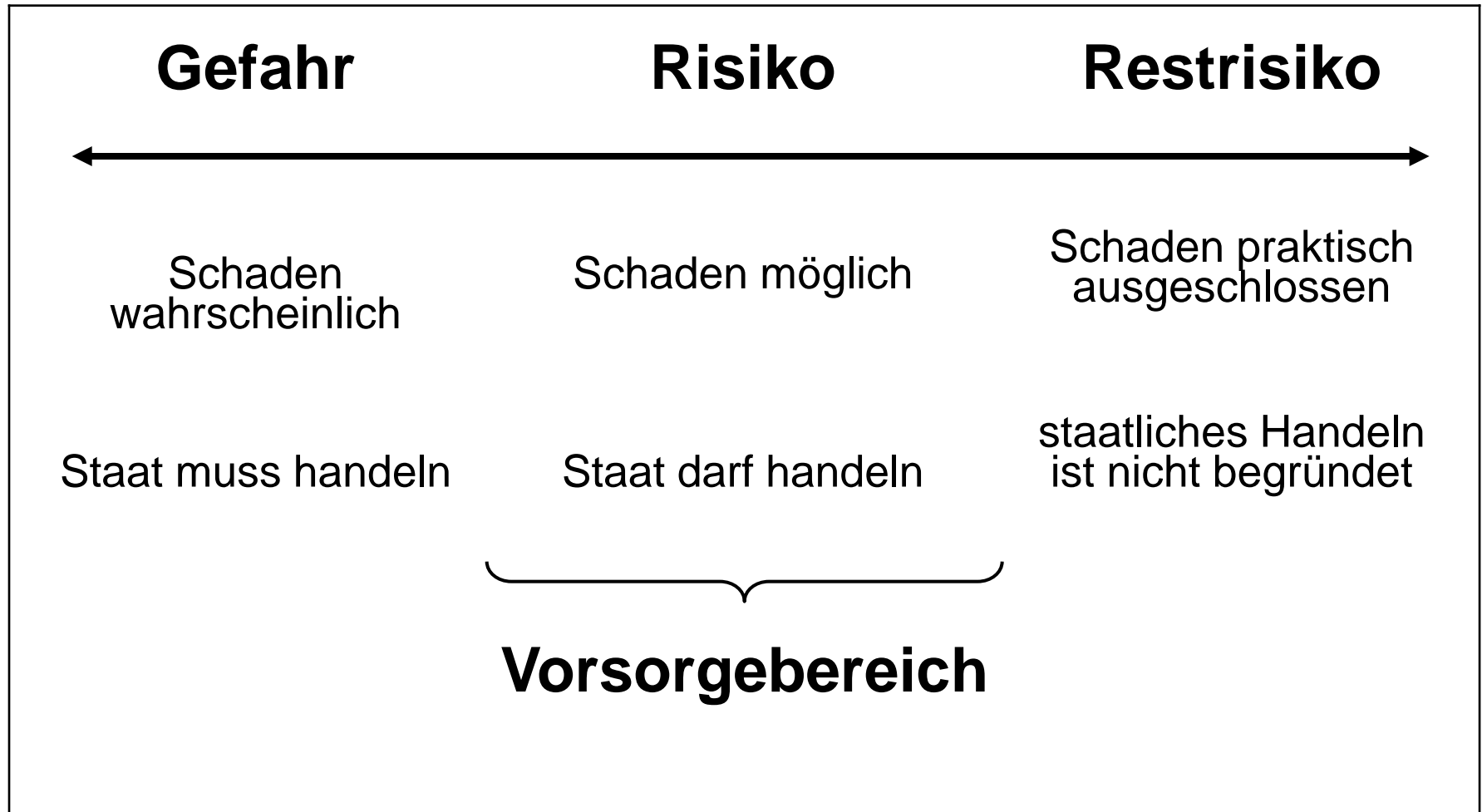
REACH
(.....)
(Neue) *Lebensmittelverordnung*
Kosmetik VO
Pestizid VO

Arzneimittel

Arzneimittel VO

- Größe ist wichtig
Nanoformulierungen haben spezifische (neue)
Eigenschaften; „core – coating – corona“ Phänomen
- Aufnahme und Verteilung im Organismus können verändert sein
(Gehirn, Plazenta)
- Einige Fasern haben Ähnlichkeiten zu Asbest (carbon
nanotubes)
- Viele sind (bio)persistent
- Viele wirken entzündlich
- Es gibt noch zu viele Unsicherheiten aufgrund von Datenmangel

 Keine Kontrollmöglichkeiten – Keine „Sanierung“ –
sogar kein Monitoring



Gefahr

Risiko

Restrisiko



Schaden
wahrscheinlich

Schaden möglich

Schaden praktisch
ausgeschlossen

Staat muss handeln

Staat darf handeln

staatliches Handeln
ist nicht begründet



Vorsorgebereich

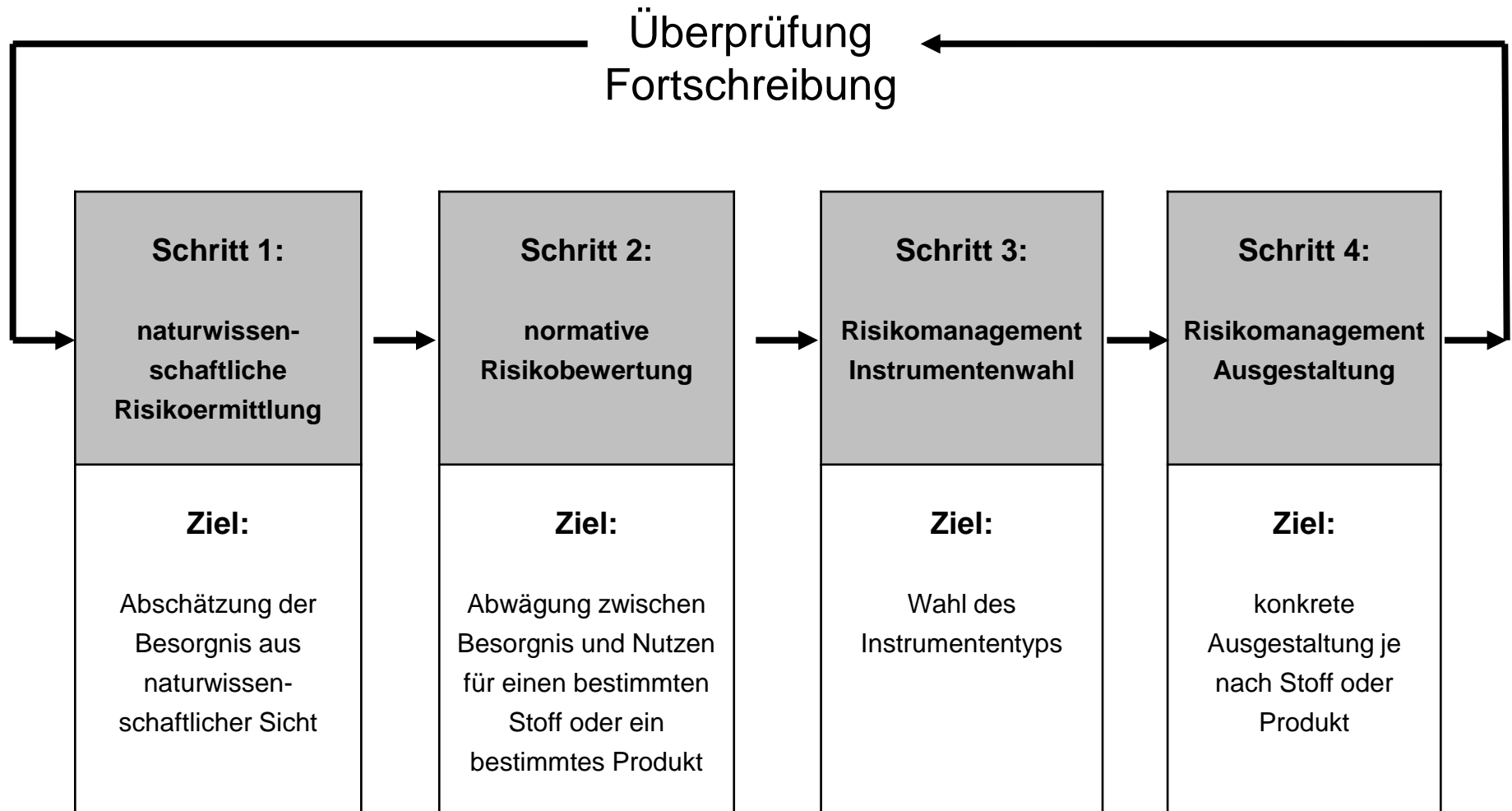
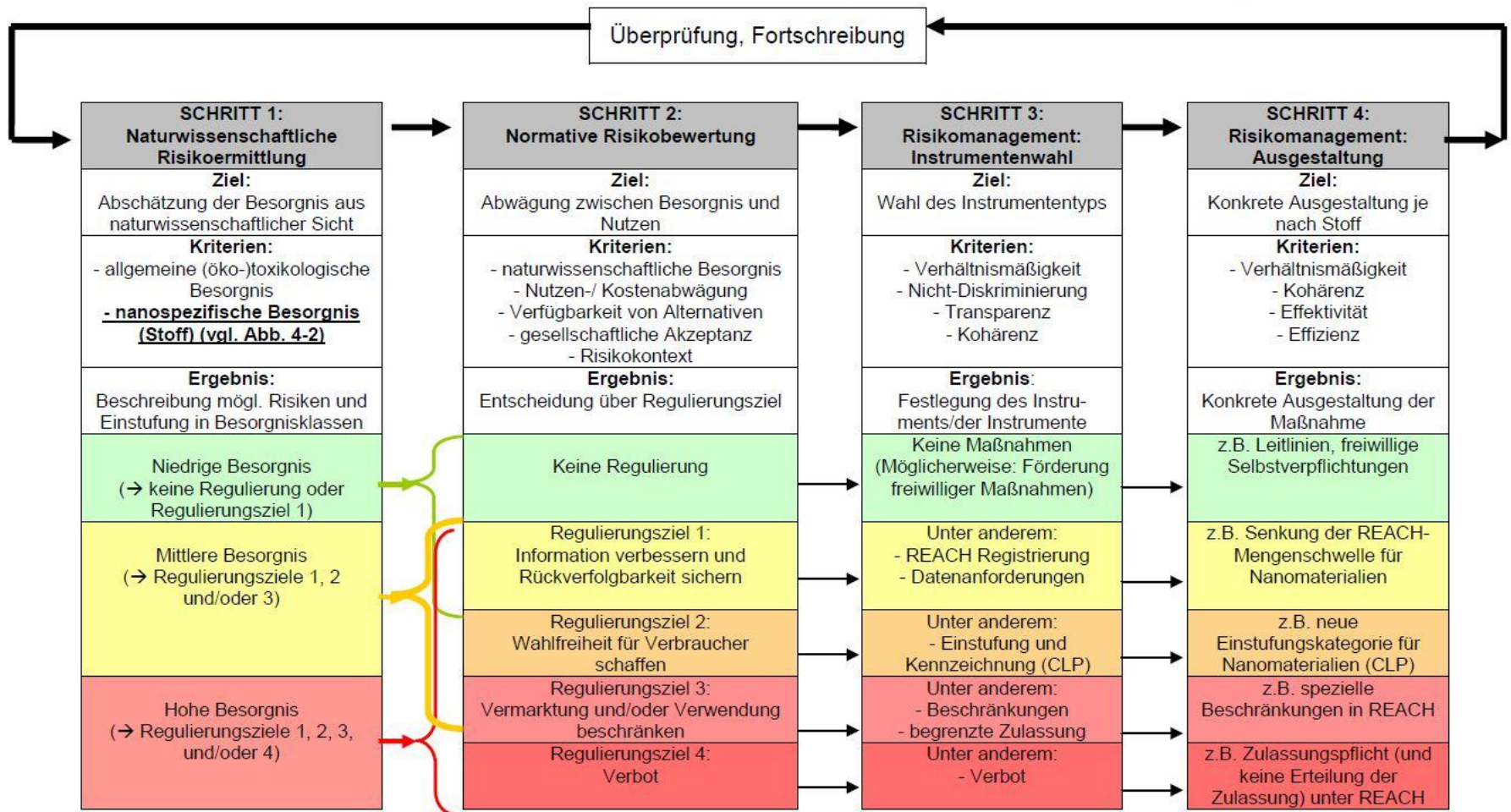


Abbildung 5-2

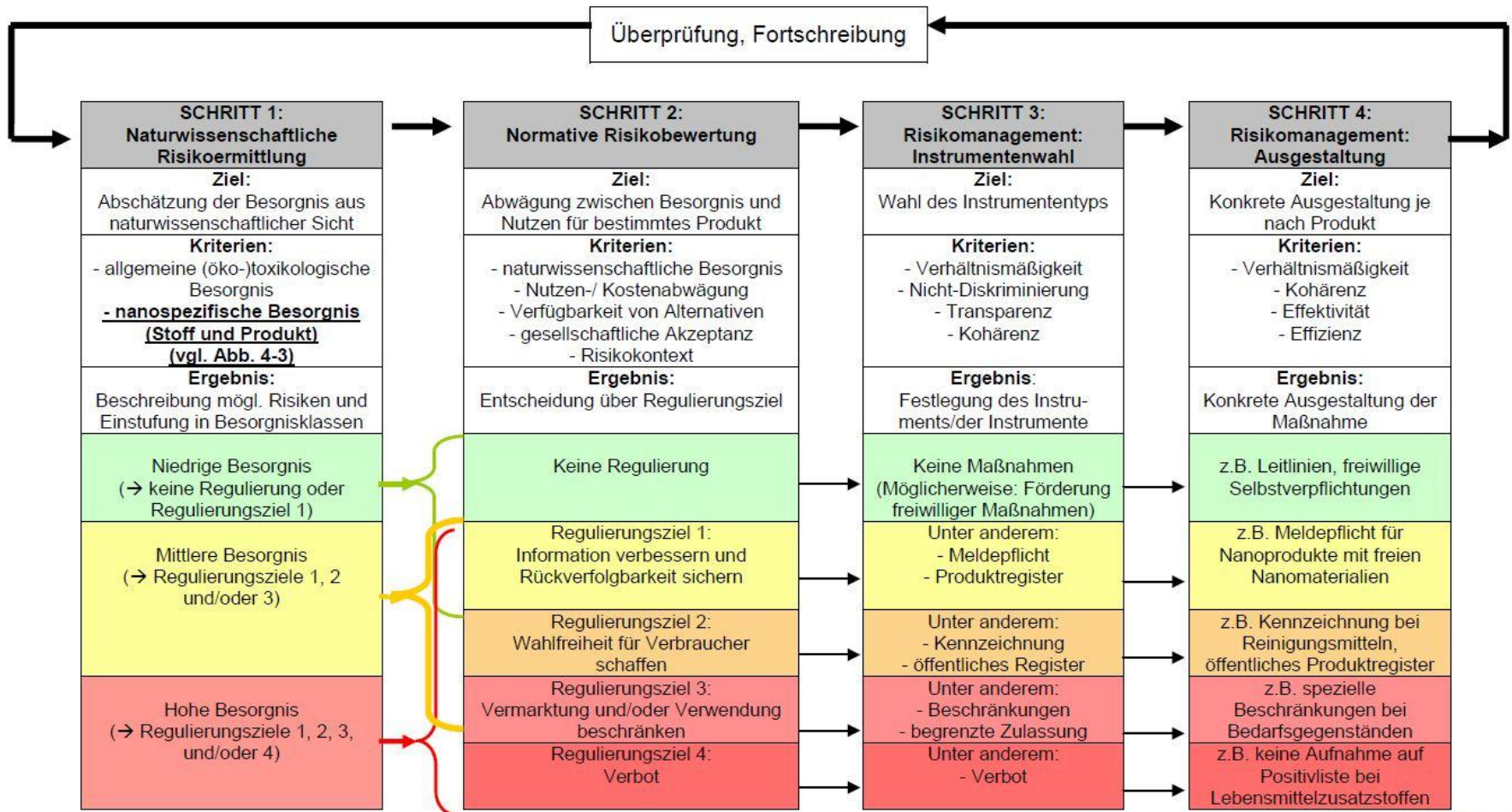
Nanomaterialien: Modell zur Identifizierung von angemessenen staatlichen Vorsorgemaßnahmen



SRU/SG 2011-2/Abb. 5-2

Abbildung 5-3

Nanoprodukte: Modell zur Identifizierung von angemessenen staatlichen Vorsorgemaßnahmen



SRU/SG 2011-2/Abb. 5-3

Empfehlungen für den Umgang mit Nichtwissen

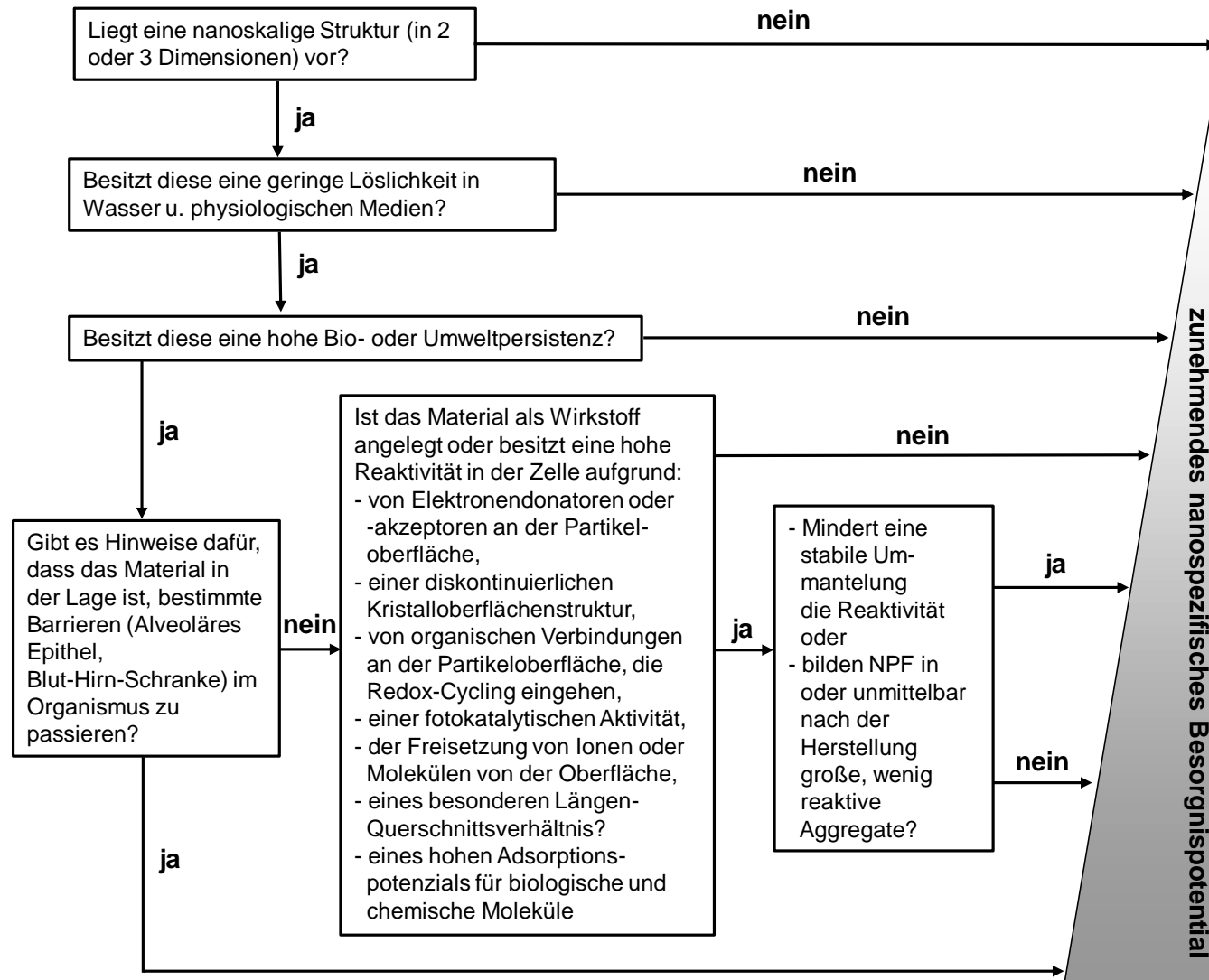
- Bei unzureichender Datenlage vorläufige naturwissenschaftliche Risikobewertung auf Grundlage von spezifischen Be- und Entlastungskriterien
- Stärkeres Engagement in der öffentlich geförderten Risikoforschung
- Schließen bestehender Wissenslücken, wie z.B.:
 - Verhalten und Toxizität nach oraler Aufnahme
 - chronischen Toxizität nach inhalativer Aufnahme mit realistischen Expositionskonzentrationen
 - Verhalten in natürlichen aquatischen Systemen und in Böden
 - chronische Wirkung auf aquatische und terrestrische Organismen
 - Entwicklung robuster Nachweismethoden für NM
 - Migrationsverhalten aus Produkten

Definition für Nanomaterialien

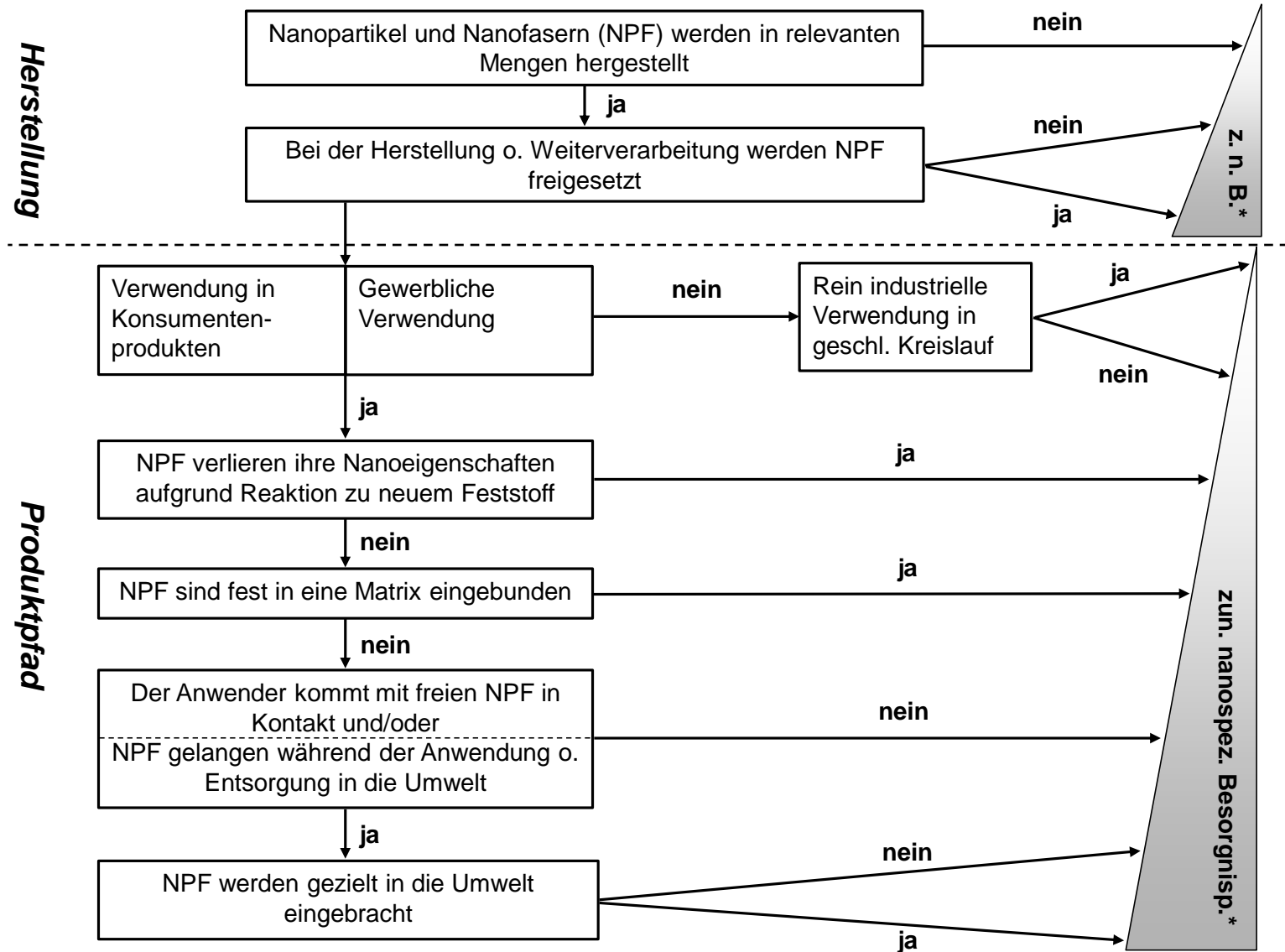
Einheitliche Definition ist notwendig, aber wegen der Vielfalt der Materialien schwierig.

- EU-Kommission (Okt. 2010), Größenbegrenzung 1 bis 100 nm, wenn Anteil im Material mindestens 1% bezogen auf die Partikelanzahl,
- Empfehlung des SRU: **Größenbereich bis 300 nm erweitern**, keine untere Grenze festlegen.
- Für spezielle Regulierungszwecke kann eine engere Größenbegrenzung sinnvoll sein.

Entscheidungsbaum für eine Risikokategorisierung von Nanopartikeln oder Nanofasern (NPF)



Priorisierung von Nanoprodukten anhand von Expositionskriterien





Lycurgus Cup, British Museum, 4th century BC Source: RCEP-Report 2008