
Physikalische Aspekte der Partikeltoxikologie

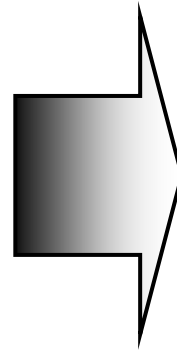
Wolfgang Koch

Dosis

Exposition

Konzentration

Zeit



Aufnahme

Inhalation

Deposition

Verteilung

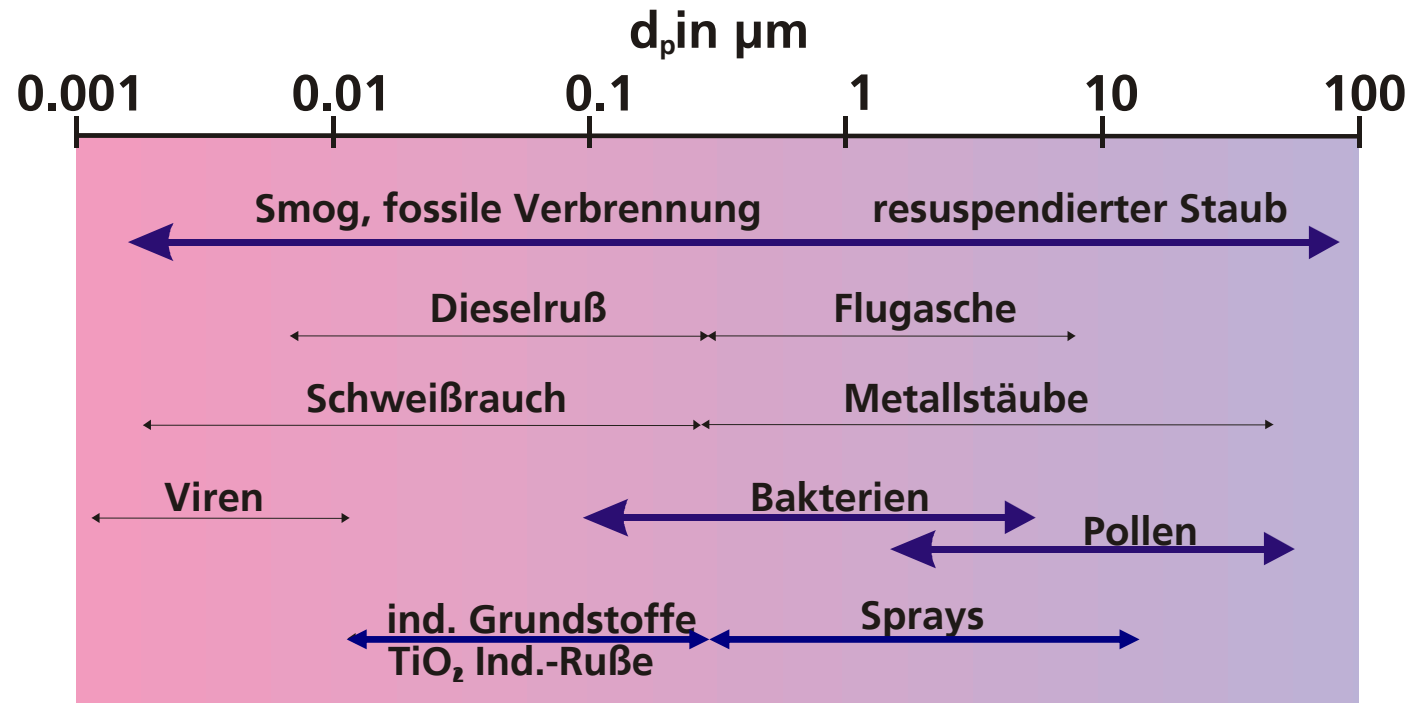
$$D_{\text{ext}} = C T_{\text{exp}} \quad [(\text{mg}/\text{m}^3) \text{ min}]$$

$$D_{\text{int}} = C T_{\text{exp}} \text{RMV} W_{\text{DEP}} \quad [(\text{mg}/\text{kg})]$$

Bestimmt durch Partikeleigenschaften

Partikeleigenschaften

Größe



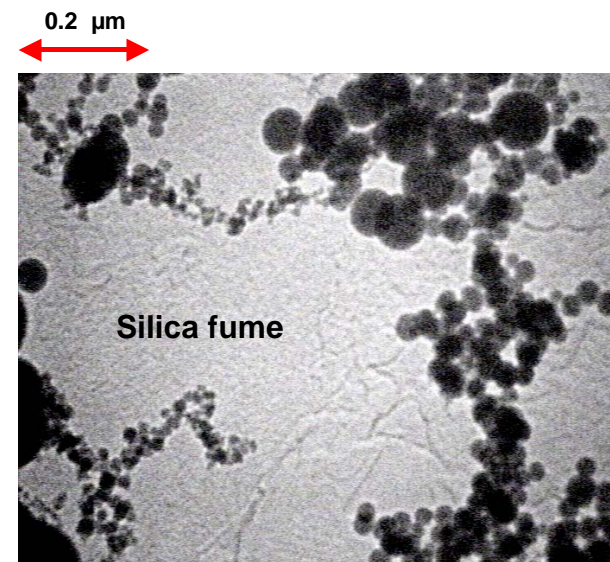
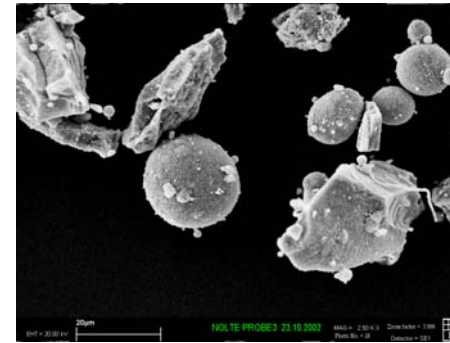
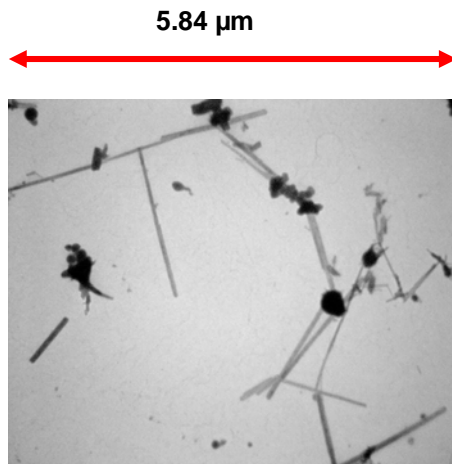
Flüchtigkeit

Löslichkeit, chemische Zusammensetzung

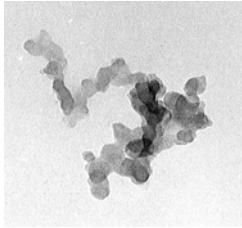
Partikeleigenschaften

Morphologie

isometrisch
faserförmig
agglomeriert

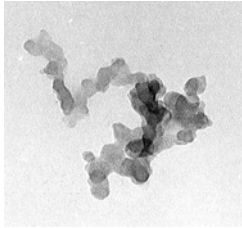


Äquivalentdurchmesser



Volume equiv. diam.
- volume

Äquivalentdurchmesser



Volume equiv. diam.

- volume

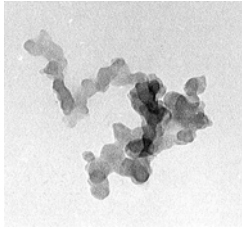


Aerodynamic diam.

- settling in air

- inertia

Äquivalentdurchmesser



Volume equiv. diam.

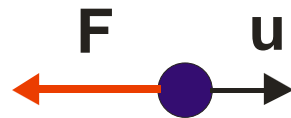
- volume



Aerodynamic diam.

- settling in air

- inertia



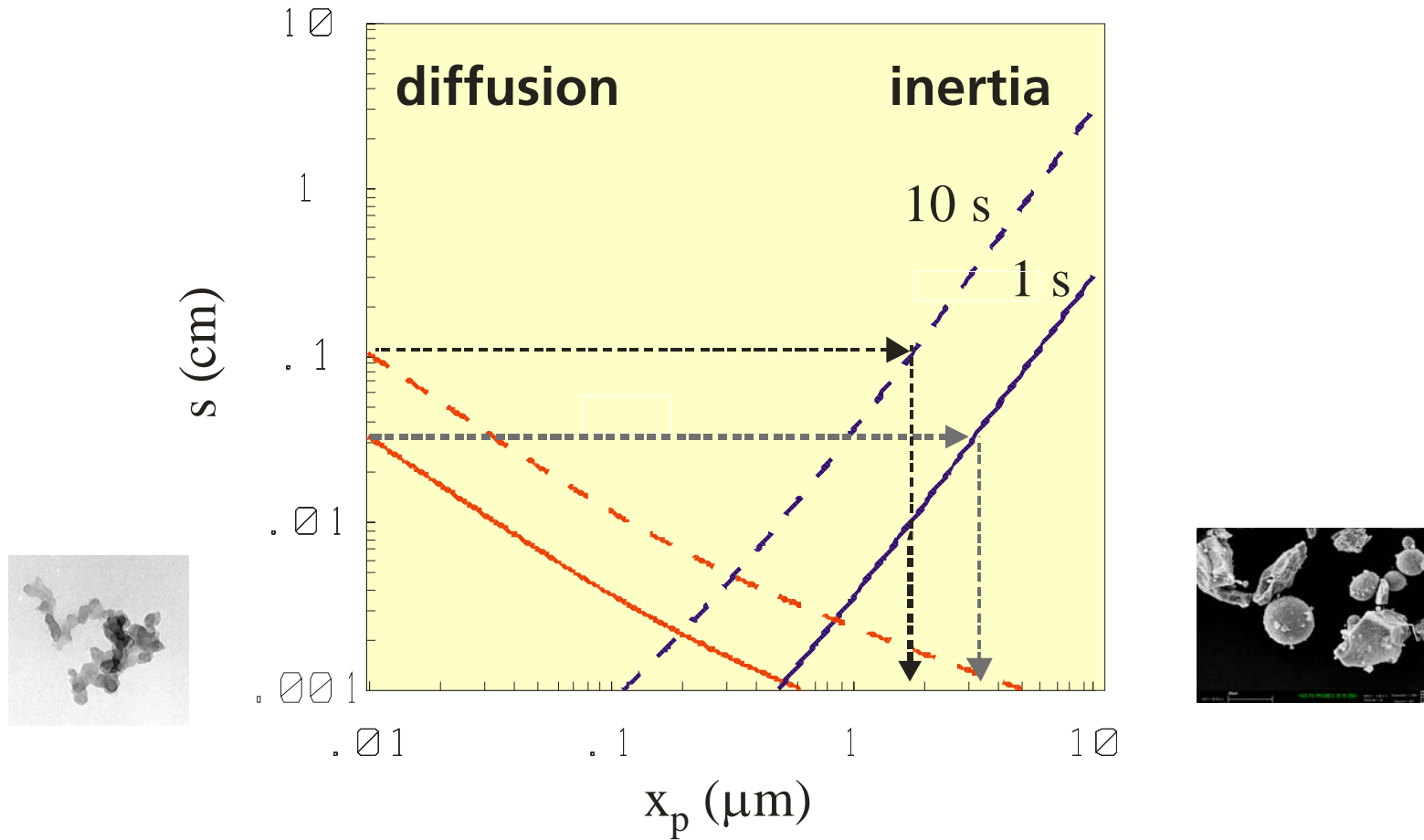
Mobility diameter

- air resistance

- diffusion

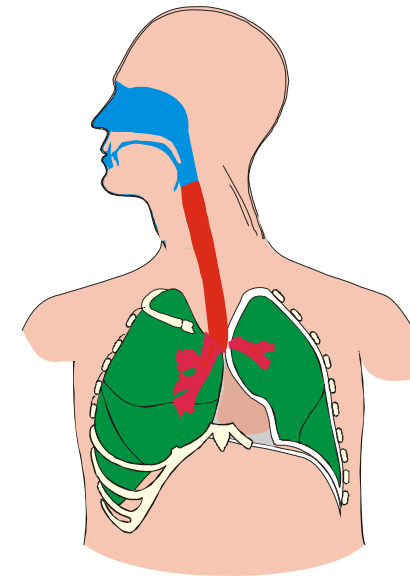
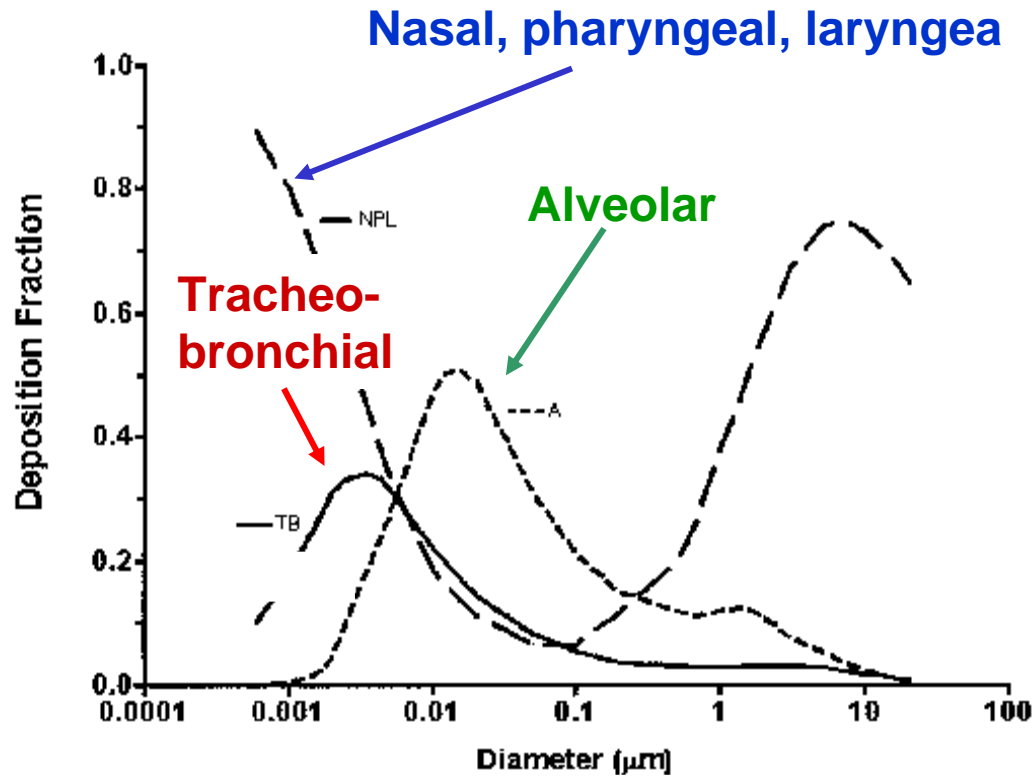
Eine Glasfaser der Dicke 1 μm und der Länge 30 μm hat einen aerodynamischen Durchmesser von ca. 3 μm

Beweglichkeit



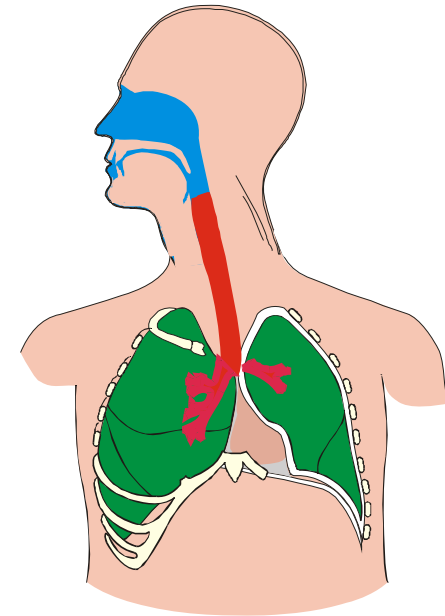
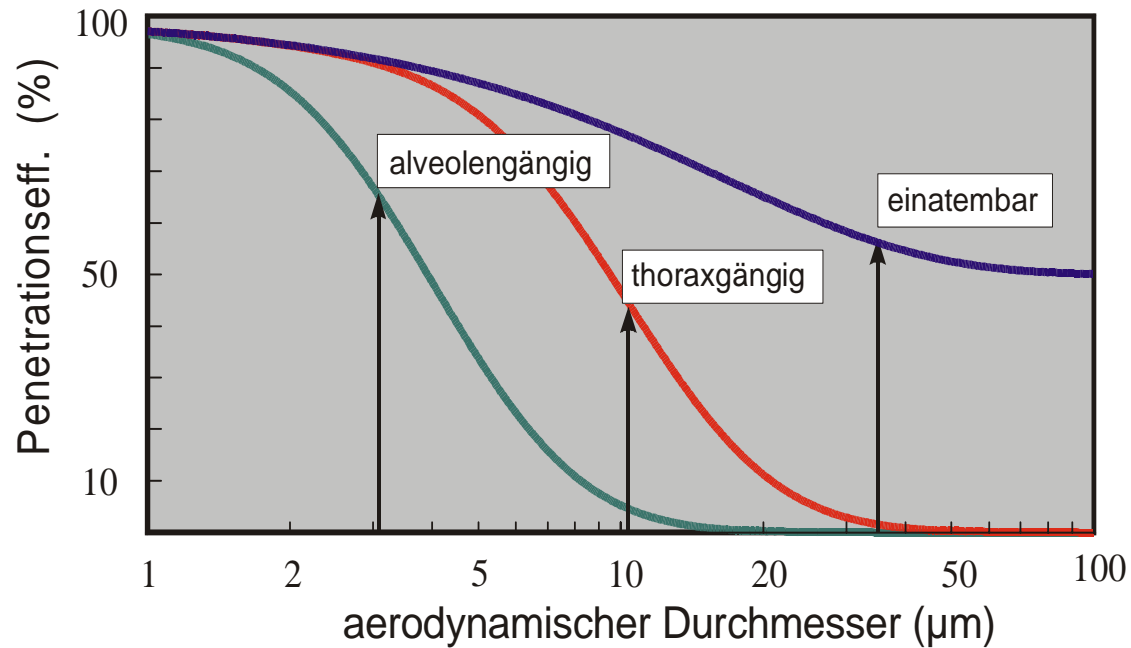
Dosisberechnung, W_{DEP}

$$D_{int} = C T_{exp} RMV \boxed{W_{DEP}} [(mg/kg)]$$



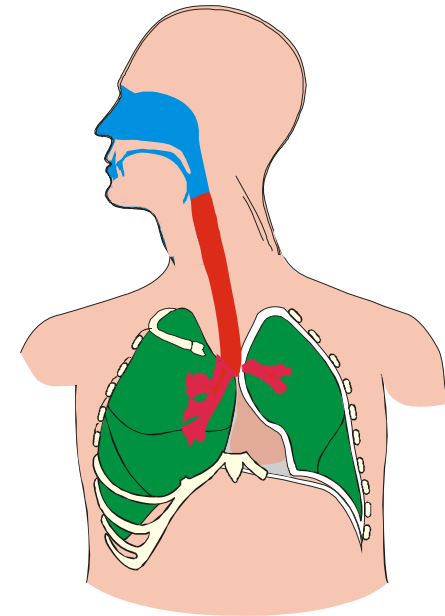
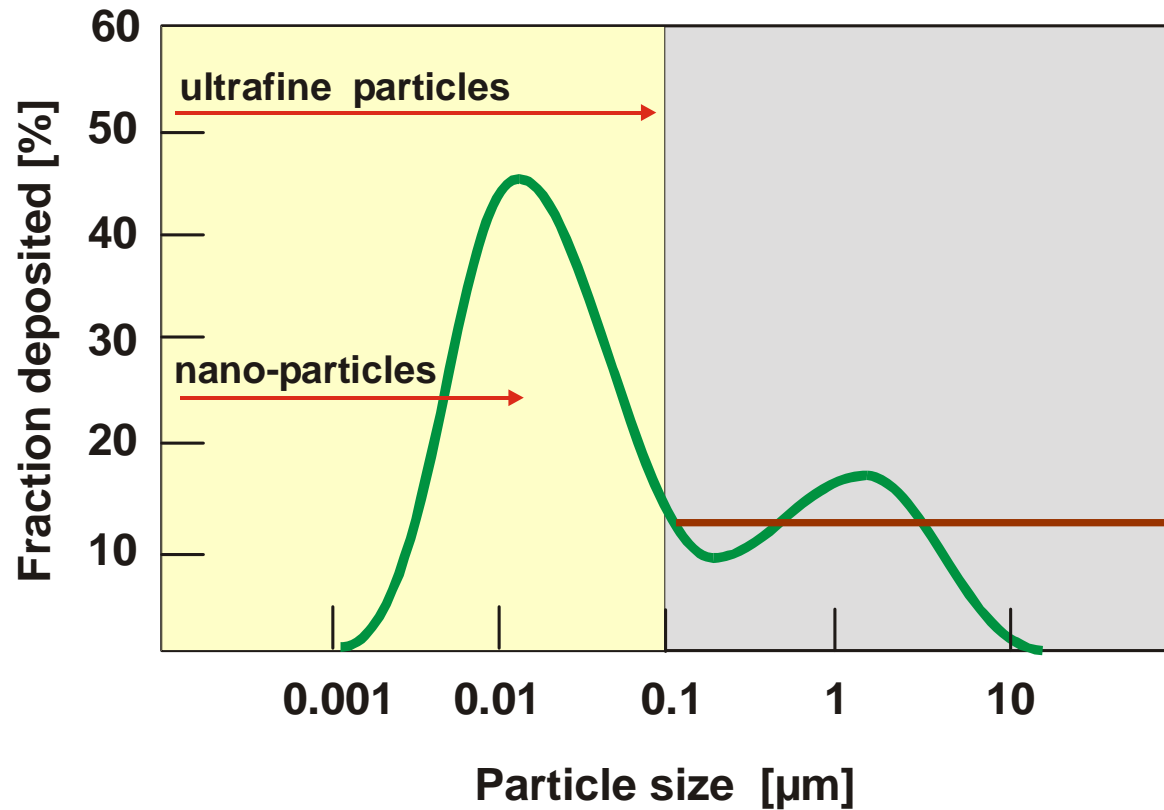
International Commission on Radiological Protection (ICRP) 1994

Konventionen zur Expositionsbewertung



Konzentration von 3 Partikelgrößenfraktionen

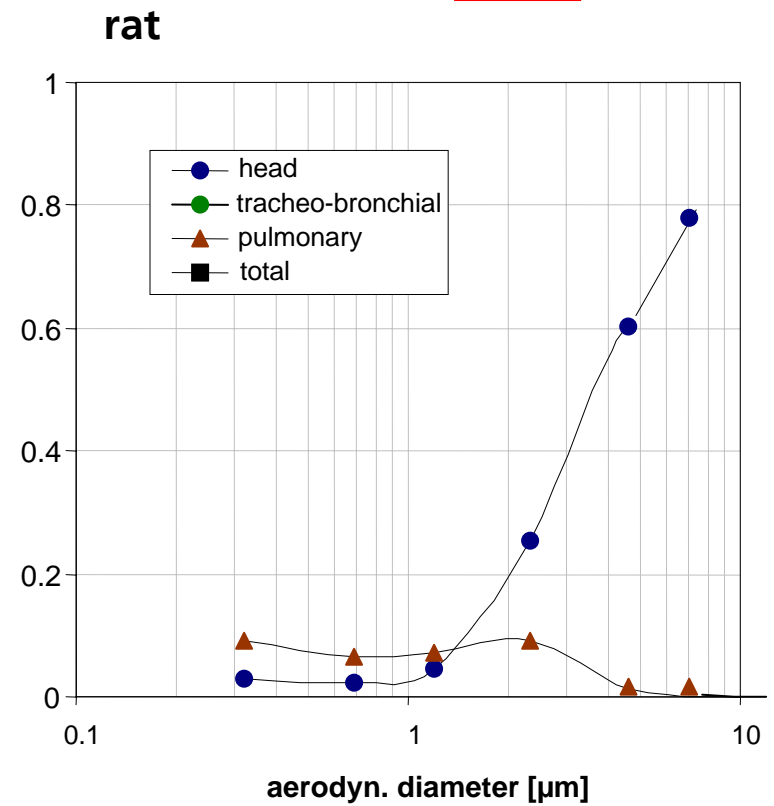
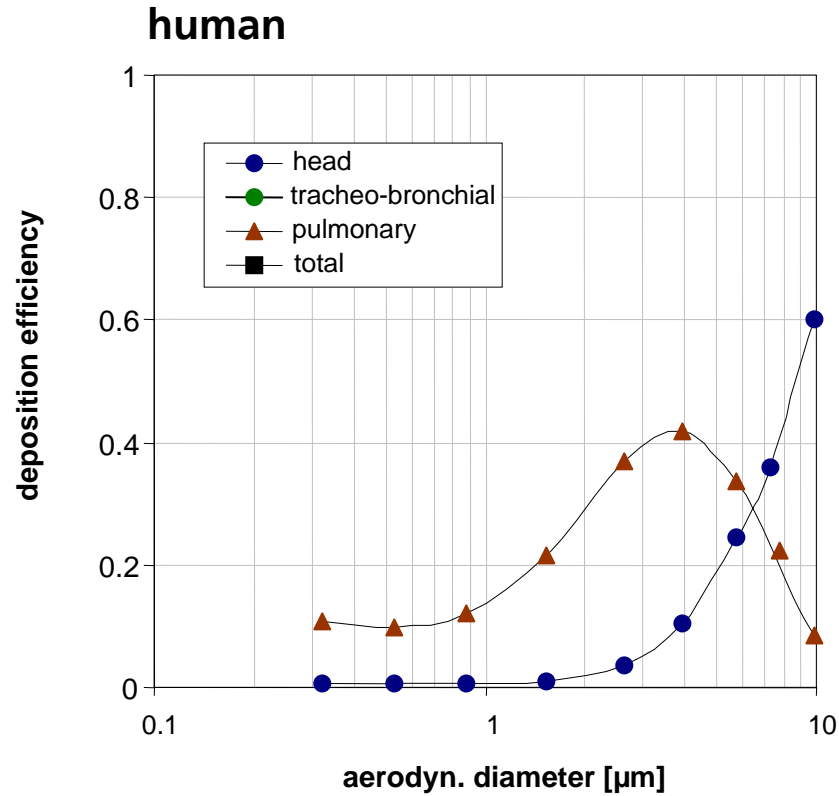
Konventionen zur Expositionsbewertung



Ultrafeine Partikeln

Dosisberechnung, Interspeziesvergleich

$$D_{\text{int}} = C T_{\text{exp}} \text{RMV} W_{\text{DEP}} \text{ [(mg/kg)]}$$



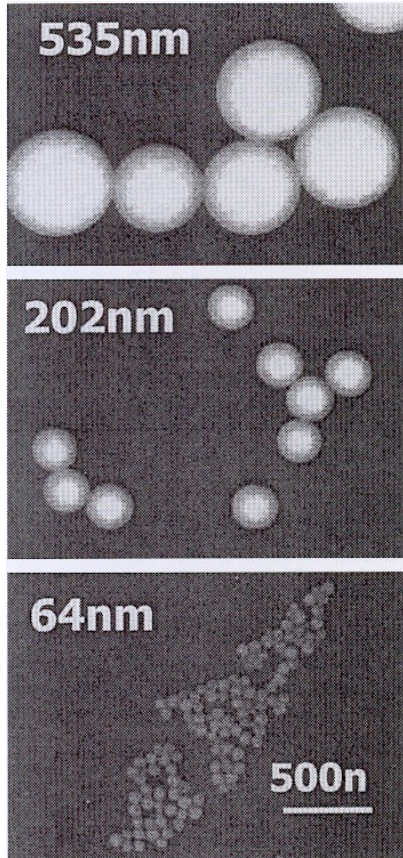
Dosisberechnung, Interspeziesvergleich

$$D_{\text{int}} = C T_{\text{exp}} \text{RMV} W_{\text{DEP}} \text{ [(mg/kg)]}$$

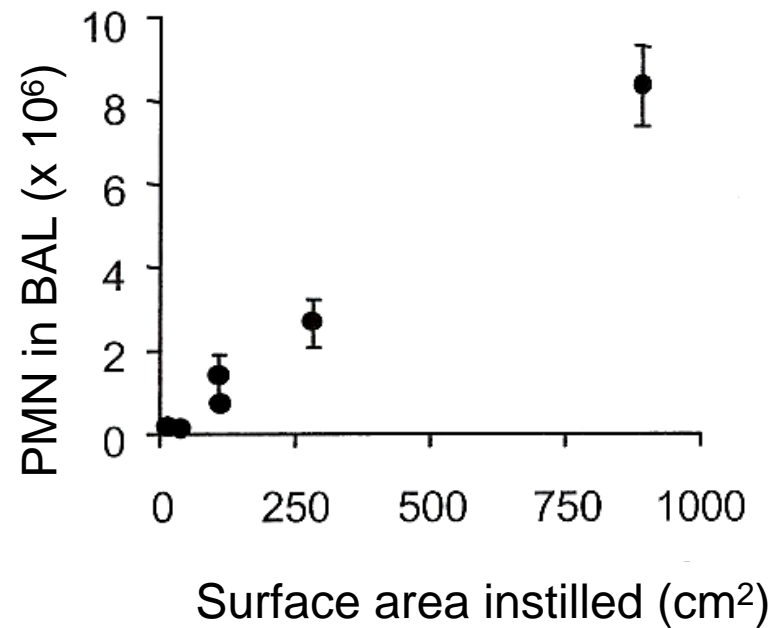


Lokale biologische Wechselwirkung

Oberfläche



Neutrophiles in der BAL

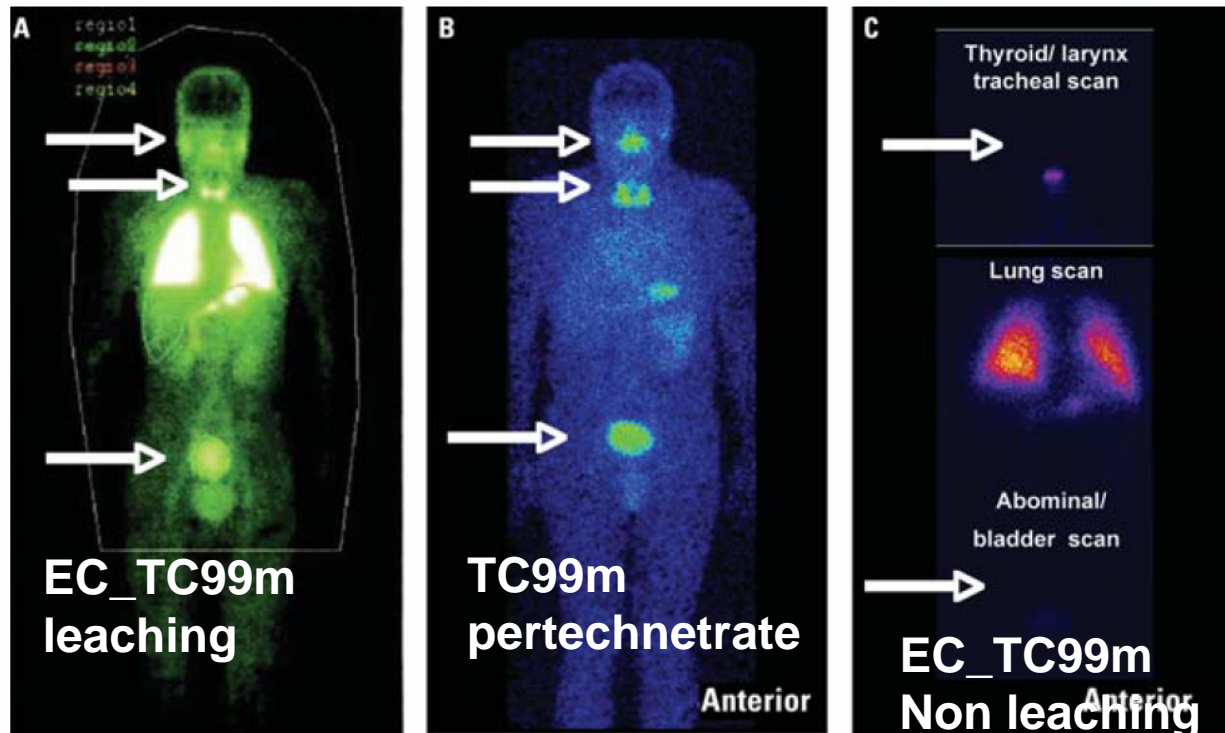


Brown et al. Toxicol Appl Pharmacol 2001; 175: 191

Systemische Verfügbarkeit

Löslichkeit
(Oberfläche)

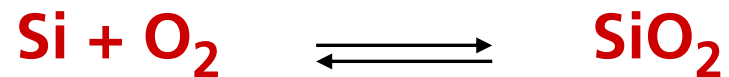
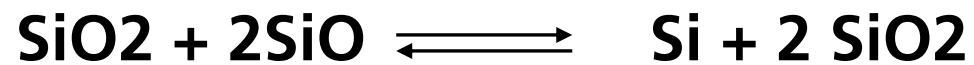
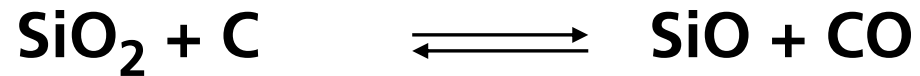
Translokation
(Partikelgröße)



Geiser et. al. Env. Health Persp. 2006; 114: A212

Beispiel: Amorphe Kieselsäure

Quarzschmelze



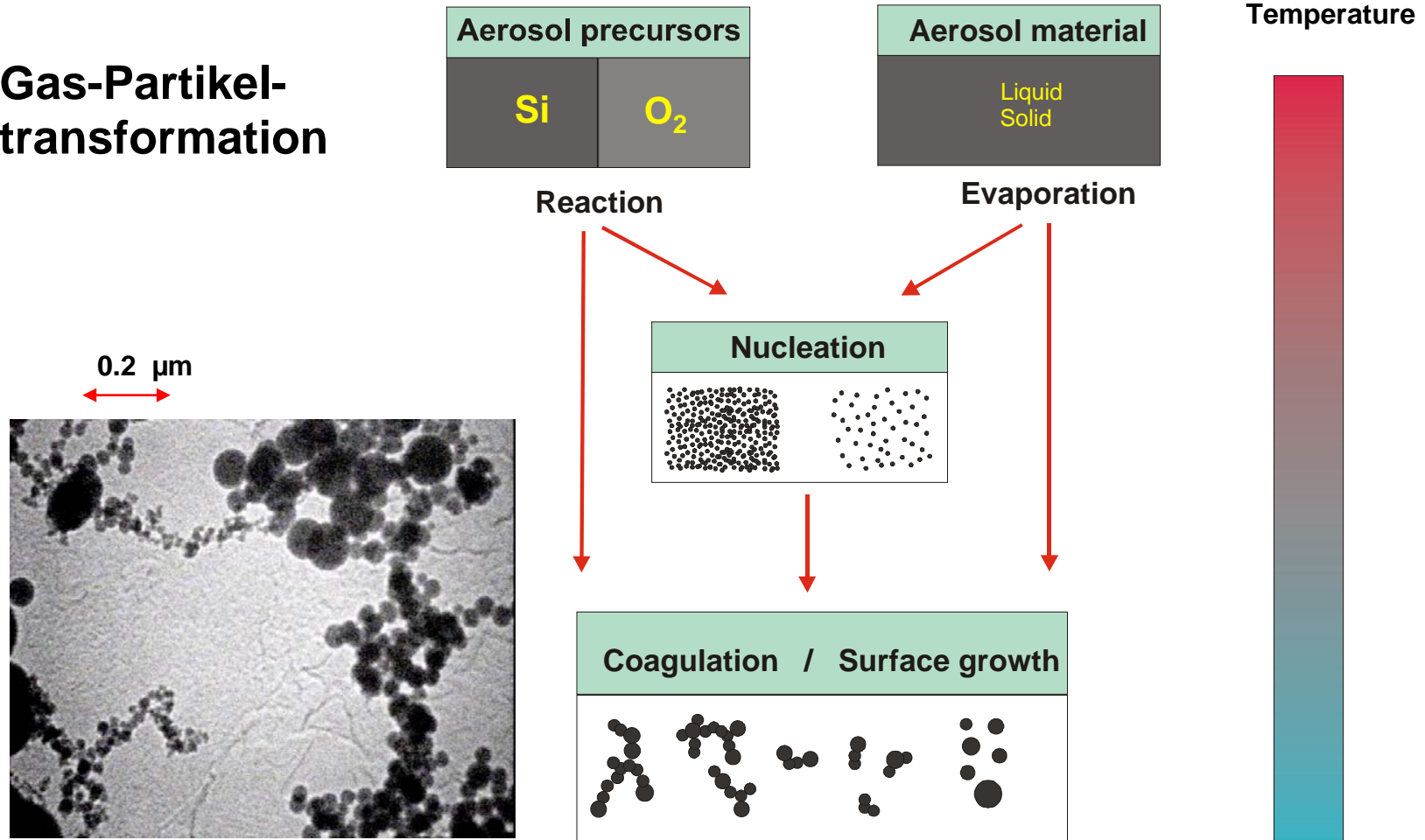
Produkte:

1. Siliziummetall
2. hochdisperses Siliziumdioxid (Füllmaterial)



Beispiel: Amorphe Kieselsäure

Gas-Partikel-
transformation



Typische Arbeitsplätze

Ofenbereich



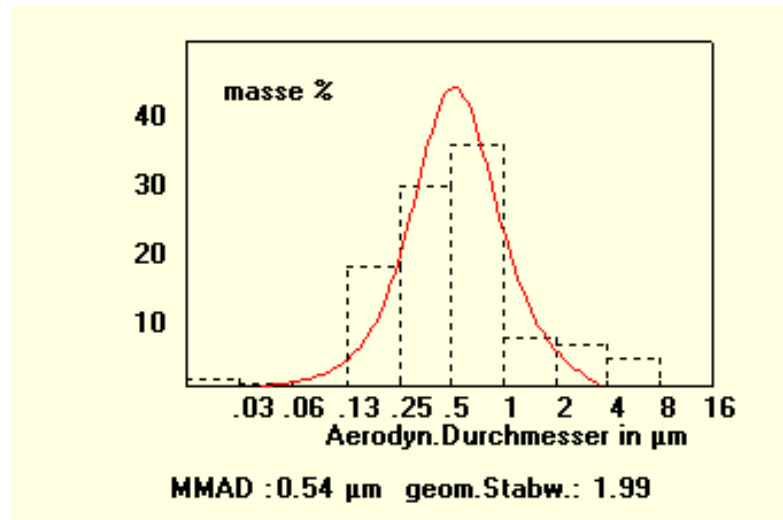
Absacken



Lungengängigkeit

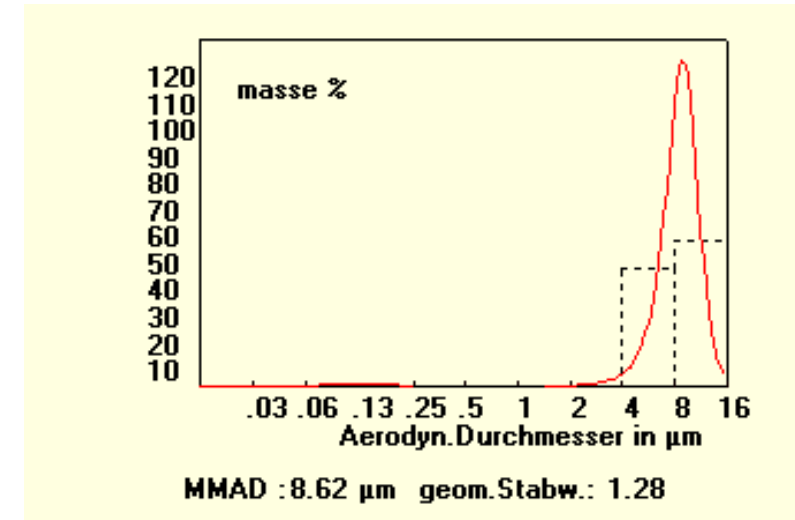
Ofenbereich

90 % alveolengängig



Absacken

10 % alveolengängig

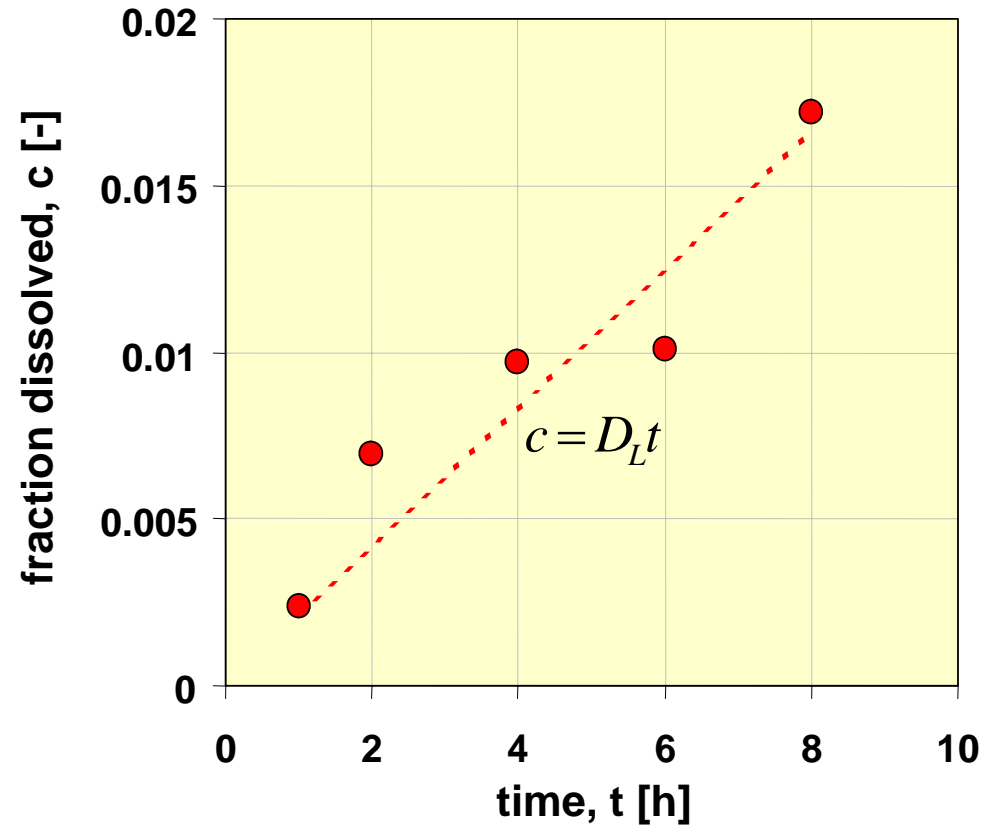


Verteilung

Löslichkeit

$$D_L = \kappa_L A / m$$

↑
Spez. Ober-
fläche



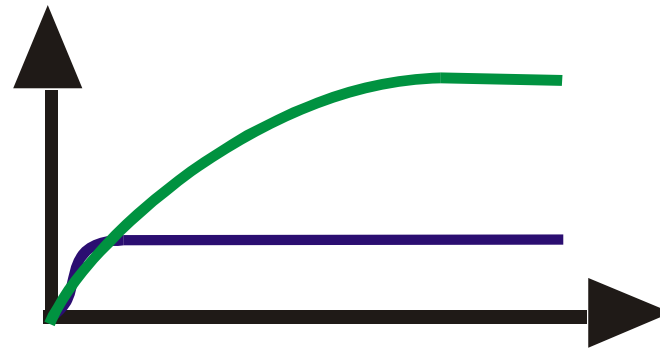
Verteilung

Löslichkeit

| Probe | $R_L \cdot 10^3$ [1/h] | A/m [cm ² /g] | κ_L [µg/cm ² h] | T [d] |
|----------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|----------|
| M2 Abstich | 2.9 | 228 000 | 0.013 | 14 |
| M4 Abstich | 11.7 | 333 000 | 0.035 | 4 |
| M6 Abguss | 4.5 | 219 000 | 0.021 | 9 |
| Aerosil | 38.7 | 1 403 000 | 0.027 | 1 |

Gleichgewichtslungenbeladung

Deposition – Löslichkeit – alveoläre Clearance
10 Tage 600 Tage



$$C = 1 \text{ mg/m}^3, T_{\text{exp}} = 8 \text{ h/d}$$

Unlöslicher Staub: $m_{\text{Lunge}} = 0.5 \text{ g}$

Feststellen der Exposition durch Messung

Ultrafeinfraktion

Messen

Konzentration

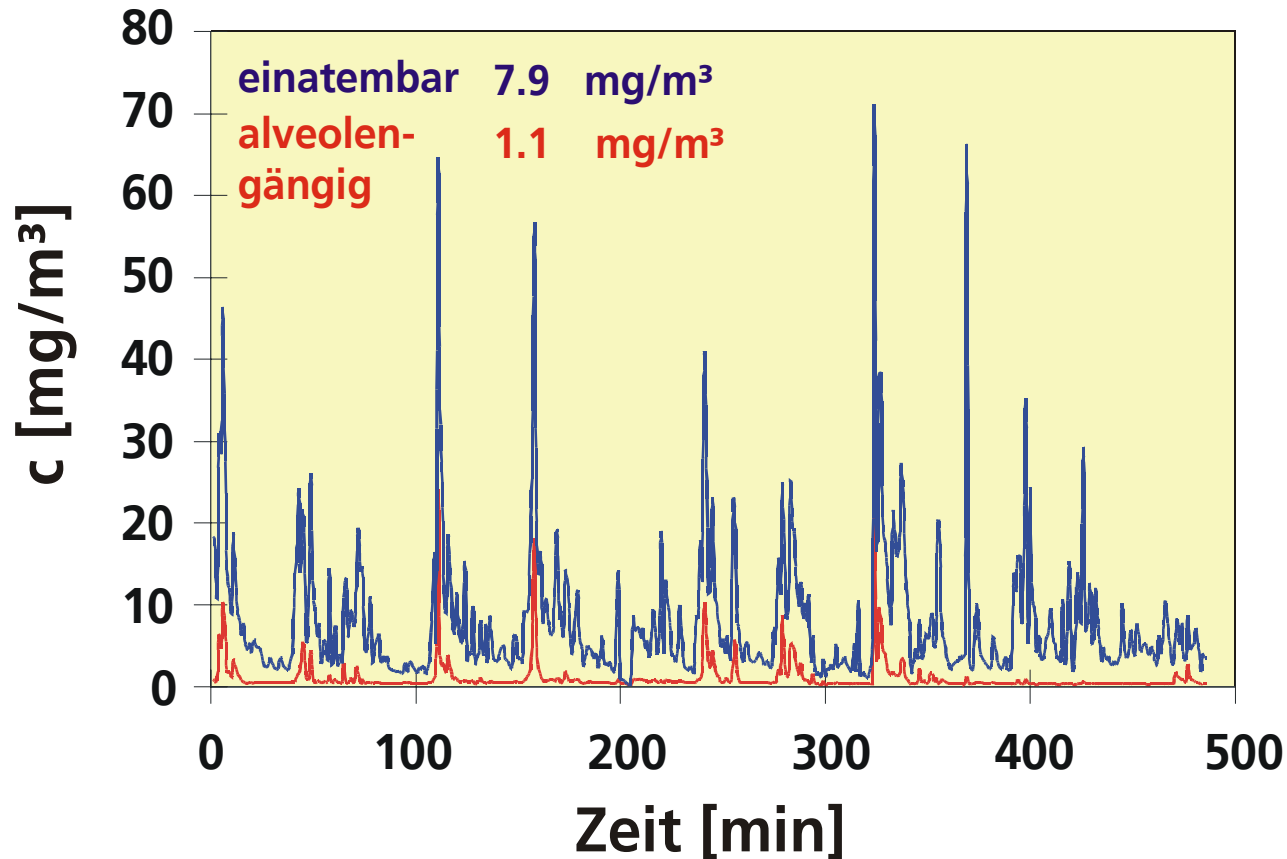
Größenverteilung

Inhaltsstoffe



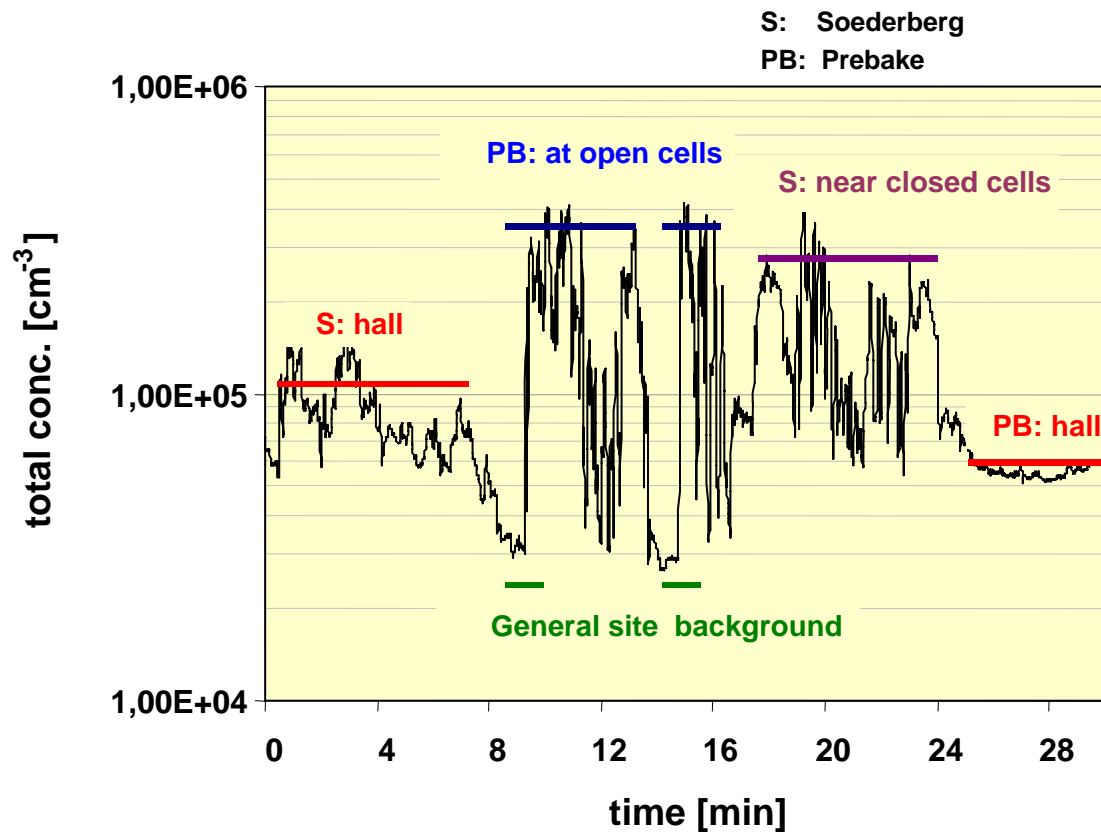
Feststellen der Exposition durch Messung

sind einer speziellen Tätigkeit zuzuordnen



Feststellen der Exposition durch Messung

UFP Screening at polluted workplaces



← In street canyon at peak traffic hours

← Average urban background

Feststellen der Exposition durch Modellrechnung

Empirische, datenbasierte Modelle:

EASE (HSE)

Deterministische, mechanistische Modelle:

CONSEXPO (RIVM)

SprayExpo (ITEM/BAUA)

Expositionsberechnung „SprayExpo“: Biozide

Freisetzungsmuster Wandlinie

Freisetzungsdaten

| | Anfang [m] | Ende [m] | Höhe [m] | Zeit [s] | Quellst. [ml/s] |
|----|------------|----------|----------|----------|-----------------|
| W1 | 2 | 8 | 0.5 | 600 | 10 |
| W2 | 0 | 0 | | 0 | 0 |
| W3 | 2 | 8 | 3 | 600 | 10 |
| W4 | 0 | 0 | | 0 | 0 |

Abstand [m]
 Receptor-Wand: 1 Düse-Wand: 0.5

Weg einlesen

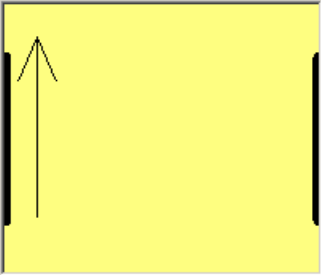
Berechnung

Zeitauflösung: hoch | niedrig

Einatembar
 Thoraxgängig
 Alveolengängig
 Gesamt
 Dermal

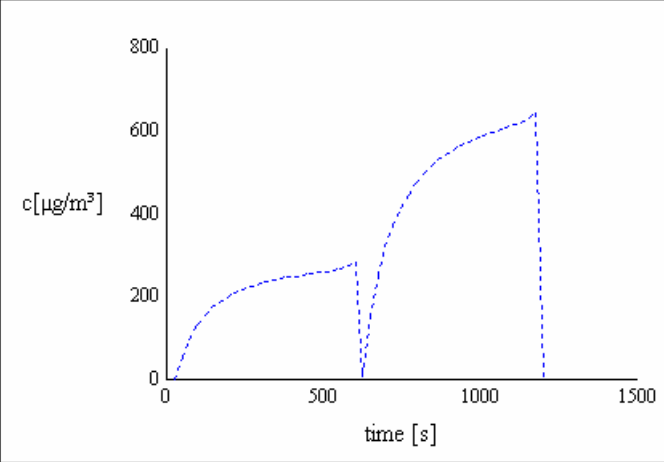
Berechnen

10 m W2



W1 W3

W4 10 m

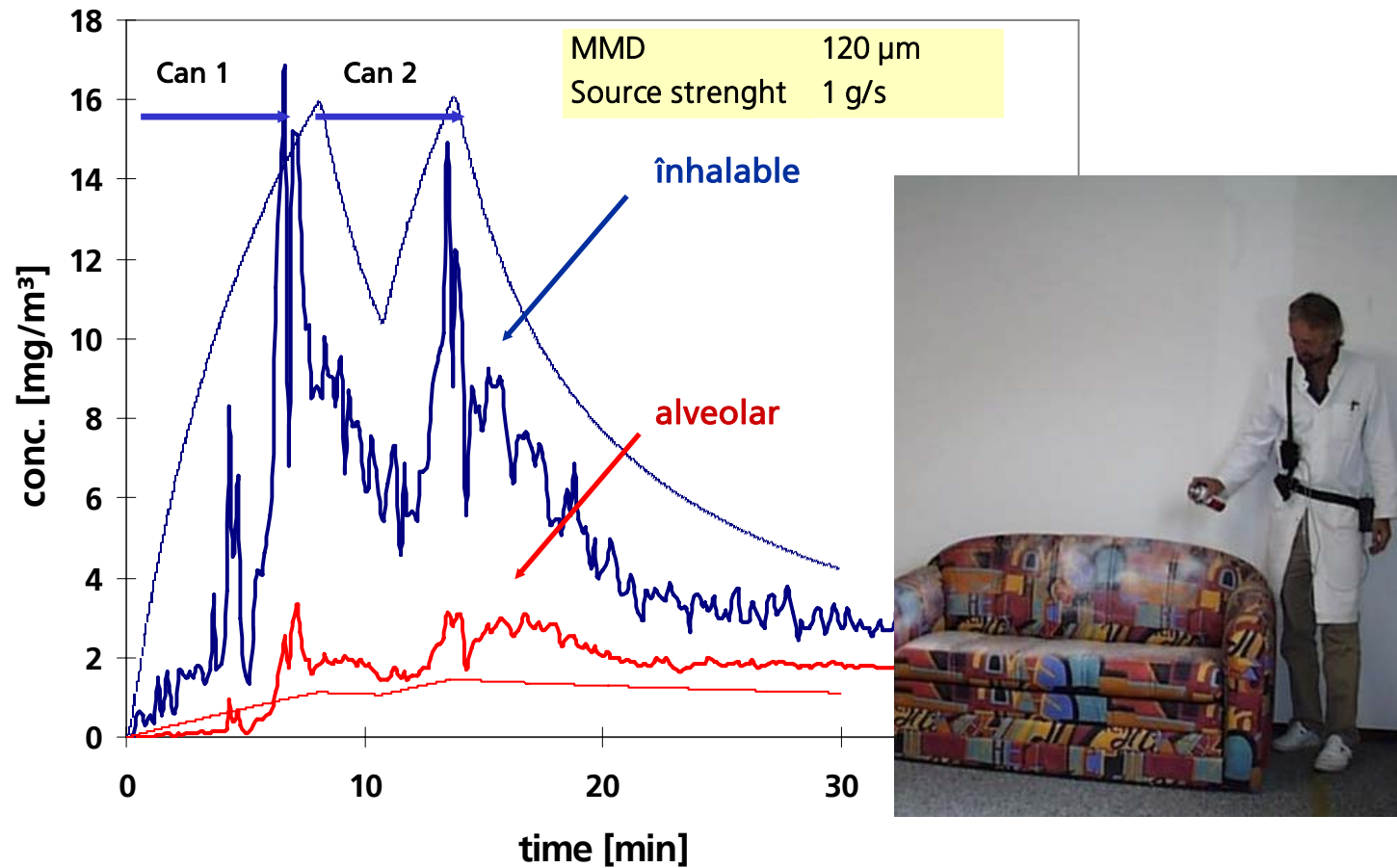


Zurück

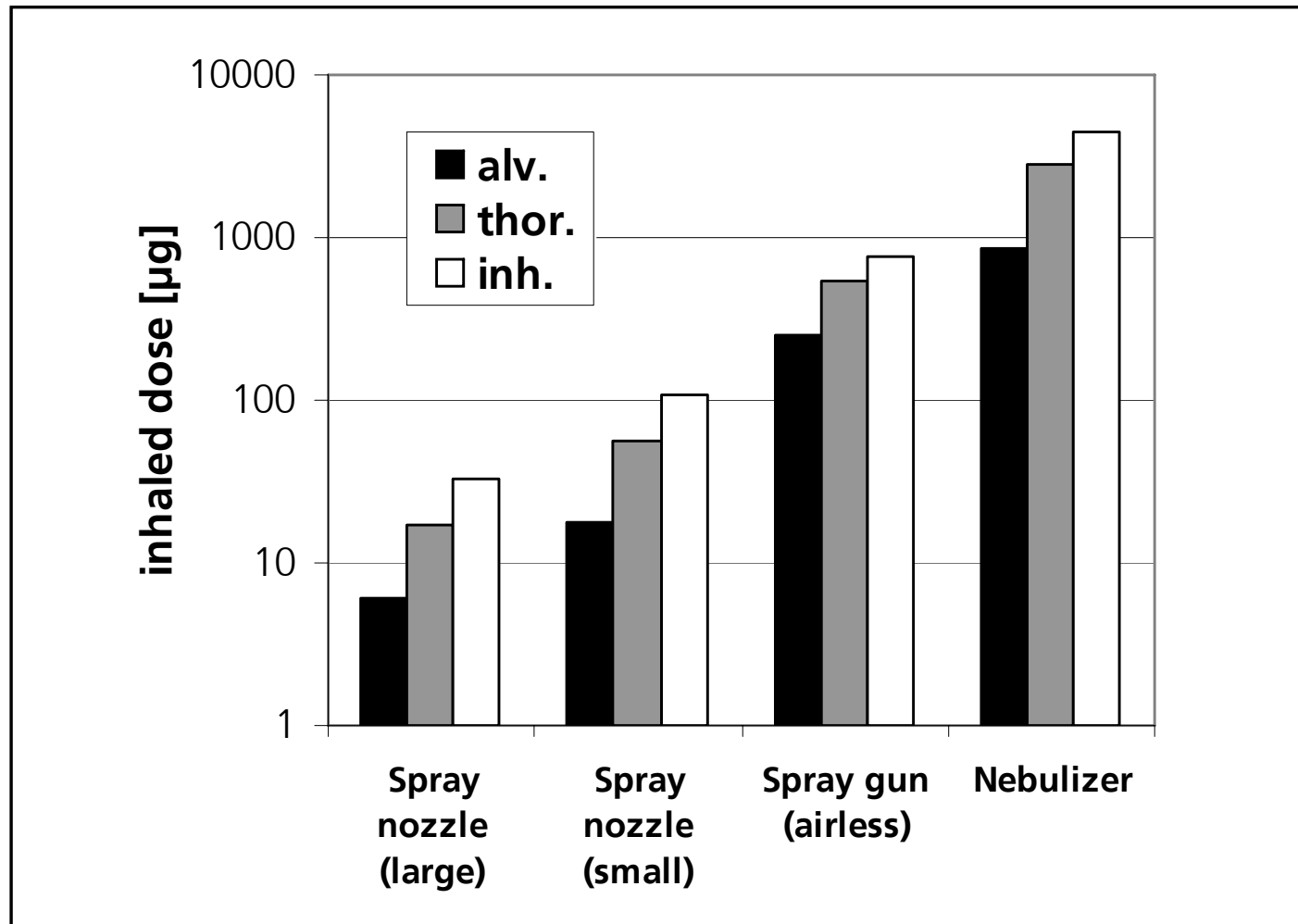
inhalierete Dosis **6.73E+00** µg



Expositionsberechnung „SprayExpo“: Sprays

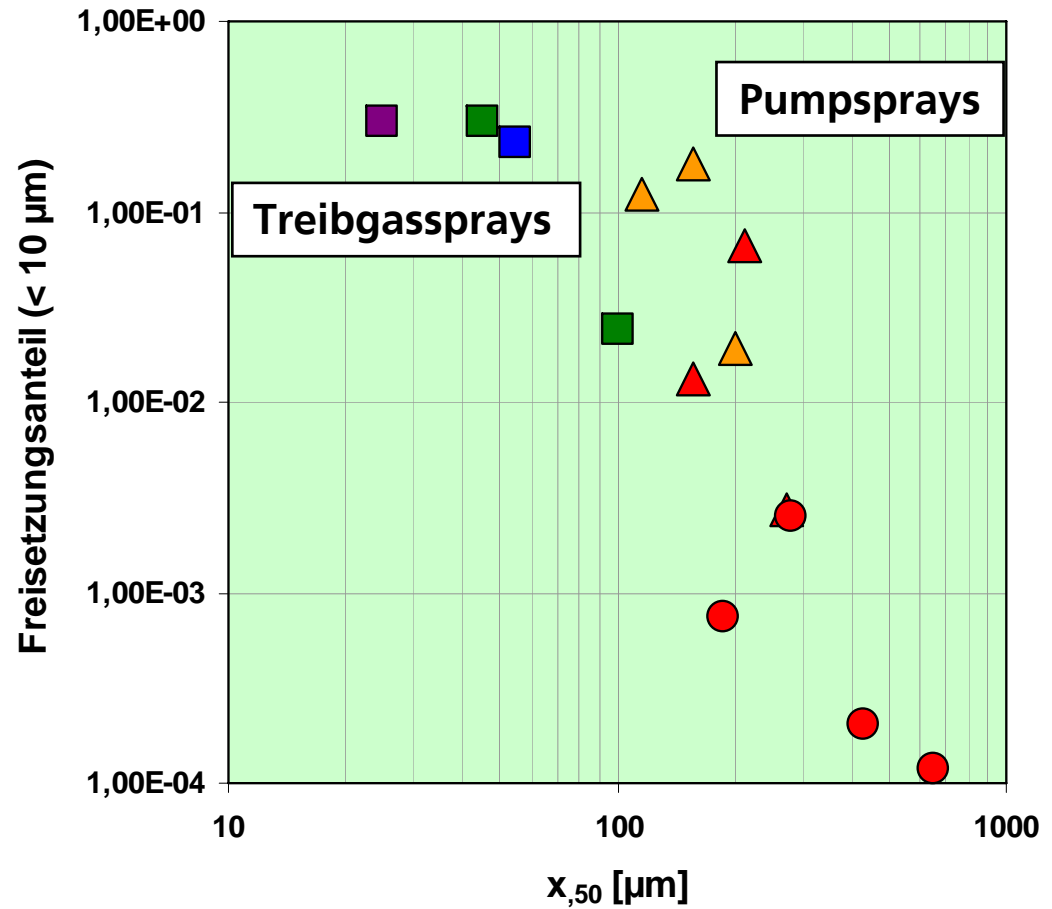


Expositionsberechnung „SprayExpo“: Sprays



Exposition und Tropfengröße

expositionsrelevanter,
lungengängiger Anteil aus
Expositionsmessungen in
Modellräumen



Zusammenfassung

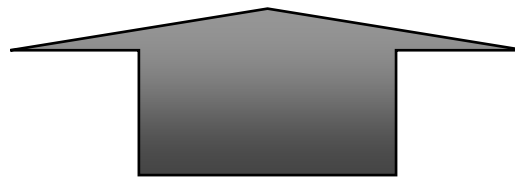
Wirkungsrelevante Partikeleigenschaften

Partikelgröße

Inhalierbarkeit und
Lungendeposition

Morphologie/
Materialeigen-
schaften

Systemische Verfügbarkeit
und Persistenz in der Lunge



**Technischer Prozess der Schadstoffentstehung und
Schadstofffreisetzung**
