

Nanotechnik
Chancen und Risiken

NANOSAFE

Contract No. G1MA-CT-2002-00020

Dr. Rüdiger Naß

Schmitten, 2.-4. December 2005



- Einleitung
 - Warum Nanotechnologie?
 - Warum ein NANOSAFE?
- Zielsetzung des Projekts
- Projektstruktur
- Ausgewählte Ergebnisse
- Zusammenfassung

Materialien bestimmen unsere Welt und jeglichen Fortschritt

- Materialien mit neuen/verbesserten Eigenschaften sind ein wichtiger Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit
- **Nanomaterialien**
 - zeigen neue und/oder verbesserte Eigenschaften
 - können problemspezifisch hergestellt werden
 - können ungewöhnliche und auch gegensätzliche Eigenschaften in sich vereinen
 - haben das Potential für ökonomischere als auch ökologischere Produktionen
 - können existierende Produkte mit neuen Funktionen versehen
 - ⇒ Innovationen für Old Economies

Beliebig auf Kundenwunsch „programmierbare“ neue Werkstoffe, die neue Produkte und Verfahren ermöglichen!

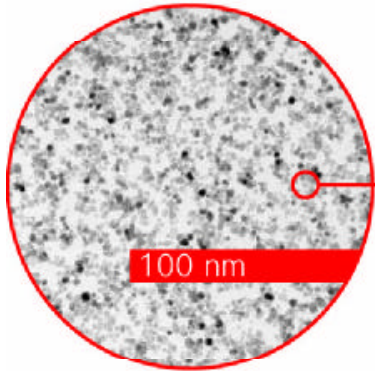
- Spezifische multifunktionelle Werkstoffe
- Bisher undenkbare Materialkombinationen
- Völlig gegensätzliche Eigenschaften in einem Werkstoff vereint
- Neue Produkteigenschaften durch Oberflächenbeschichtungen

„Manches, das am Morgen noch Utopie gewesen ist, ist zu Mittag bereits Science-Fiction und am Abend schon Wirklichkeit.“

Jerry Lewis

Nanotechnologie im Größenvergleich...

Ein typisches Nanoteilchen...

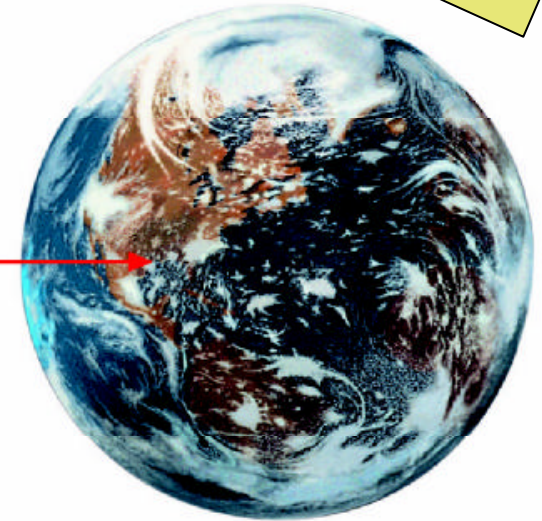


...verhält sich zu einem Fußball...



...wie etwa ein typischer Fußball ...

1 nm = 10^{-9} m



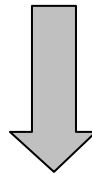
... sich zur Erde verhält ...

Die Nanotechnologie befasst sich mit Strukturen, bei denen mindestens eine entscheidende Dimension in Nanometern gemessen wird.

- Unternehmerische Verantwortung gegenüber Mitarbeitern, Gesellschaft, Umwelt und Investoren
 - Start-up Unternehmen auf dem Gebiet neuer Technologien muss sich mit den Technologierisiken auseinandersetzen
 - HSE- (Health, Safety und Environment) Aspekte
- Risikobewertung für Arbeiter, Anwender (OEM, Endverbraucher), Umwelt und (zukünftige) Unternehmensausrichtung
- Schlüsselfrage: Gibt es Informationen über Risiken dieser neuen Technologie und wie kommt man an diese Informationen?
- Insbesondere zu
 - Produktion
 - Handhabung und Verarbeitung
 - Anwendungen bei OEM und Endanwendern

Motivation für NANOSAFE (2)

- Es sind eine Vielzahl von Informationen verfügbar, aber
 - weit verstreut in der Literatur
 - hochspezialisierte Veröffentlichungen, zu deren Verständnis man Experte auf dem jeweiligen Fachgebiet sein muss, wie z.B. der Medizin, Toxikologie, Arbeitssicherheit, Verfahrenstechnik etc.
 - sind bestehende Regularien auf Nanotechnologie übertragbar?



Materie ist für ein KMU sehr komplex

Ziele von NANOSAFE

- Dokumentation verfügbarer Informationen über Technologierisiken
- Aufzeigen von Risiken für Mitarbeiter, Gesellschaft und Umwelt
- Wirkung von Nanomaterialien auf den Menschen
- Erarbeitung von Maßnahmen zum sicheren Umgang mit Nanomaterialien
- Empfehlungen zur Erweiterung gesetzlicher Auflagen, sofern erforderlich

• Project Partners

Co-ordinator:

- Nanogate Technologies GmbH, NT (D)

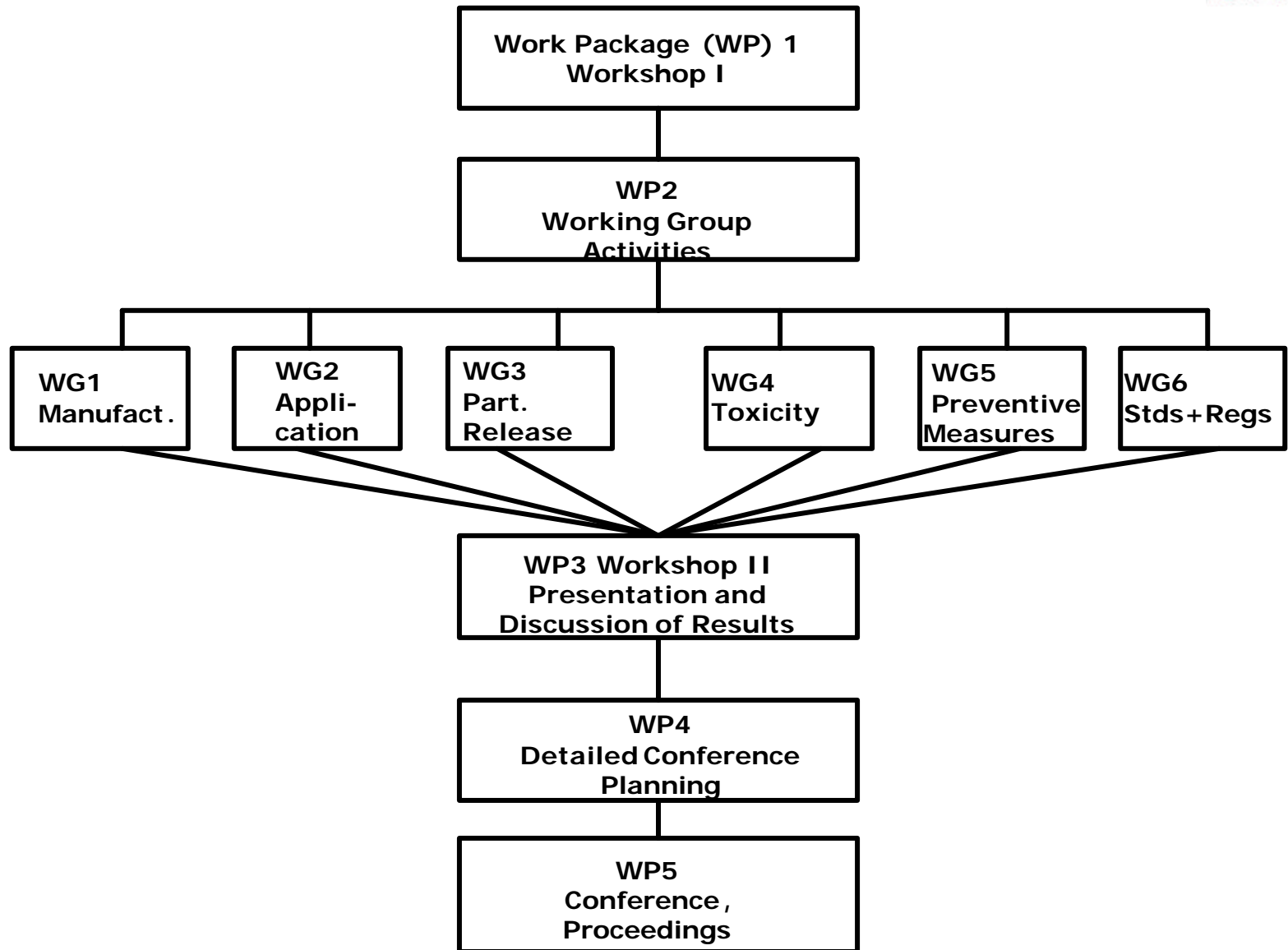
Contractors:

- Commissariat a L'Energie Atomique, CEA (F)
- VTT Technical Research Centre of Finland, VTT (FIN)
- University of Oxford,
Department of Engineering Science, UOXF (UK)
- Jožef Stefan Institute, JSI (SI)
- Katholieke Universiteit Leuven
Faculteit Geneeskunde, KUL (B)
- GSF-Forschungszentrum für Umwelt
und Gesundheit, GmbH, GSF (D)
- Oxonica Limited, OXN (UK)
- VDI Technologiezentrum GmbH, VDI-TZ (D)

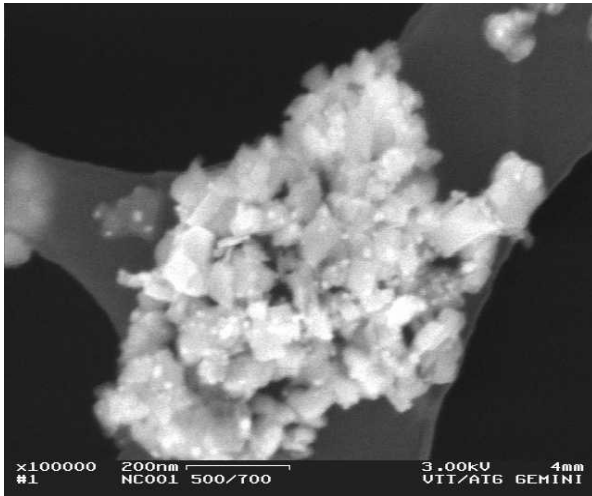
- **Arbeitsgruppen**

- *WG 1: Particle Size and Shape, Manufacturing and Handling Procedures*
Group Leader: VTT, Pertti Lintunen
- *WG 2: Applications, industrial and consumer*
Group Leader: NT, Ulrike Dellwo
- *WG 3: Potential particle release, circumstances and conditions*
Group Leader: CEA, Frédéric Schuster
- *WG 4: Danger to health, reaction mechanism with human organism*
Group Leader: KUL, Peter Hoet
- *WG 5: Recommended preventive measures*
Group Leader: GSF, Irene Brueske-Hohlfeld
- *WG 6: Standards and regulatory recommendations*
Group Leader: VDI-TZ, Wolfgang Luther

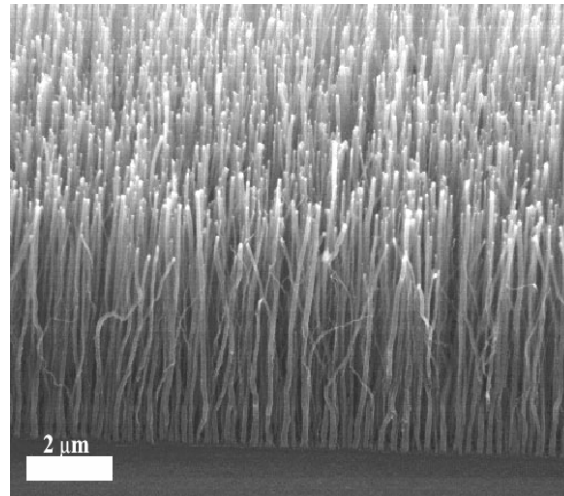
Projektstruktur (3)



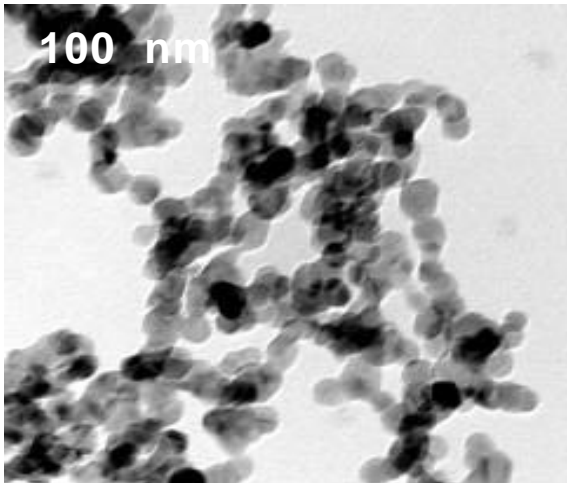
Größe und Gestalt von Nanopulvern



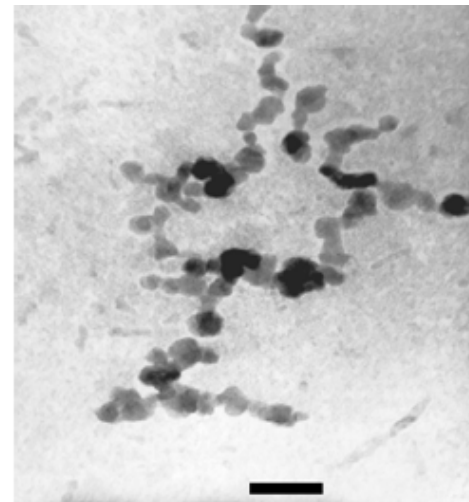
Nanostructured Al₂O₃-Ni composite powder (Keskinen 2003)



Multiwalled carbon nanofibres (MWCNF) grown on substrate (Meyyappan et. al. 2003)



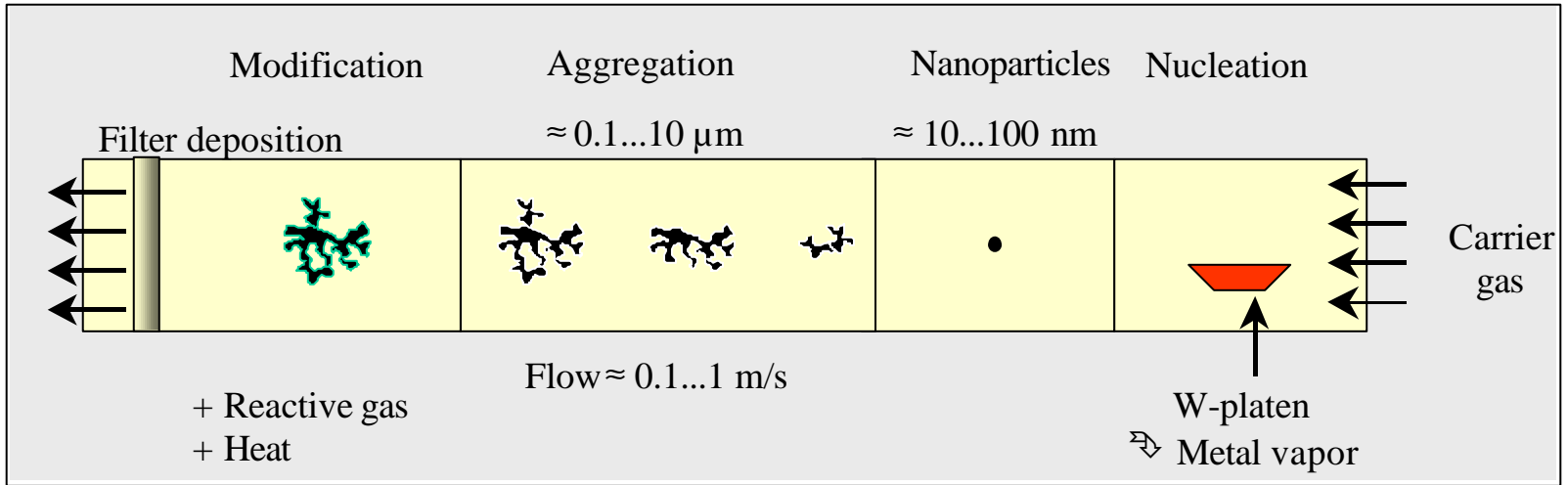
Shape determination of SiC nanostructures (source: CEA)



TEM image of FE-nanoparticles stabilized with polyvinyl alcohol molecule adducts. Scale bar=20 nm (Pardoe et al. 2001)

Herstellung von Nanopulvern

• Gasphasensynthese



Klassifizierung von Nanomaterialien

Klassifizierung	Beispiel
Dimension <ul style="list-style-type: none">· 3-D < 100nm· 2-D < 100nm· 1-D < 100nm	Teilchen, quantum dots, Hohlkugeln ... Röhrchen, Fasern, Drähte, Plättchen ... Filme, Beschichtungen, Multilayer ...
Kristallografie <ul style="list-style-type: none">· einphasige Materialien· mehrphasige Materialien· mehrphasige Materialien	kristalline, amorphe Partikel und Schichten ... Komposite, beschichtete Teilchen ... Kolloide, Aerogele, Ferrofluide...
Herstellung <ul style="list-style-type: none">· Gasphase· Flüssigphase· mechanisch	Flammpyrolyse, CVC, CVD ... Sol-Gel, Fällung, Hydrothermale Verfahren ... Mahltechniken ...

Relevante Eigenschaften von Nanopulvern

Aggregation state

- single particles
- aggregates
- agglomerates

Dispersion in

- gases (aerosols)
- liquids (e.g. gels, ferrofluids)
- solids (e.g. matrix materials)

Nanoparticulate Materials

Shape/Structure

- spheres
- needles
- platelets
- tubes

Chem. composition

- metals/metal oxides
- polymers
- compounds
- biomolecules

Surface modification

- untreated (as obtained in production process)
- coated (e.g. conjugates, polymeric films)
- core/shell particles (e.g. spheres, capsules)

Schutz am Arbeitsplatz (1)

- **Qualitative und quantitative Erfassung von Nanopartikeln in der Umwelt bildet die Grundlage für die Bewertung von Risiken**
- Messmethoden sind bekannt, aber
 - Bestimmung der Massenkonzentration anstelle von Anzahlkonzentration
 - Teilchengrößenverteilung im Nanometerbereich schwer zu erfassen
 - spezifische Oberfläche nicht messbar
 - keine Aussage zu Teilchenform und –gestalt (Morphologie)
- Informationen werden benötigt für
 - Korrelation zwischen Belastungssituation, Gesundheit und Toxikologie
 - Risikoabschätzung und Risikomanagement

- **Geräte zur Messung von Partikel in der Luft**
 - DLPI(Dekati Low Pressure Impactor, www.dekati.com)
 - ELPI(Electrical Low Pressure Impactor, www.dekati.com)
 - **SMPS (Scanning Mobility Particle sizer, www.tsh.com)**
verspricht
 - kurze Meßzeiten (≤ 60 s)
 - hohe Auflösung, großer Meßbereich (3 to 1000 nm)
 - weiter Konzentrationsbereich (1 to 10^8 Teilchen pro cm^3)
 - einfache Handhabung
- **round robin test:**
 - Dahmann, D. et al: Intercomparison of mobility particle sizers (MPS)
Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 61,
No. 10, p. 423-428 (2001)

- **Existierende Gerät sind für den industriellen Gebrauch nur bedingt geeignet**
 - keine Erfahrungen mit Nanopulvern
 - zu groß und unhandlich
 - nicht kontinuierlich arbeitend
 - keine Informationen über Morphologie
 - als „Carry on Systeme“ zur Personenüberwachung auf Grund der Größe ungeeignet
 - Definition von Nanopulvern und Schaffung von Standards
- **Empfehlung des Konsortiums**
 - Unabhängige Bewertung vorhandener Meßsysteme
 - Weiter- bzw. Neuentwicklung von Geräten
 - Standardisierung

Schutz am Arbeitsplatz (4)

- Produktion in geschlossenen Anlagen



- ist industrieller Standard
- Minimiert Kontakt des Mitarbeiters mit Nanopulvern

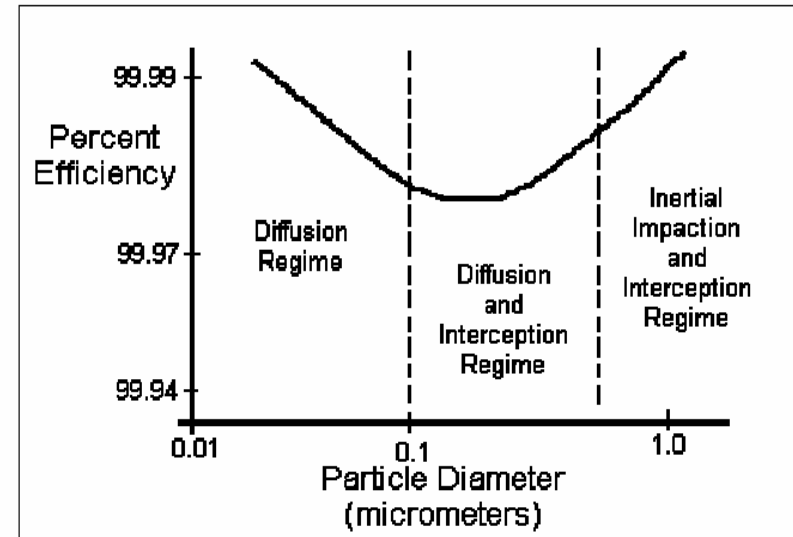
- Exposition kann erfolgen bei

- Reinigung von Anlagen
- Handhabung
- Verarbeitung



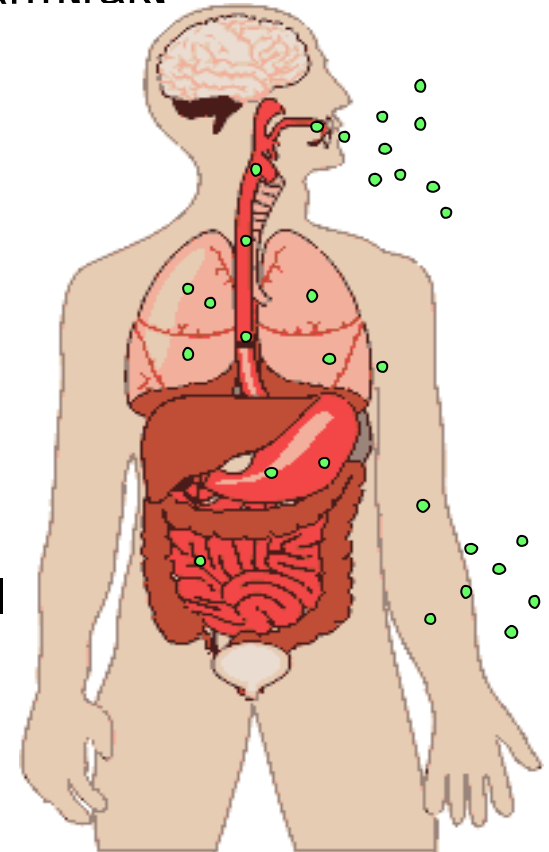
- Präventivmaßnahmen für Mitarbeiter

- Tragen von Atemschutzmasken
- Schutzkleidung, Handschuhe, ggf. Vollschutzkleidung



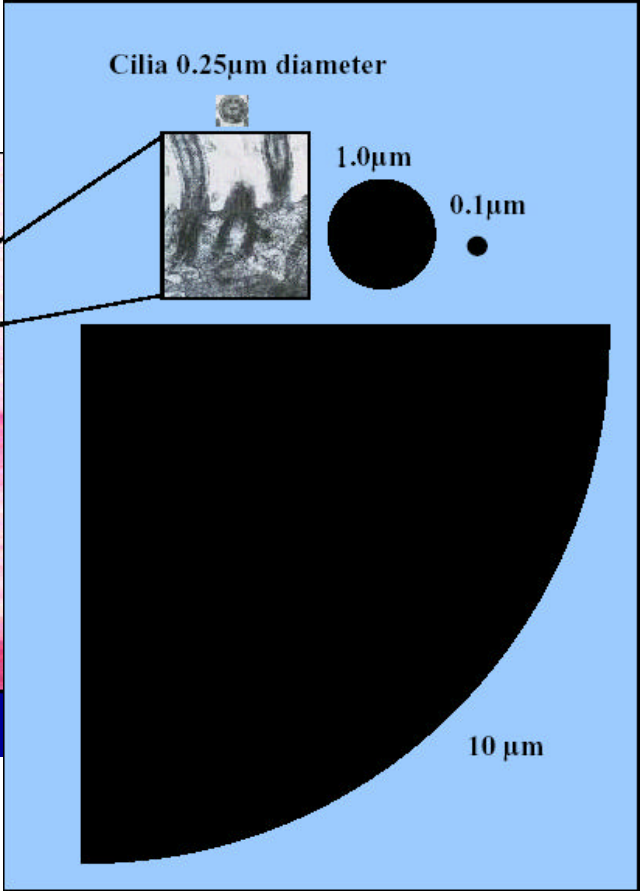
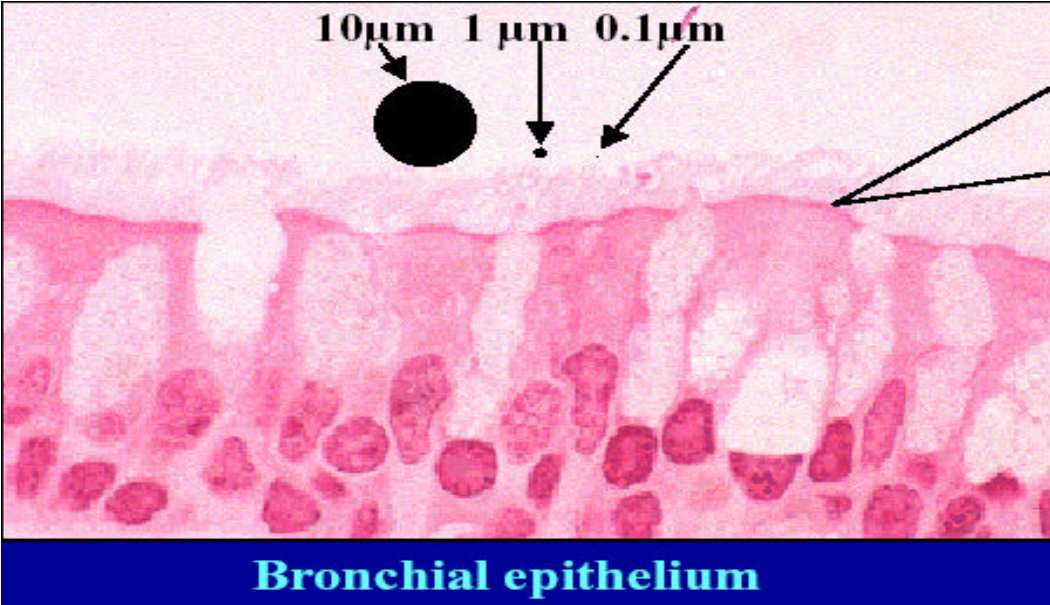
- **Wie können Nanopartikel in den Körper gelangen?**
 - orale Aufnahme über den Magen-/Magendarmtrakt
 - über die Haut
 - durch Inhalation über die Atemwege und dort primär über die Lunge

- **Nanopartikel**



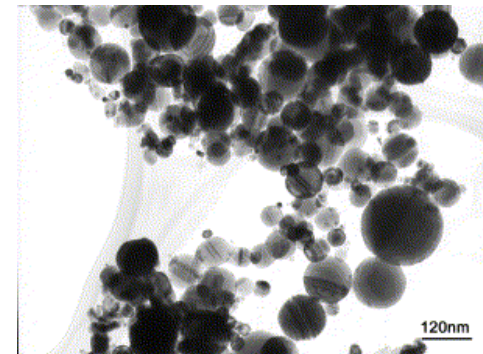
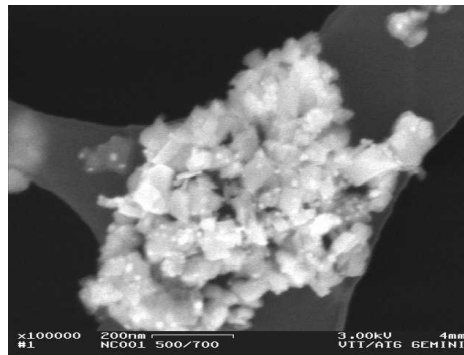
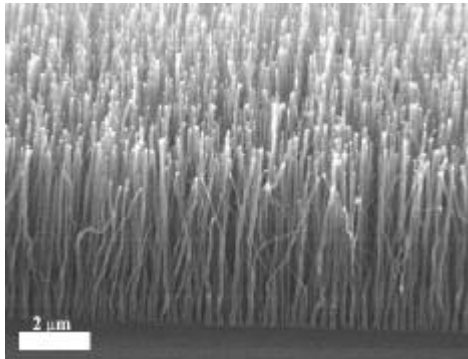
Nanopartikel und der menschliche Körper (2)

Nanopartikel in der Lunge



Nanopartikel und der menschliche Körper (3)

- Es liegen derzeit keine gesicherten Erkenntnisse zu einer speziellen Nanotoxikologie von Partikeln vor
- Es gibt nicht „das Nanopulver“. Jeder Stoff muss individuell betrachtet werden
 - wichtige Faktoren für die Aufnahme durch den Körper und die Verteilung im Körper sind Oberflächeneigenschaften, Form und Größe sowie Agglomerationzustand



- Bisherige Erkenntnisse legen nahe, dass
 - die Aufnahme primär über die Atemwege und den Verdauungstrakt erfolgt
 - die Penetration durch die Haut eher unwahrscheinlich ist
- Nanopulver besitzen anscheinend ein höheres Potential Atemwegsentzündungen auszulösen als gröbere Partikel
 - ultrafeiner Ruß und ultrafeines Titandioxid haben bei Ratten Lungenkarzinome hervorgerufen
- eine qualifizierte Bewertung ist zur Zeit nicht möglich, da zu wenig Daten vorliegen

- **Empfehlungen**

- Entwicklung von in-vitro Screeningtests zur Toxizität von Nanopulvern
- Zusammenhang zwischen Teilcheneigenschaften (physikalisch/chemisch) und ihrer biologischen Wirkung
- Aufbau einer Datenbank über Risiken von Nanopulvern
- Schaffung von Standards

1 Hazard Identification

Particle Characteristics

- Aspect-ratio
- Diameter (particle/aggregate)
- Surface area/ properties
- Water solubility
- Chemical composition

Emission

- Production volume
- Potential particle release (production, use, disposal)

Health effects

- Humans
- Experimental animals

Environmental effects

- Persistence
- Biomagnification
- Long range transport

2 Hazard Characterization

Epidemiological Studies

- Workers
- Consumers
- Exposed population

In vivo studies

- acute/chronic
- different species

In vitro studies

- Human/ animal, different cell types
- Models (lung, skin, systemic)

3 Exposure Assessment

Exposure routes

- Inhalation, dermal, ingestion

Environmental monitoring

- Biological uptake ...

Occupational monitoring

- Personal exposure

4 Risk Calculation

Susceptibility extrapolation models

- high dose → low dose
- animal → human

Threshold value calculation

- Intake, immission conc., maximum workplace conc.

5 Risk Communication

Regulatory bodies, industry
Science, Public, Consumers

6 Risk Management

Preventive Measures

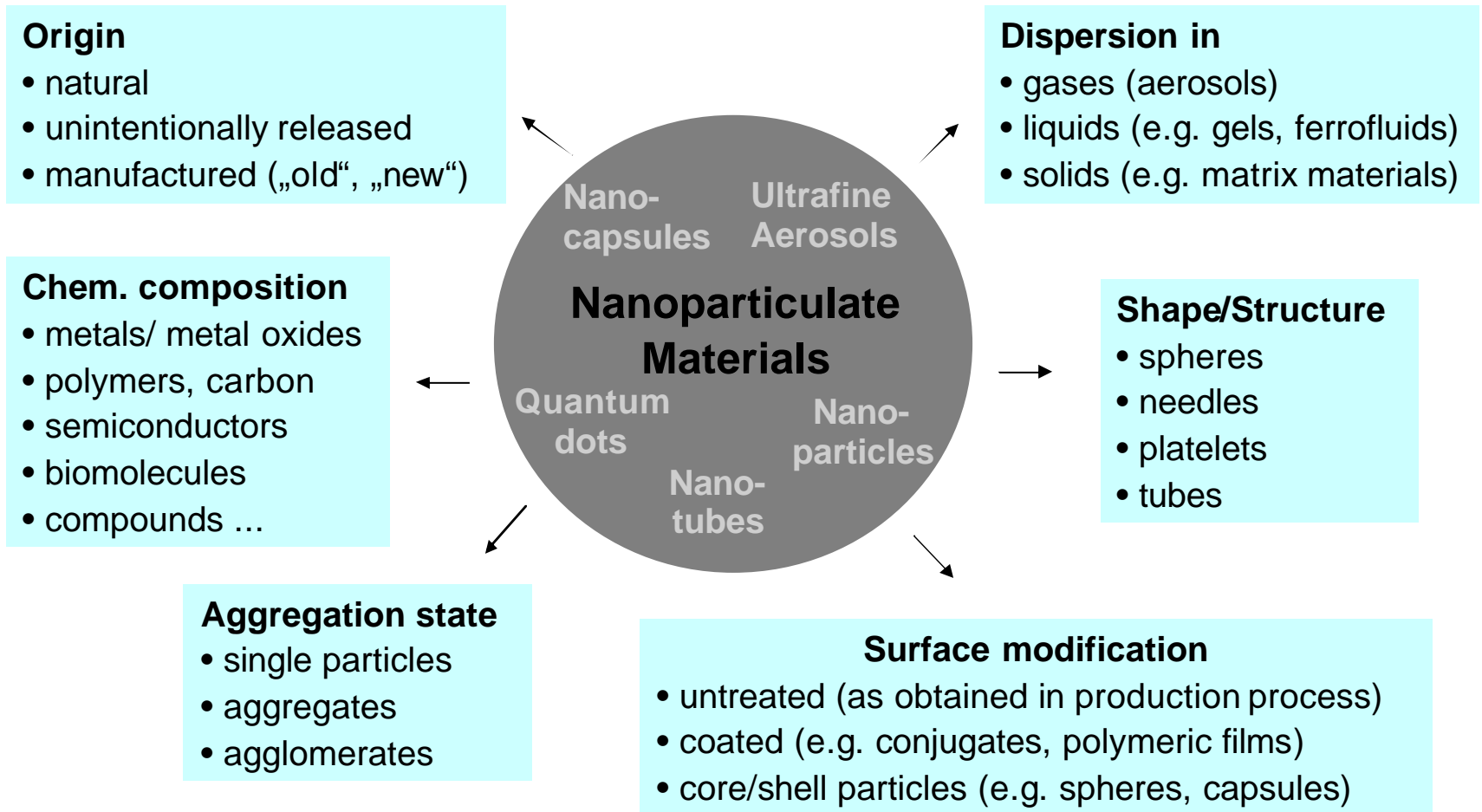
- Personal protection equip.
- Modification of processes

Regulation

- Exposure/ immission stand.
- Production restrictions

Risikobewertung (1)

Problem: Definitionen, Nomenclatur und Standards



Risikobewertung (2)

Problem: Fehlende Daten und standardisierte Beurteilungstechniken

Behaviour in human body/environment

- Toxicological mechanisms
- Entry, deaggregation and distribution in the human body
- Transport, persistence and accumulation in the environment

?

Potential
Risks

?

Emission paths and volume

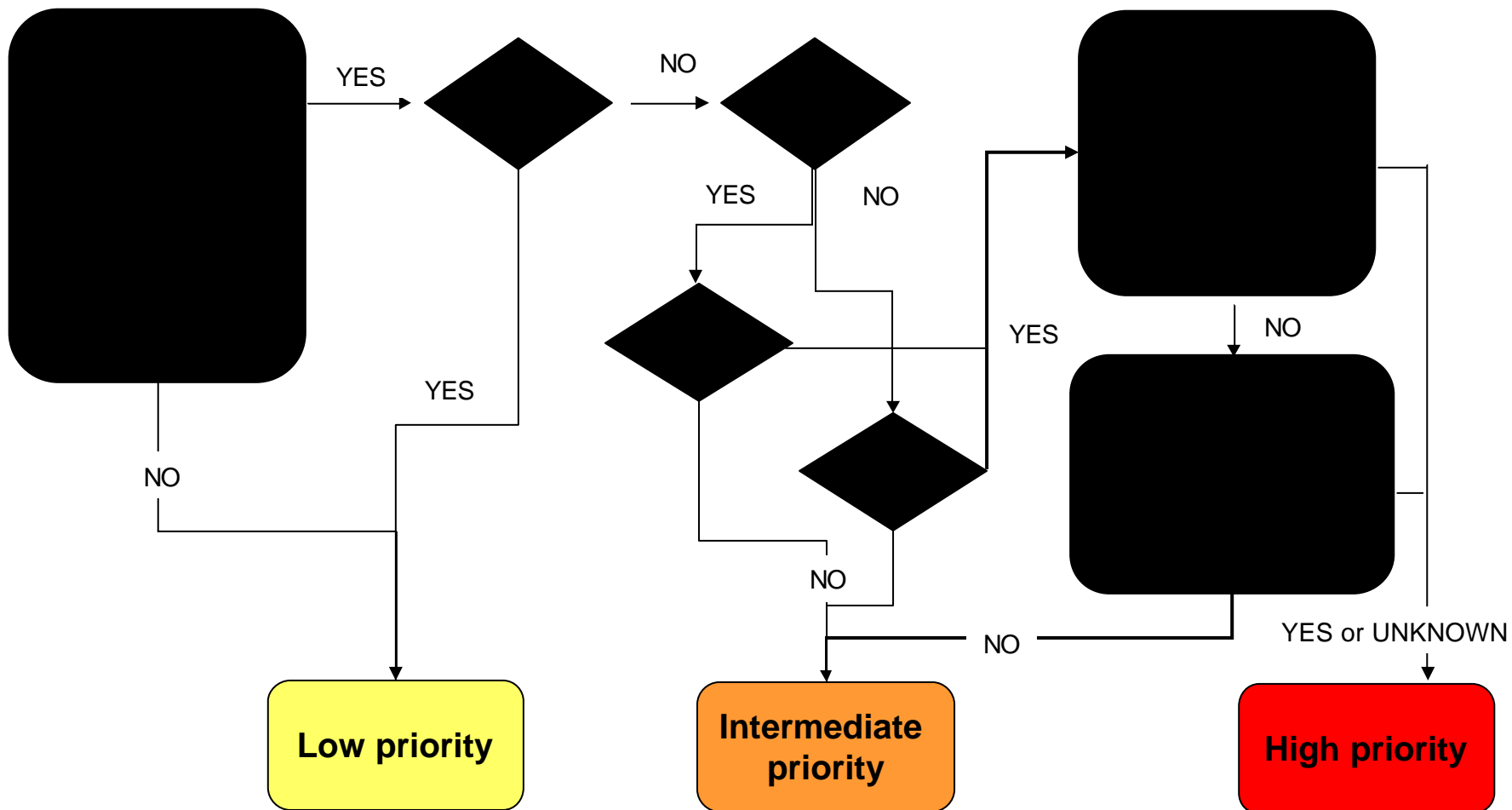
- Broad range of potential applications
- Confidentiality of production processes and products
- Particle release during use and disposal

?

Measurement techniques

- Workplace measurement, biological samples
- Relevant metrics for risk assessment & determination
- Standardization

Schema zur Risikobewertung von Nanopulvern



Ein möglicher Maßnahmenkatalog

Bereich	Maßnahme
Pharmazie	<ul style="list-style-type: none">• existierendes Zulassungsverfahren
Nahrungsmittel	<ul style="list-style-type: none">• Festlegen der Herstellbedingungen• Genehmigung zum Einsatz und zur Inverkehrbringung, Kennzeichnung• ggf. Verbote• Kennzeichnungspflicht und Warnhinweise
Konsumerprodukte und Kosmetik	<ul style="list-style-type: none">• Sicherheitsstandards• Genehmigung zum Einsatz und zur Inverkehrbringung, Kennzeichnung
Abgabe an die Umwelt	<ul style="list-style-type: none">• Grenzwerte für Emissionen und Immissionen
Arbeitsschutz	<ul style="list-style-type: none">• MAK-Werte• Sicherheitsstandards und Richtlinien
Gefährliche Substanzen	<ul style="list-style-type: none">• Registrierung• Richtlinien zum Umgang

- Es gibt derzeit keine Richtlinien, Verordnungen oder Gesetze für
 - Produktion
 - Verarbeitung
 - Umgang
 - Anwendungvon Nanomaterialien/Nanopulver
- Es müssen die wissenschaftlich-technischen Grundlagen für das Zusammenwirken von Nanomaterialien, Mensch und Umwelt geschaffen werden
- Standardisierung und Screening von Risiken
- Grundlage aller Maßnahmen müssen fundierte Erkenntnisse sein

- Der besondere Dank gebührt allen Partnern von NANOSAFE, ohne die dieser Vortrag nicht möglich gewesen wäre
- Der EU danken wir für die finanzielle Unterstützung