
Dynamik und Analytik luftgetragener, synthetischer Nanopartikel

Wolfgang Koch

Fraunhofer ITEM, Hannover

6. BFR-Forum, 10.-11. November 2008, Berlin

Gliederung

Was sind synthetische Nanopartikel?

Wo werden Nanopartikel in die Atemluft freigesetzt?

Welche Eigenschaften sind für eine Risikobewertung wichtig?

Wie verhalten sich Nanopartikel in der Luft?

Wie kann man die Nanopartikel in der Atemluft nachweisen?

Definition

Nanotechnologie

Herstellung von Strukturen mit einer oder mit mehreren Dimensionen kleiner als 100 nm.

Technische Nanopartikel

Persistente Teilchen mit einem (diffusionsäquivalenten) Durchmesser kleiner als 100 nm und deren Agglomerate

Pharmazeutische Nanopartikel

Suspensionen aus Wirkstoff- und Trägerteilchen kleiner als 1000 nm.

Produkte auf dem Markt

Metalloxide

SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, ZnO,.....

Kohlenstoffprodukte

Nanoröhrchen, Fullerene,..

Quantenpunkte

PbS, CdSe/Zns.....

Verbundwerkstoffe

Elektronische Bauteile

Kosmetische Produkte

(Sonnenschutz).....

Textilfasern

Ma..... ecke

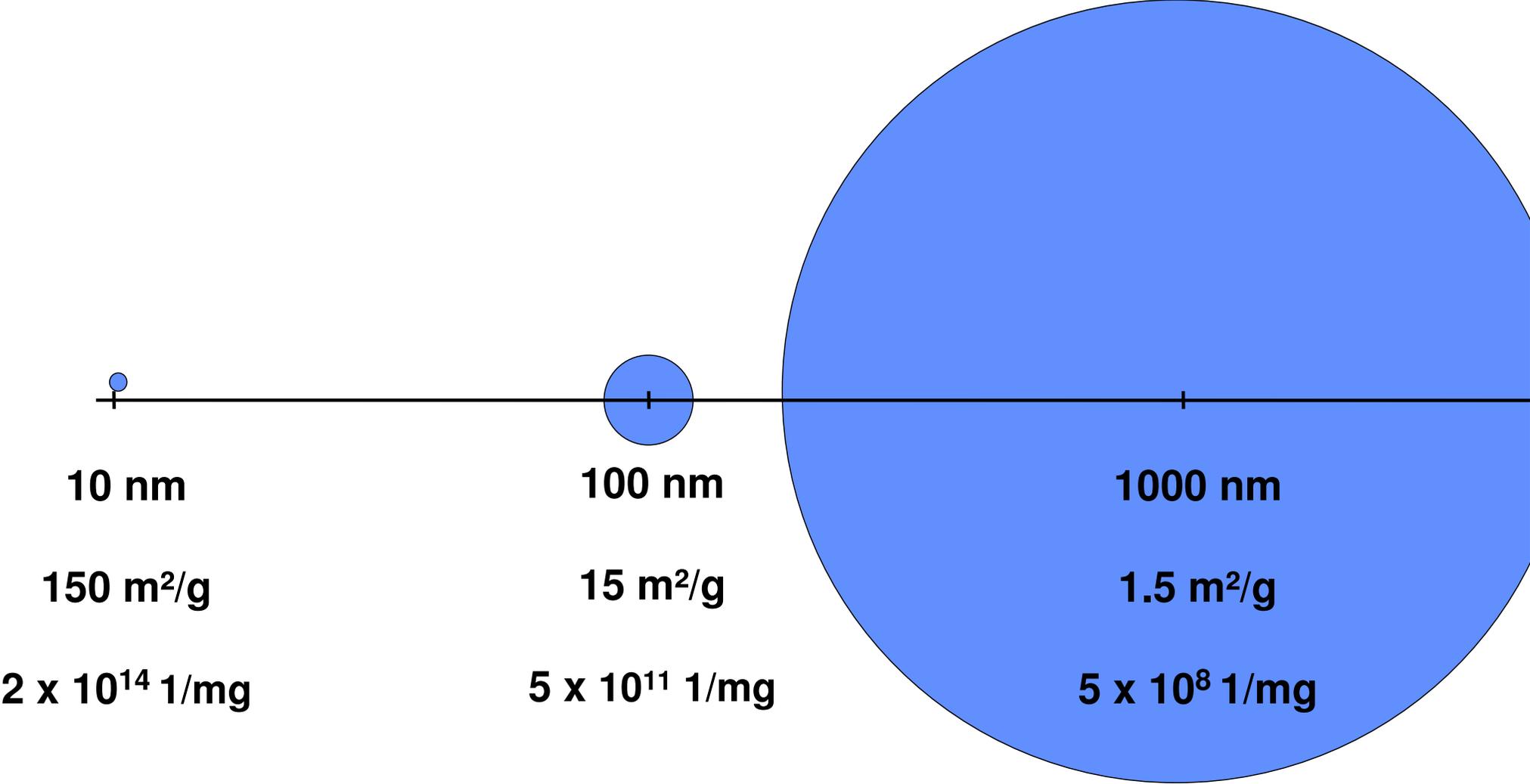
Elektronik

Photonik



Abbildungen aus Simon-Deckers et al. Toxicology, 2008

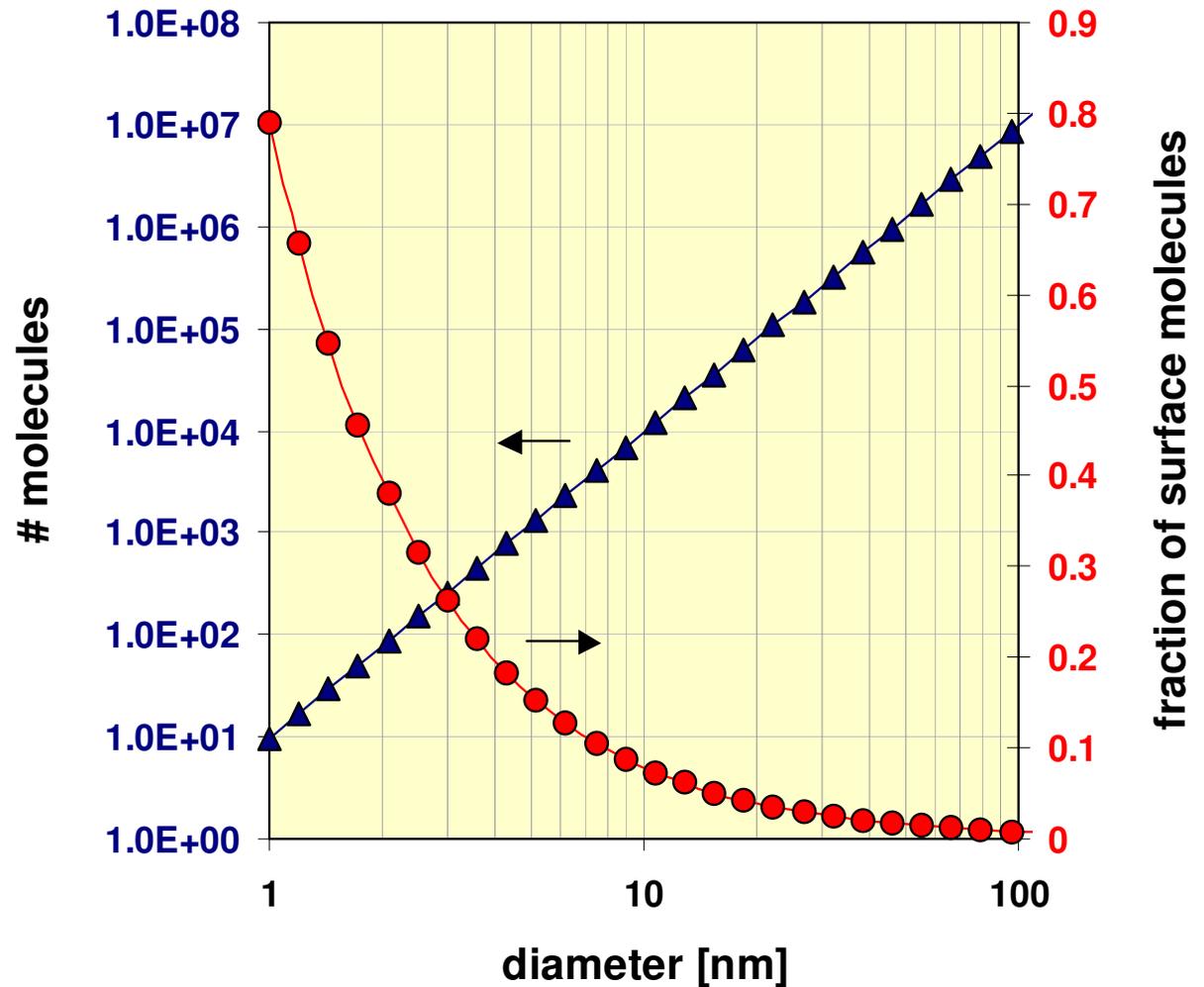
Metriken



Eigenschaften

Nennenswerte
Massenfraktion an
der Oberfläche

- Oberflächenenergie
- Reaktivität
- Löslichkeit



Nanopartikel: Definitionen

Singlet:

vereinzelt Nanoteilchen

Primärteilchen:

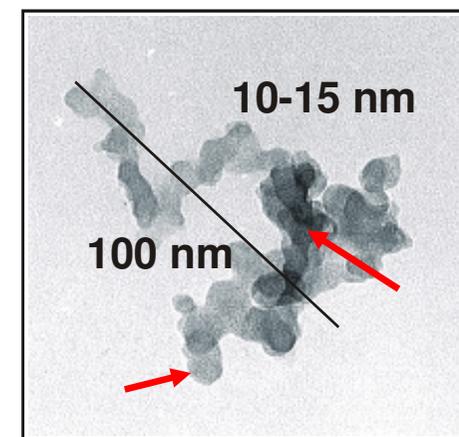
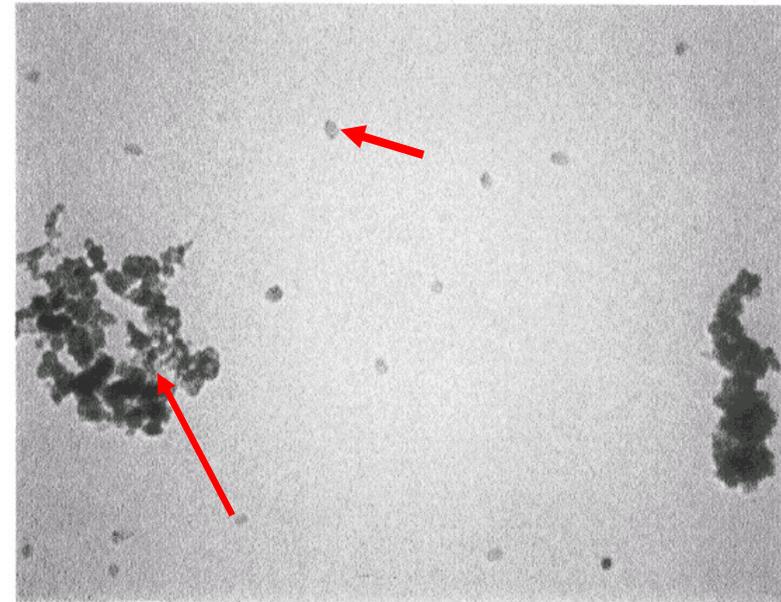
Grundbaustein größerer Einheiten

Aggregate:

Gruppe fest verbundener
Primärpartikel

Agglomerate:

Lockerer Verbund aus Aggregaten
und/oder Primärteilchen



200 nm

Herstellungsverfahren

In der Gasphase

**Chemische / physikalische Umsetzung von
Vorläufersubstanzen in Hochtemperaturprozessen**

Laserablation

In der Flüssigphase

Chemische Reaktionen, Ausfällung

Weiterverarbeitung

Direkte Beschichtung von Oberflächen

Abscheidung und Abfüllen als Pulver zur Weiterverarbeitung

Verwendung in Form von Suspensionen

Freisetzung in die Atemluft

Arbeitsplatz

Kontrollierte Umgebung, bekannte Freisetzungspfade

Guter Kenntnisstand

Implementierung von Schutzmaßnahmen

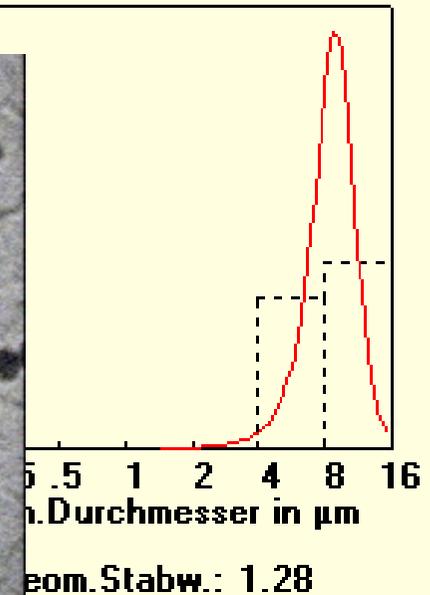
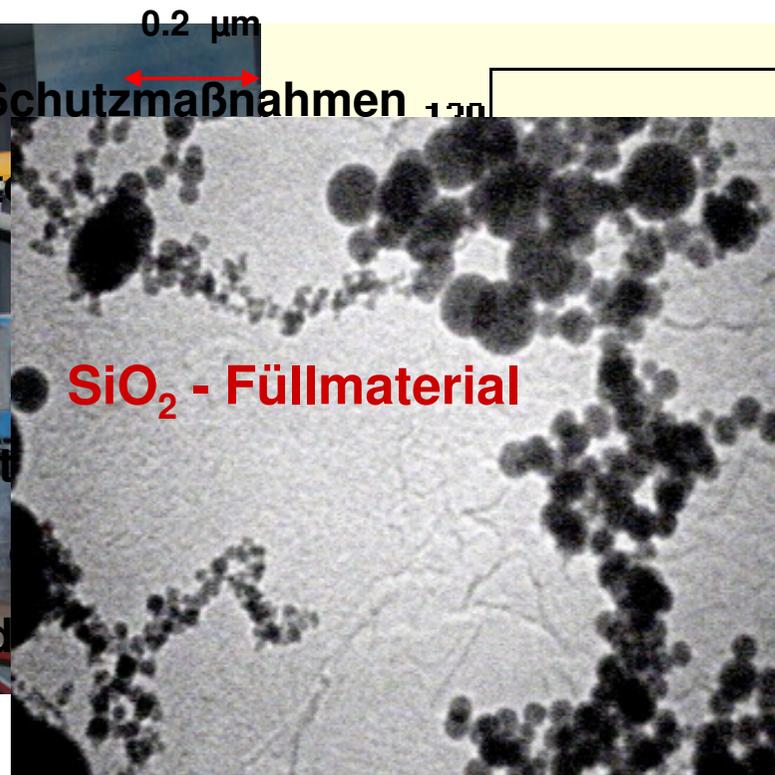
Medizinisch überwacht

Umwelt / Innenraum

Freisetzungspfade weit

Potentiell hohe Zahl an

Gefahr von Fehlanwend

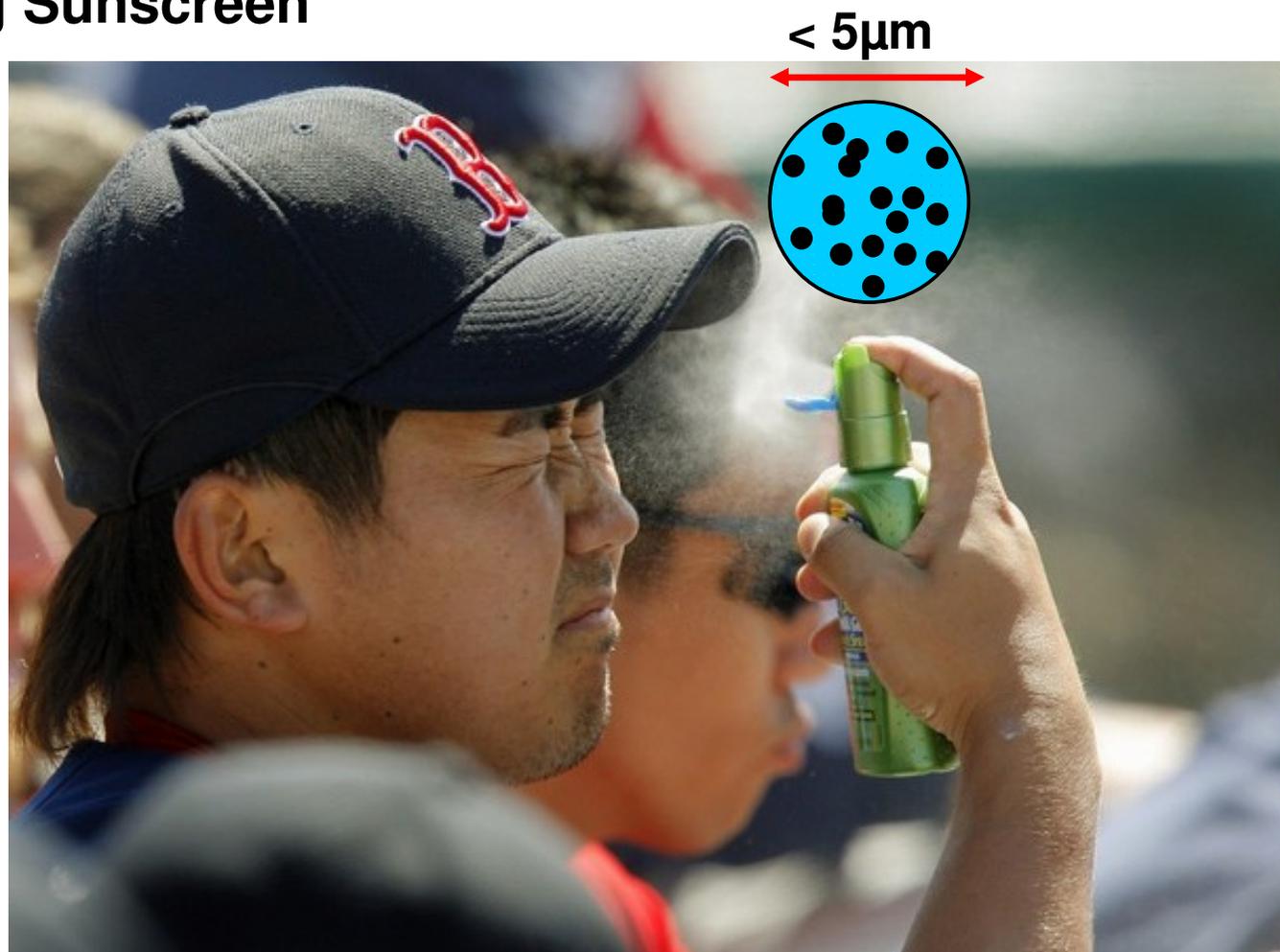


Fraunhofer

Institut
Toxikologie und
Experimentelle Medizin

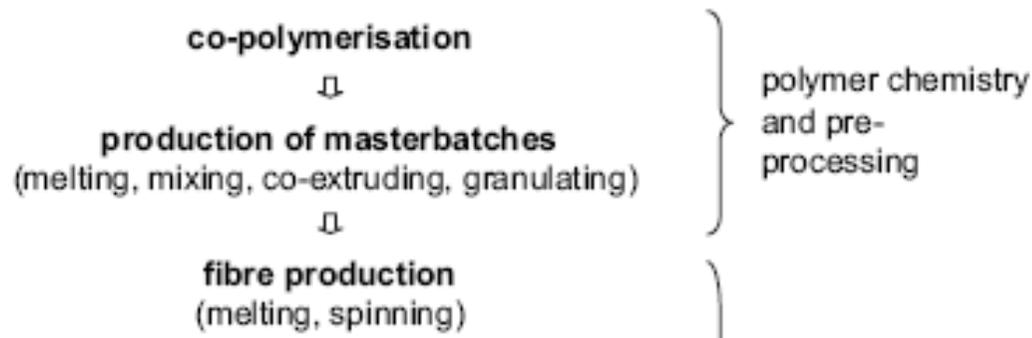
Freisetzung in die Atemluft

Spraying Sunscreen



Abbildungen aus ww.cache.daylife

Freisetzung in die Atemluft



Studying the potential release of carbon nanotubes throughout the application life cycle

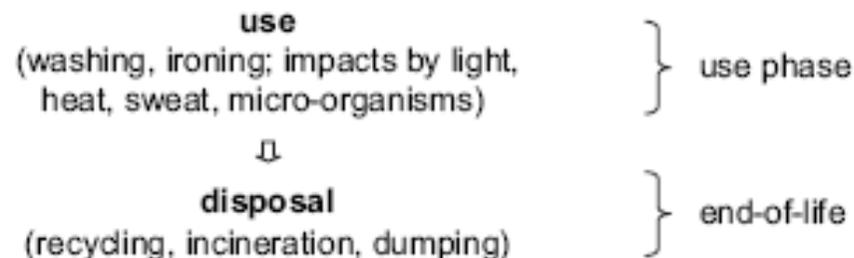
Andreas R. Köhler^a, Claudia Som^{a,*}, Aasgeir Helland^{a,b}, Fadri Gottschalk^b

^a *Technology and Society Laboratory, EMPA – Materials Science & Technology, St.Gallen, Switzerland*

^b *Institute for Environmental Decisions, Natural and Social Science Interface, ETH Zurich, 8092 Zurich, Switzerland*

Accepted 19 April 2007

Available online 19 June 2007



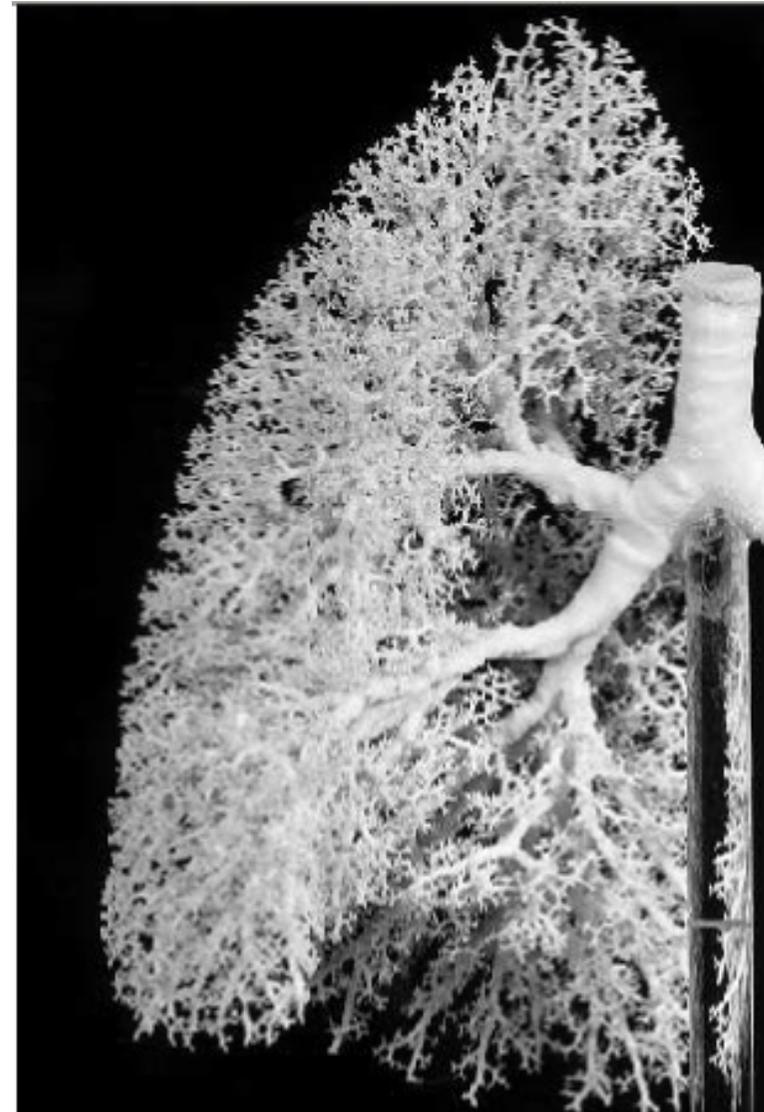
Fraunhofer

Institut
Toxikologie und
Experimentelle Medizin

Zielorgan Lunge

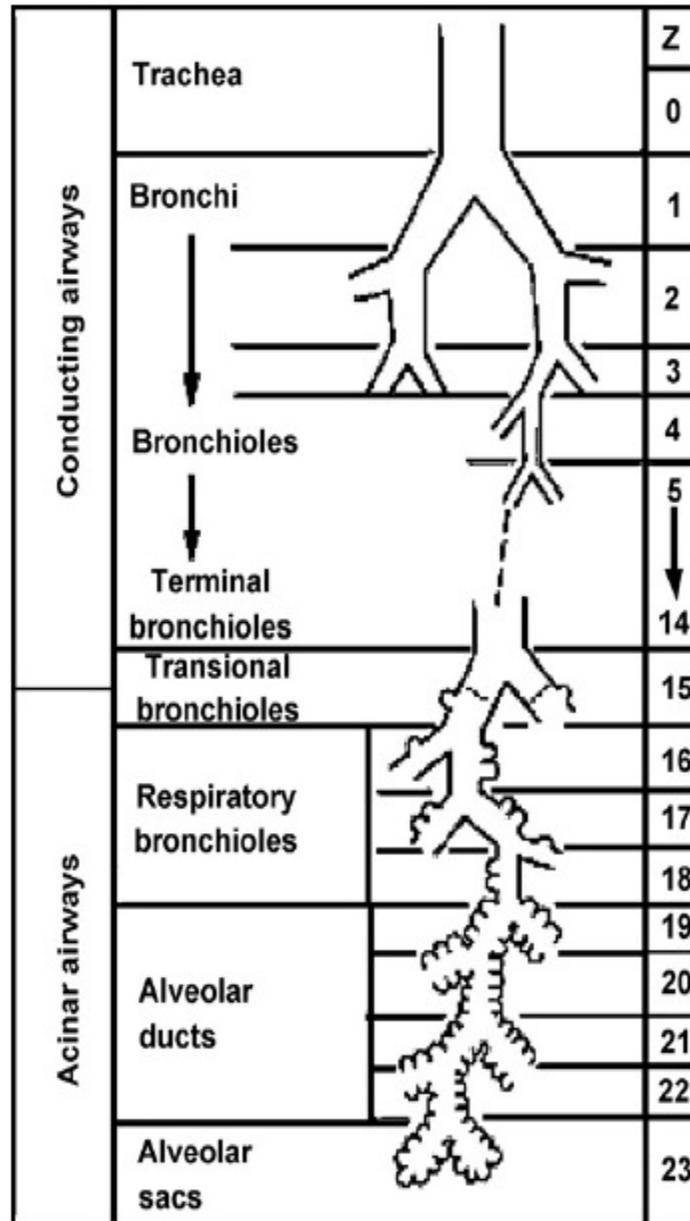
Weber, W., Anatom. Institut, Univ. Bern

Abdruck der Lunge



Weibel model

Weibel et al., 2005



Air space: 18 mm, 2.5 cm²

Liquid layer: 10 μm

Air space: 0.5-1 mm,
200 cm²

Liquid layer: 3 μm

Air space: 0.4 mm

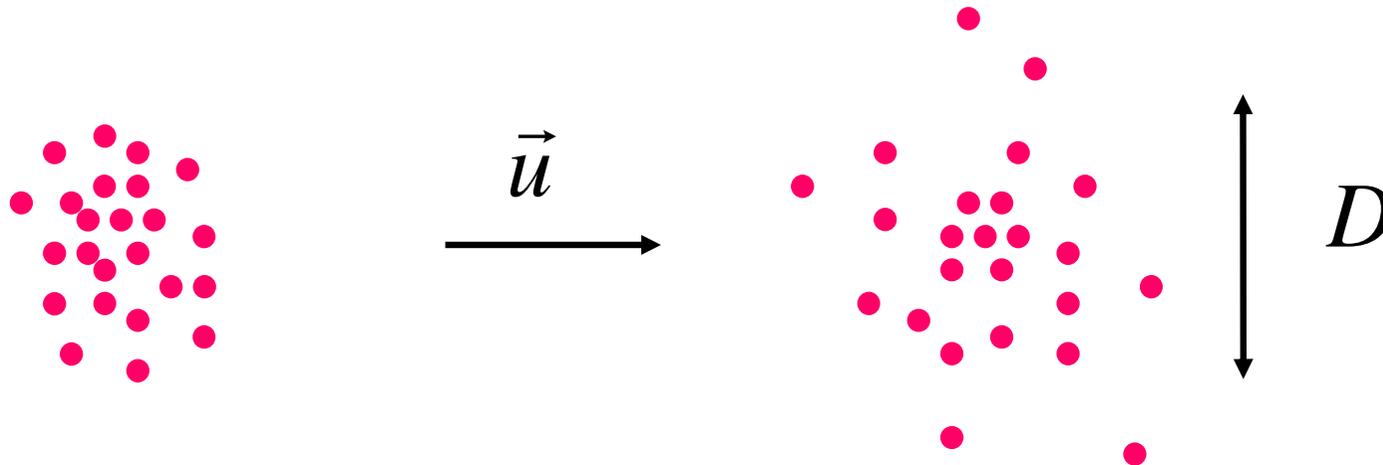
78000 cm²

Liquid layer: 0.1 μm



Mobilität der Nanoteilchen

Nanoteilchen bewegen sich durch Konvektion und Diffusion im Suspensionsmedium.



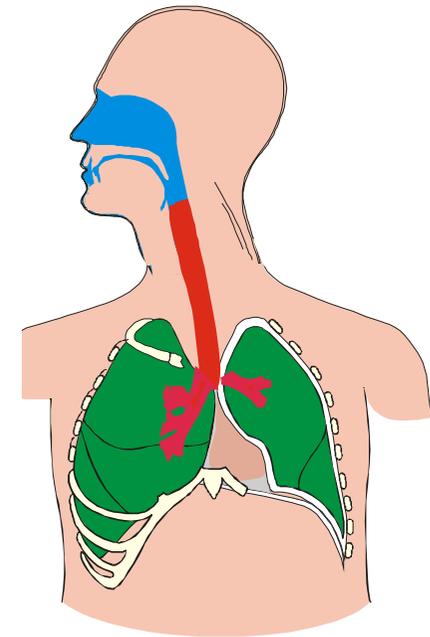
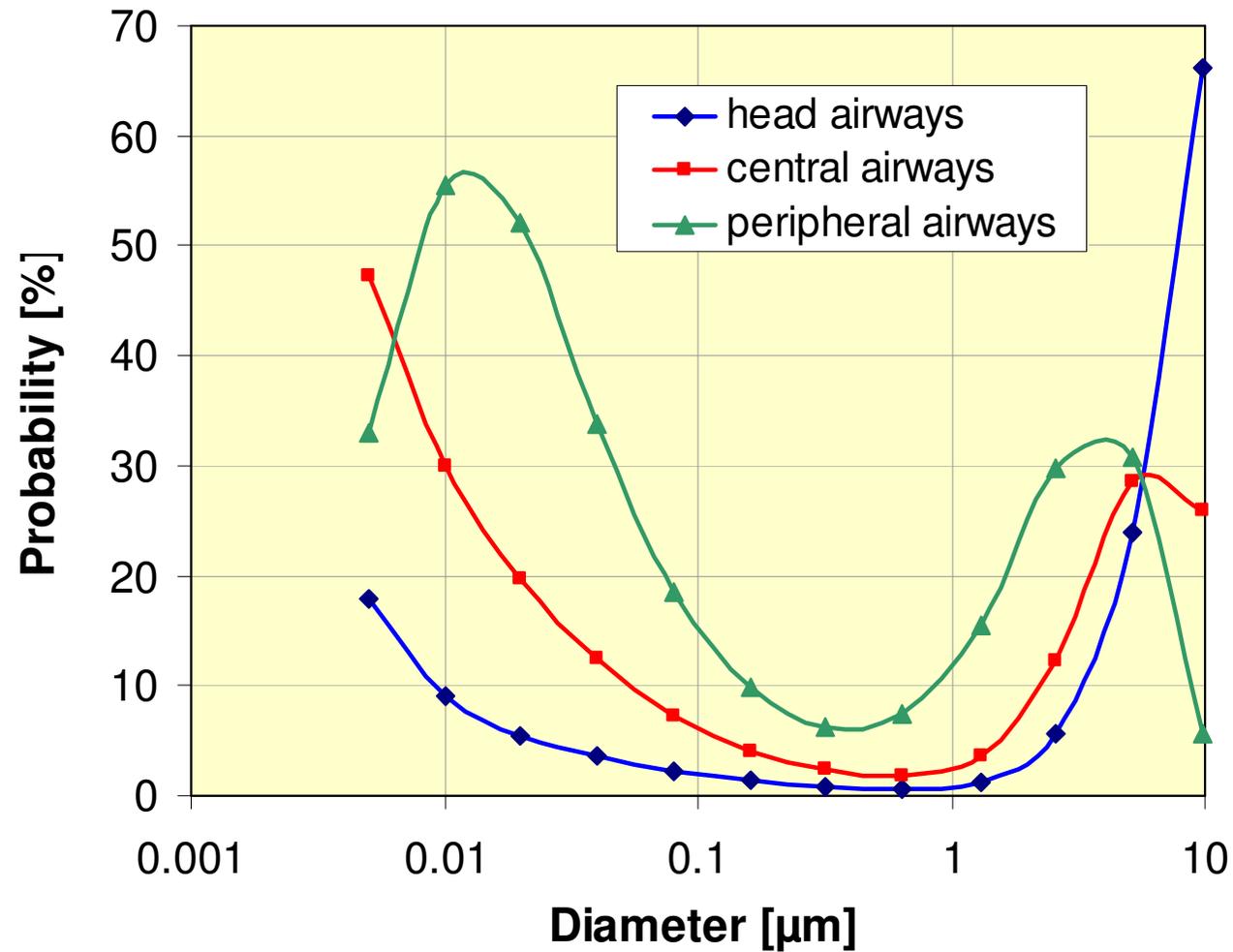
Diffusionsbewegung

	Luft	Wasser
	x [$\mu\text{m}/10\text{s}$]	
20 nm	1000	37
100 nm	200	5

Durchmesser der terminalen Atemwege: 500 μm ,

Dicke der Lungenflüssigkeitsschicht: 0.1-3 μm

Respiratory deposition



International Commission on Radiological Protection (ICRP) 1994

Wirkungsrelevante Partikeleigenschaften

Nanoteilchen werden nach Inhalation bioverfügbar

- Diffusionsdurchmesser
- spezifische Oberfläche
- Löslichkeit
- Primärpartikeldurchmesser
- Bindungsstärke zwischen den Teilchen

Nanopartikel in der Umgebungsluft

Quelle

Abscheidung auf begrenzende Oberflächen

**Anlagerung an schon vorhandene Teilchen des
Hintergrundaerosols**

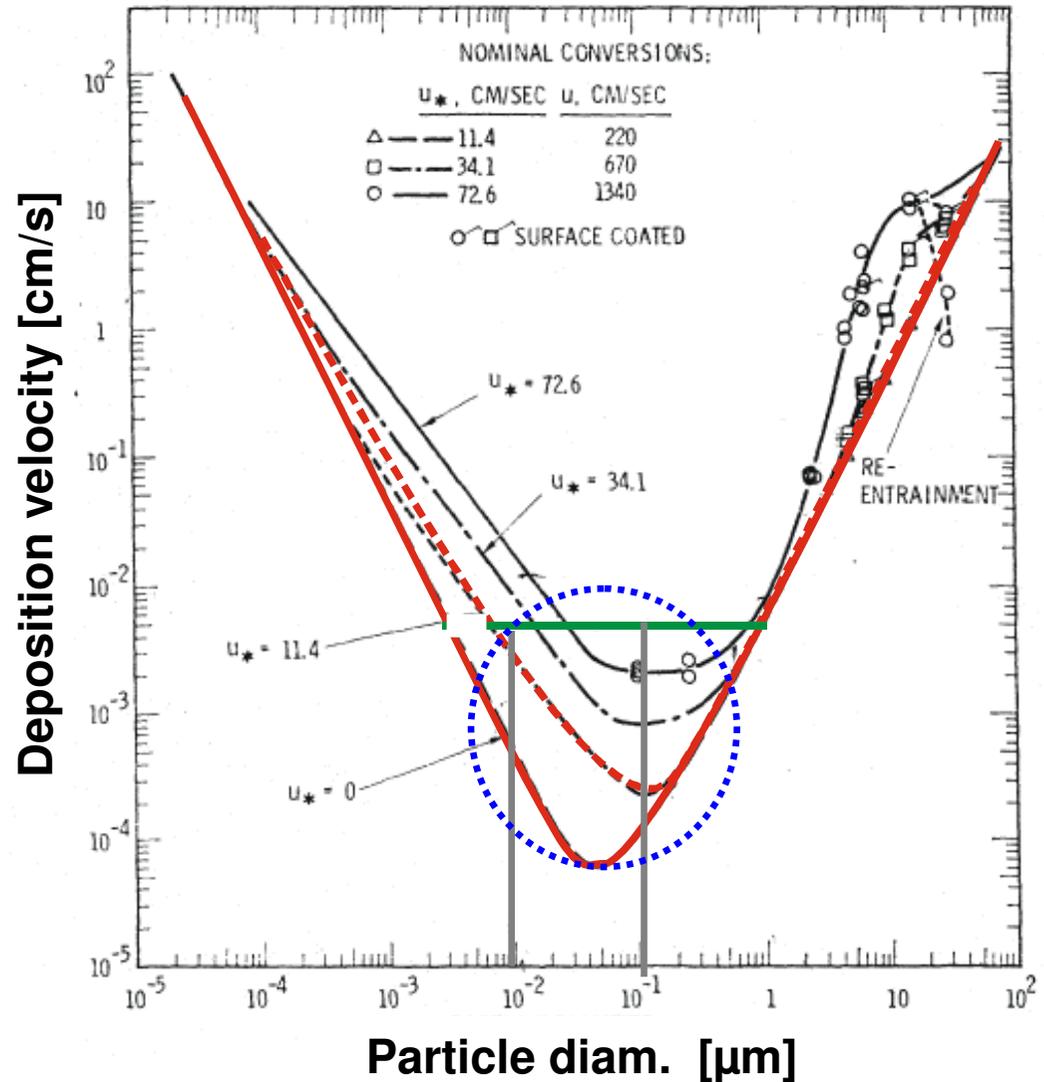
Rezeptor

Partikelabscheidung

Massenfluss zur Oberfläche
 Depositionsgeschwindigkeit

Halbwertszeit [h]

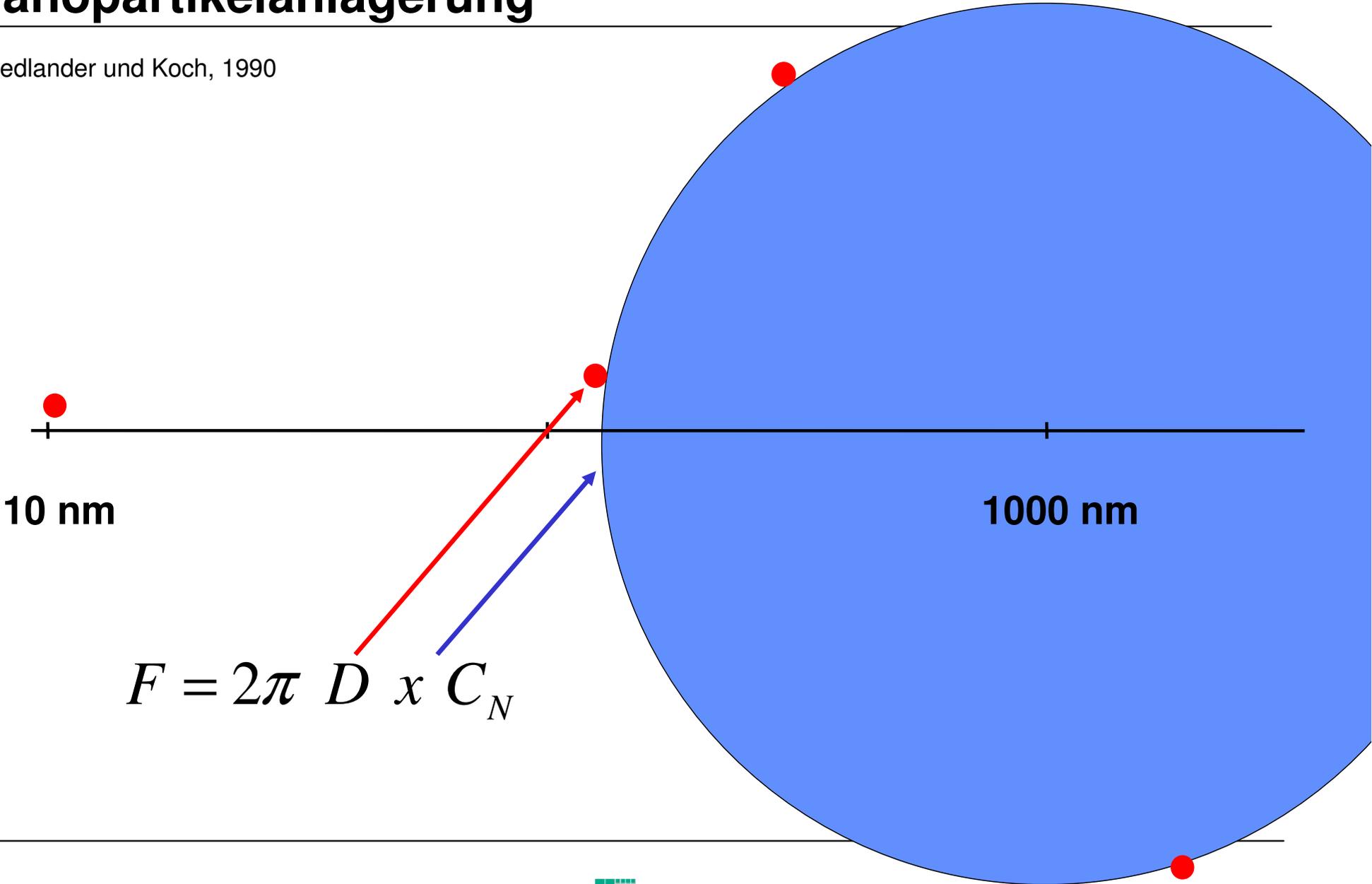
	10 nm	100 nm
Innen:	0.5	10
Aussen:	5	100



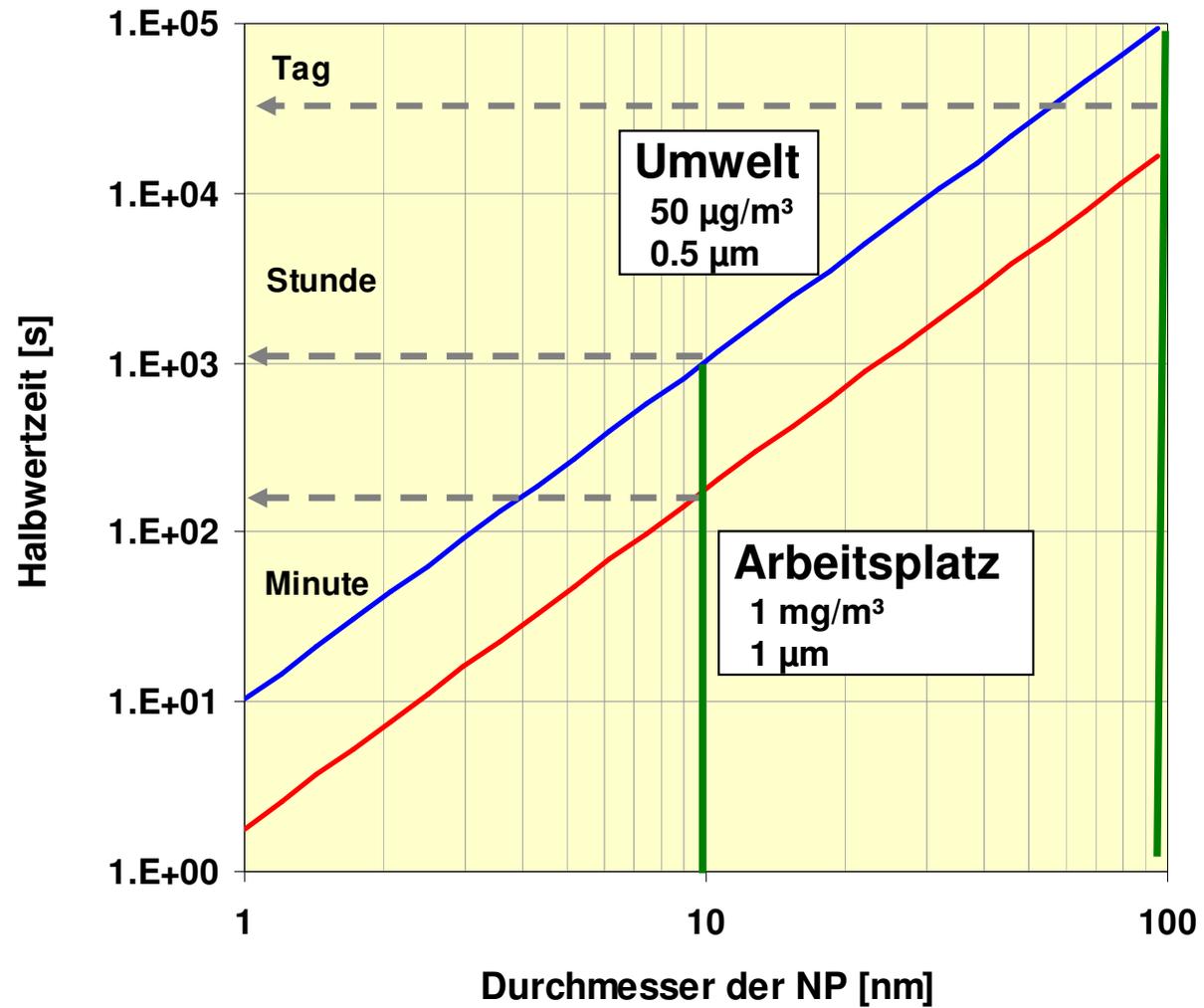
G. A. Sehmel, J. Aerosol Sci., 4, 125, 1973

Nanopartikelanlagerung

Friedlander und Koch, 1990



Lebensdauer



Exposition

Geringe Exposition gegenüber luftgetragenen, synthetischen Nanopartikeln < 20 nm.

Inhalative Exposition:

**in Form von Agglomeraten;
im Verbund mit gröberen
Partikeln des Hintergrunds**

Unspezifisch:

**Anzahlkonzentration-
Kondensationskernzähler**



www.TSI.com

Messtechnik

Unspezifisch:

Ladungsmonitor

Fierz et. al, 2008

Charge per Particle [e]



Particle Diameter [nm]

Anzahlgrößenverteilung



www.TSI.com

Materialspezifische Verfahren

Elektronenmikroskopie

Energy Dispersive X-Ray Analysis

Laser Induced Break Down Spectroscopy (LIBS)

Aerosol Massenspektrometrie

**Chemische Analyse von Inhaltsstoffen
größenklassierter Partikelproben**

Fazit

Was sind synthetische Nanopartikel?

Wo werden synthetische Nanopartikel in die Atemluft freigesetzt?

**Anwendung, Bearbeitung von Produkten,
Verwitterung/Abrieb, Entsorgung/Verbrennung**

Welche Eigenschaften sind für eine Risikobewertung wichtig?

Wie verhalten sich Nanopartikel in der Luft?

Wie kann man synthetische Nanopartikel in der Atemluft nachweisen?

Spezifische Messverfahren: Nadel im Heuhaufen?