

# Staubige Angelegenheit – Wirkmechanismen und gesundheitliche Folgen von Stäuben

Arbeitsmedizinisches Kolloquium der DGUV: Stäube am Arbeitsplatz

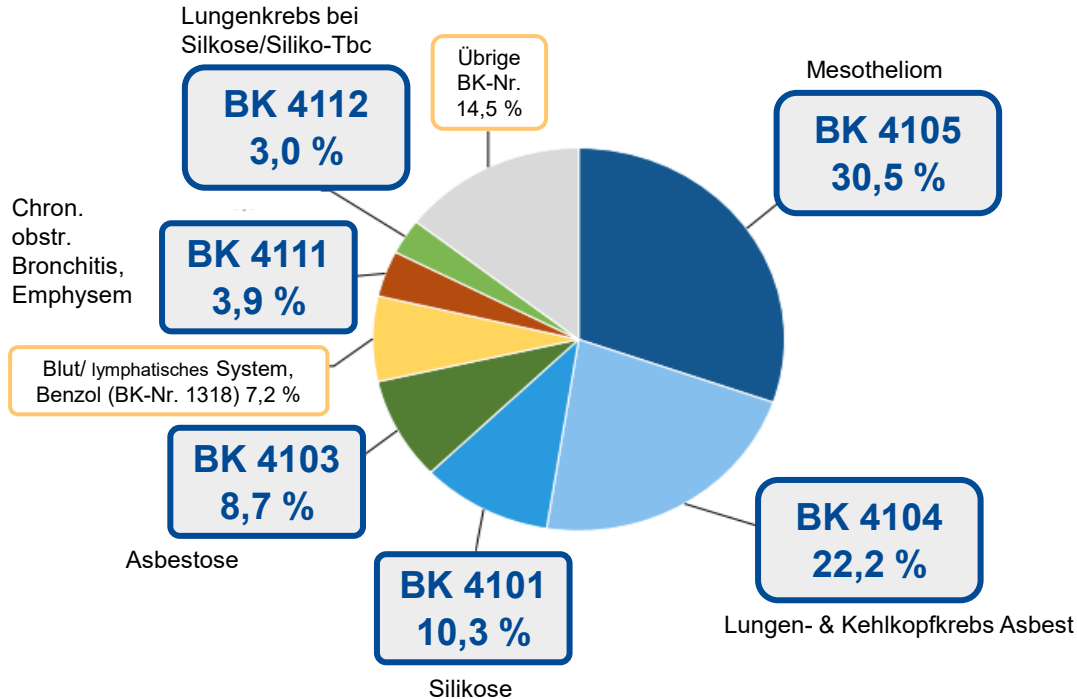
PD Dr. Götz Westphal i. V. Prof. Dr. Julia Krabbe

# Interessenkonflikte

- keine

# Stäube sind gefährlich

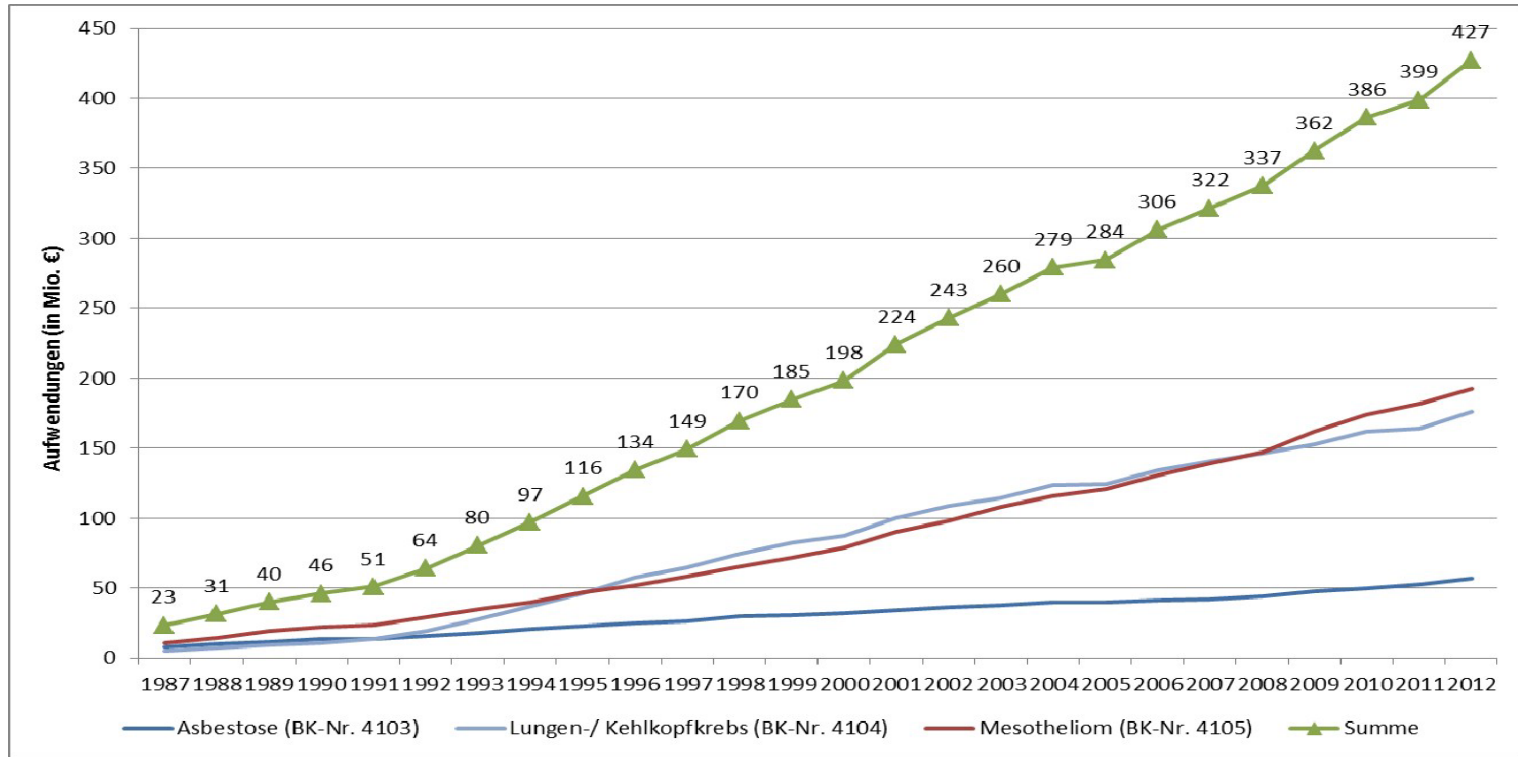
Todesfälle Berufserkrankter Personen (Tod infolge der Berufserkrankung)



Stäube verantwortlich für ~ 80 % aller Todesfälle durch Berufskrankheiten!

Neue Werkstoffe haben zum Teil Ähnlichkeiten mit bekannten Stäuben

# Jährliche Ausgaben für Entschädigungen für BKs verursacht durch Asbest



# Ausgangslage „neue“ und „alte“ Stäube

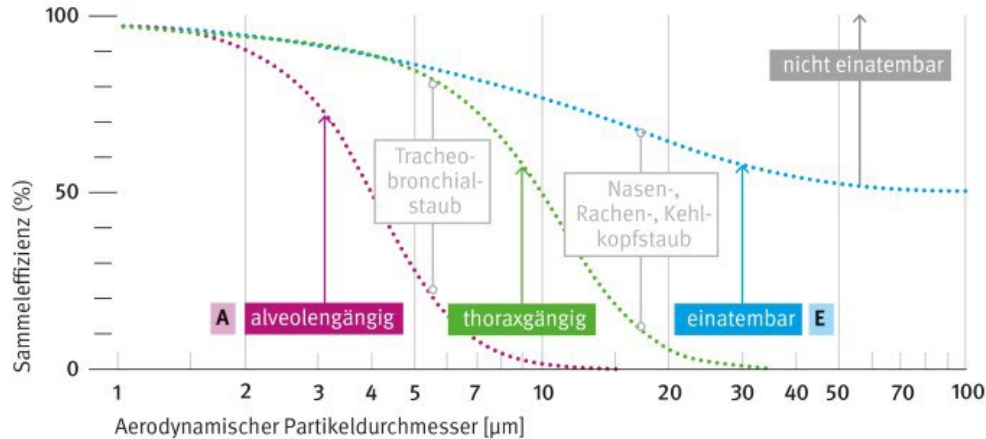
Die Erfahrungen mit Asbest haben gelehrt, dass Forschung und Prävention erfolgen müssen, **bevor** gesundheitsschädliche Auswirkungen epidemiologisch abbildbar sind.

**Forschungs- und  
Regulationsbedarf**

- Stetige Innovation bringt neue Technologien und Materialien
- Zum Teil unzureichende Erkenntnisse über Wirkung und gesundheitsschädliche Effekte
  - Tierexperimentelle Studien geben Anhaltspunkte, aber keine generelle Übertragbarkeit auf den Menschen
- Aufdeckung neuer Effekte von Stäuben, die unabhängig von den speziellen Partikeln/Fasern sind

# Warum sind Stäube gefährlich?

Teilchengrößenverteilung nach DIN EN 481

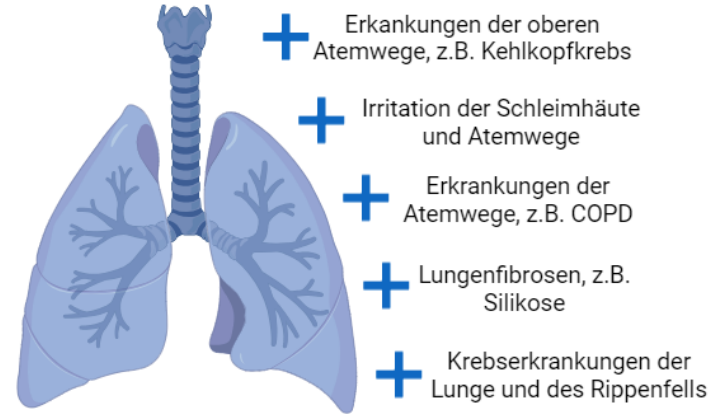


## **E** Einatembare Konvention (E-Fraktion):

Massenanteil aller Schwebstoffe, der durch Mund und Nase eingeatmet wird

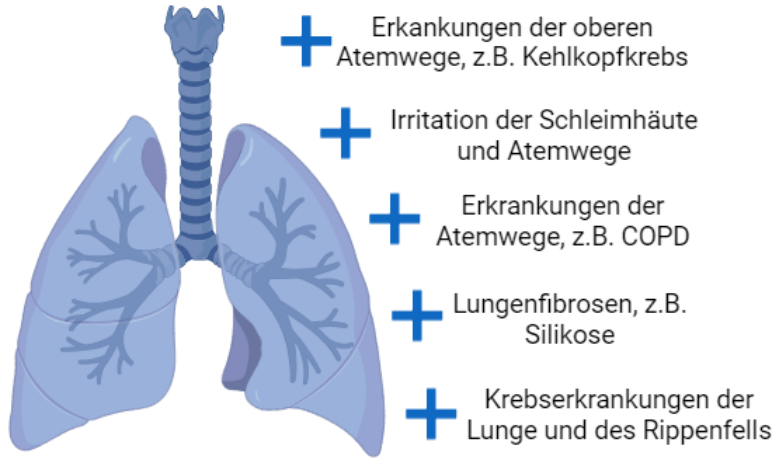
## **A** Alveolengängige Konvention (A-Fraktion):

Massenanteil der eingeatmeten Partikel, der bis in die nichtcilierten Luftwege vordringt



<https://www.dguv.de/staub-info/was-ist-staub/e-staub/index.jsp>

# Warum sind Stäube gefährlich?



→ Reizwirkung

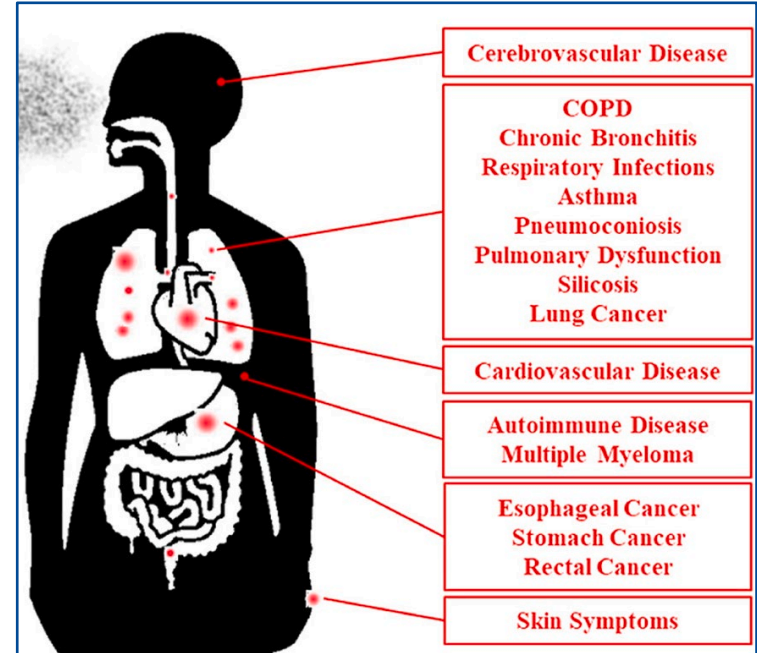
→ (lokale) Entzündung

→ Lungenfibrose

→ Krebserkrankungen

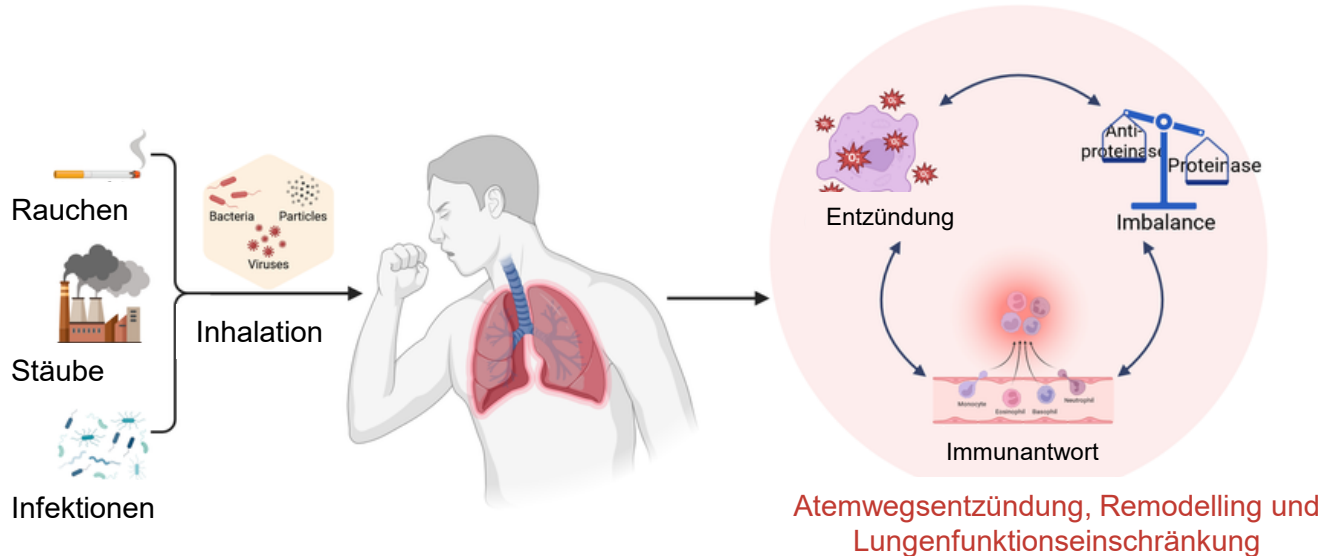


## In der Literatur diskutiert



Wang et al., 2023:10.1016/j.chemosphere.2022.136990

# Chemisch-irritativ oder toxische Wirkung



**Chronische obstruktive  
Atemwegserkrankungen**

COPD

Asthma

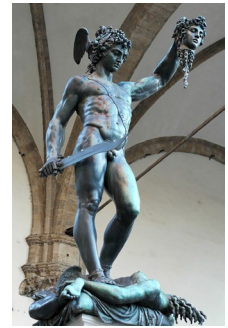
Lungenemphysem

z.B. BK 4302, 1315

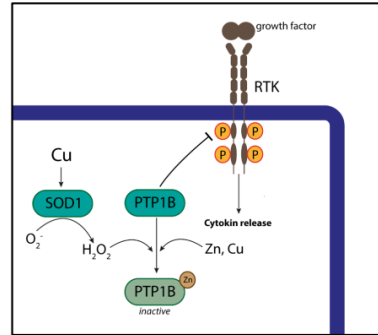
Adaptiert: Huo et al., 2025: 10.1186/s12931-025-03138-4



# Systemische Entzündung: Metallrauchfieber



Marker akute Entzündung



Marker systemische Entzündung

Rekrutierung Blutzellen



Schweißen  
0 6

Metallrauchfieber - Symptome  
10 12 18

24 29 Stunden

Krabbe, 2025: 10.5414/ATX02810

# Entzündung: Gefahr Fibrose und Lungenkrebs

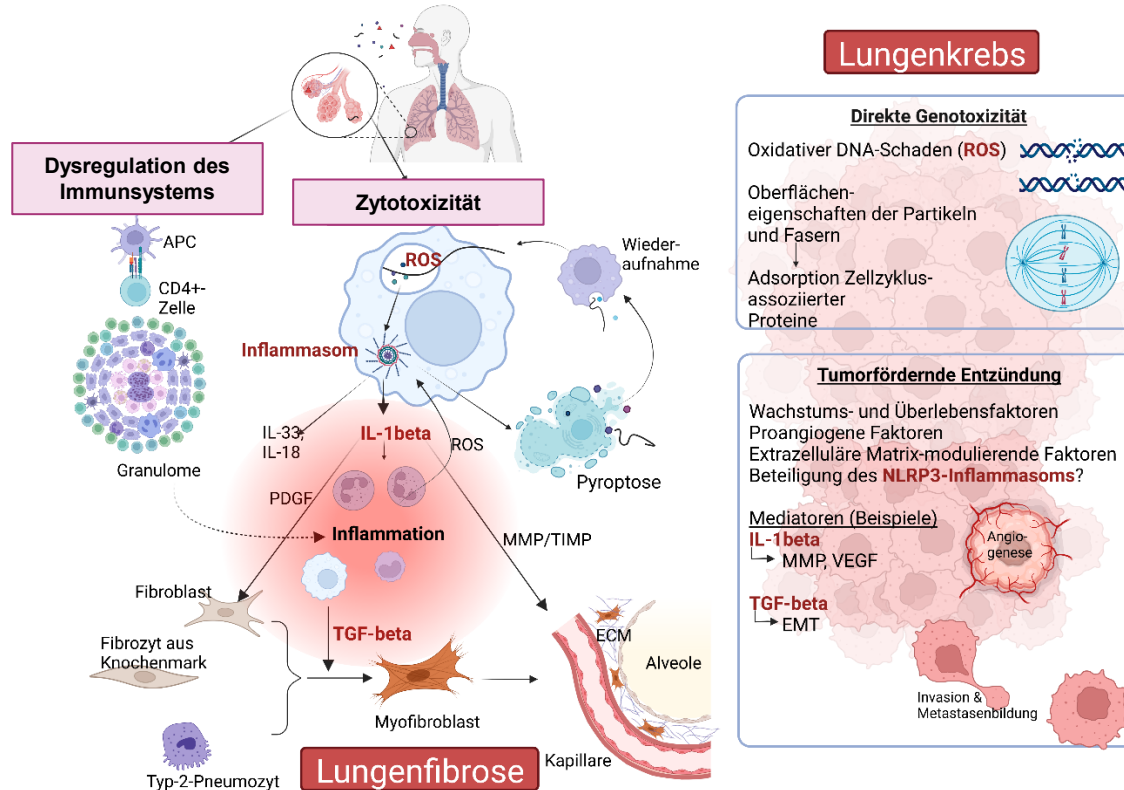
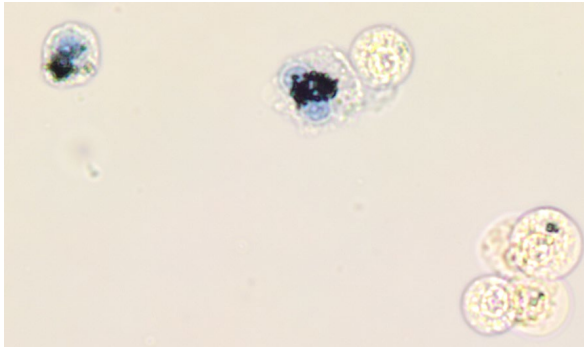


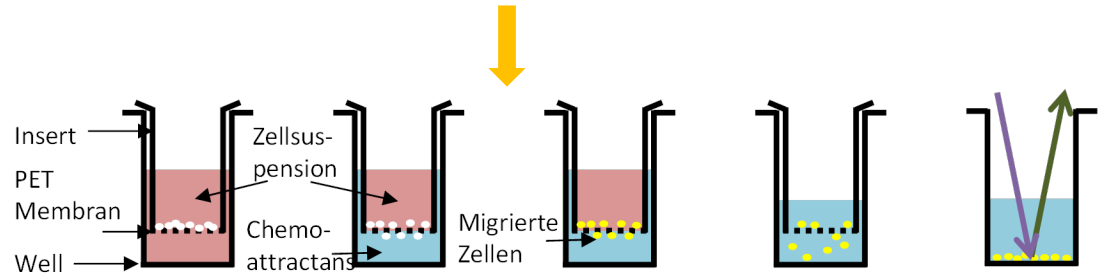
Abbildung: Katja Steffens

# Entzündliche Wirkungen *in vitro*

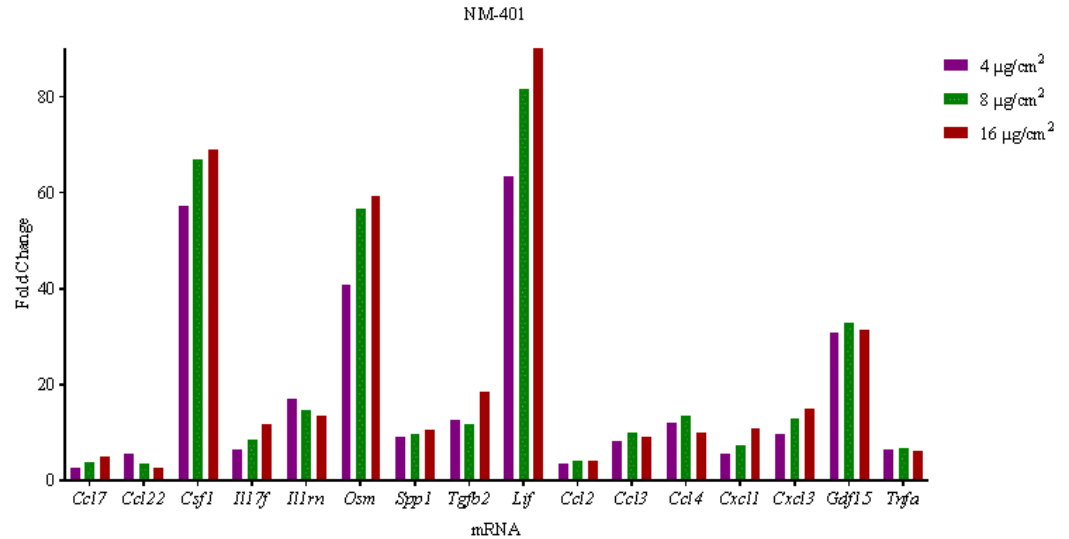
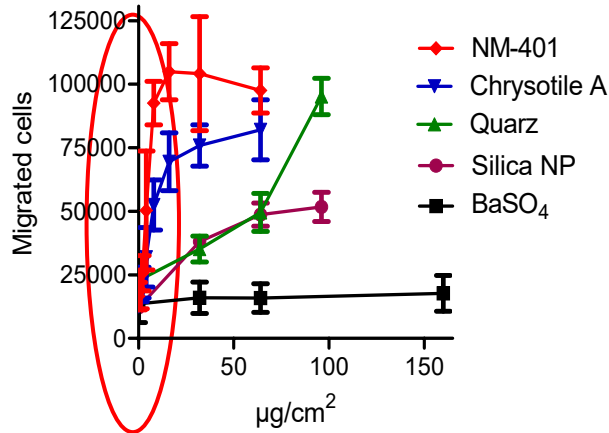
Gestresste Makrophagen setzen Signalmoleküle frei, die weitere Entzündungszellen anlocken. NR8383-Alveolarmakrophagen aus Ratten werden Partikeln ausgesetzt. Sie phagozytieren die Partikel und bilden bei Überlastung Signalstoffe (Chemokine, Zytokine).



Nach Inkubation werden Zellen und Partikel entfernt und die Überstände im Chemotaxis-Assay mit differenzierten HL60-Zellen untersucht, Stark entzündliche Partikel sollten starke Chemotaxis bewirken.



# RNA-Transkripte aus dem steilen Verlauf der Dosis-Wirkungskurve



Contents lists available at ScienceDirect

**Toxicology in Vitro**

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/toxinvit](http://www.elsevier.com/locate/toxinvit)




Multi-walled carbon nanotubes induce stronger migration of inflammatory cells *in vitro* than asbestos or granular particles but a similar pattern of inflammatory mediators

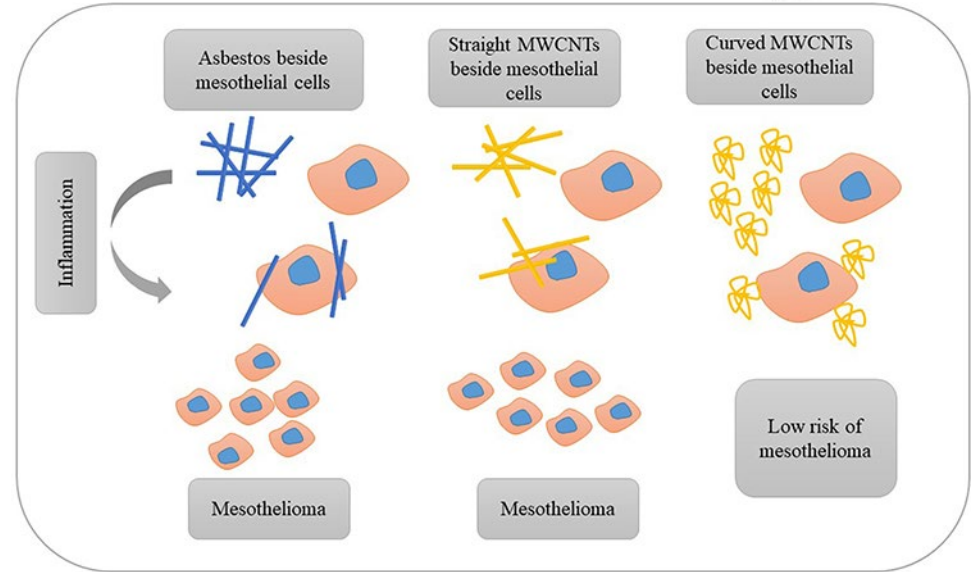
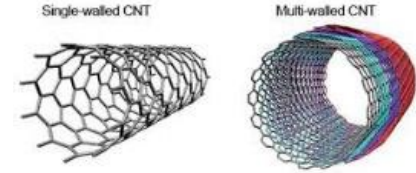
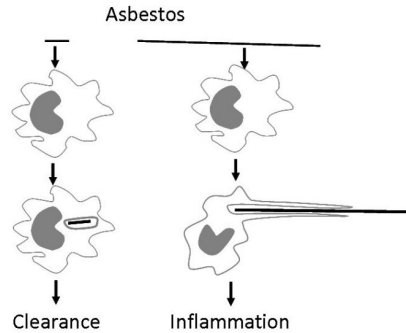
Götz A. Westphal<sup>a,\*</sup>, Nina Rosenkranz<sup>a</sup>, Alexander Brik<sup>a</sup>, Daniel Weber<sup>a</sup>, Isabell Föhring<sup>a</sup>, Christian Monsé<sup>a</sup>, Nina Kaiser<sup>a</sup>, Bryan Hellack<sup>c</sup>, Markus Mattenklott<sup>b</sup>, Thomas Brüning<sup>a</sup>, Georg Johnen<sup>a</sup>, Jürgen Bünger<sup>a</sup>

# Entzündliche Schädigung durch Aktivierung von „Extracellular DNA Traps“ (NET)

- NET-Aktivierung wird wahrscheinlich durch **NADPH Oxidase** und Bildung von **ROS** eingeleitet.
- NADPH Oxidase katalysiert auch die Bildung von  $\text{H}_2\text{O}_2$  aus Protonen und Sauerstoff:
  - $\text{NADPH} + 2\text{O}_2 \leftrightarrow \text{NADP}^+ + 2\text{O}^-_2 + \text{H}^+$
- An NET gebunden sind zytotoxische, lytische Enzyme (z. B. Serin Proteasen, Cathepsin und Elastase) sowie Myeloperoxidase (MPO).
- MPO bildet hypochlorige Säure die spontan in das hoch reaktive Hypochlorit dissoziiert:
  - $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{HCl} \rightarrow \text{HOCl} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{ClO}^-$
- Hypochlorit tötet, gemeinsam mit den toxischen Enzymen, eindringende Pathogene ab. Die starke Toxizität schädigt auch die umliegenden Gewebe.
- Etwa 99% der ROS sind endogenen Ursprungs.

# Entzündung: Gefahr der Krebsentstehung

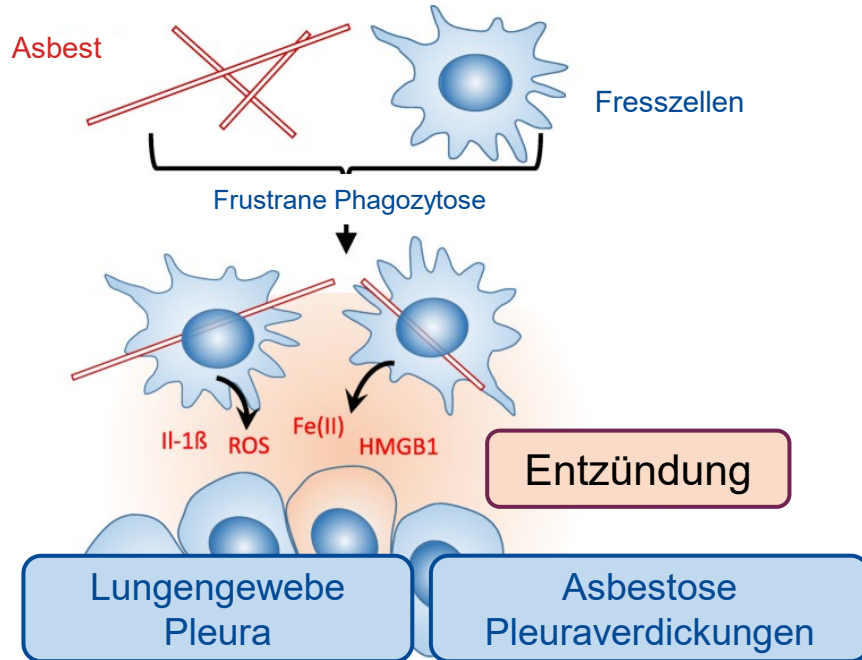
## Fasergeometrie



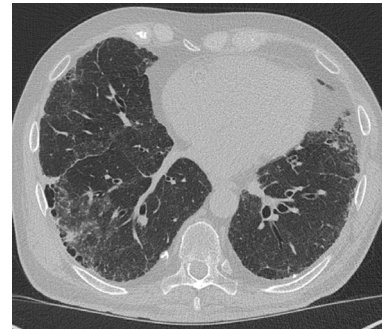
Donaldson et al., 2010: 10.1186/1743-8977-7-5;

Sheikhpour et al., 2020: 10.2147/IJN.S263238

# Lungenfibrose durch Asbest



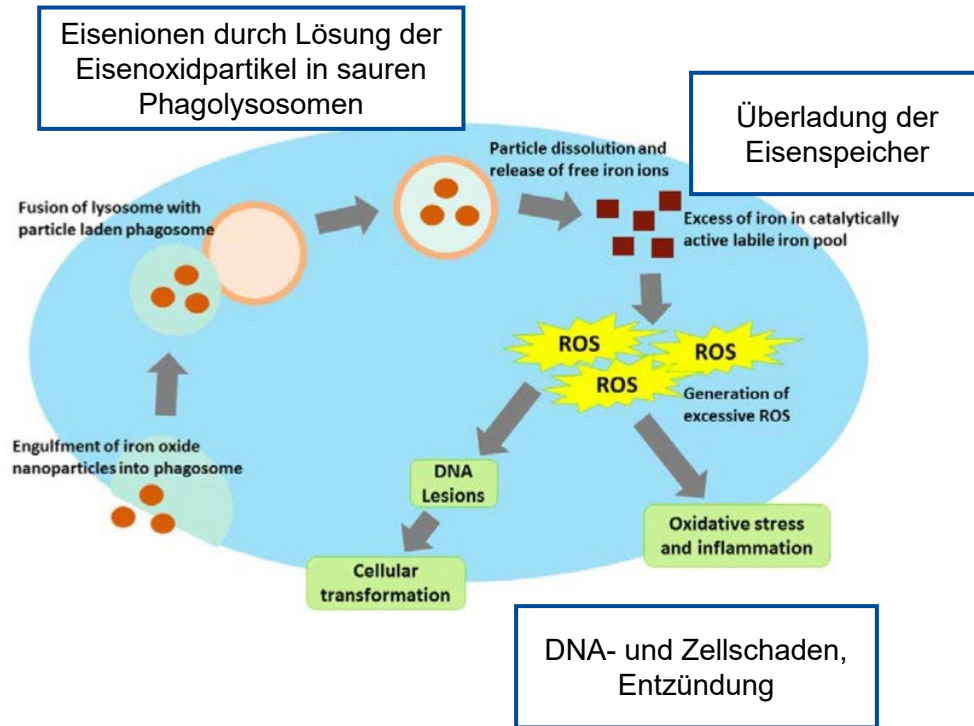
**BK 4103:**  
**Asbeststaublungenenerkrankung**  
**(Asbestose) oder durch Asbeststaub**  
**verursachte Erkrankungen der Pleura**



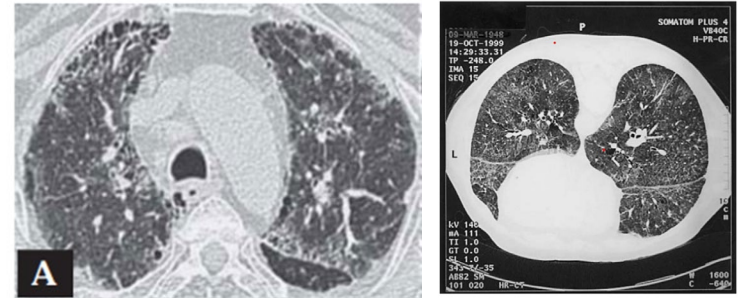
Mit freundlicher Genehmigung durch die Klinik für diagnostische und interventionelle Radiologie, Uniklinik RWTH Aachen, Prof. Kuhl.

Adaptiert: Kuroda et al., 2021: 10.3390/nano7100307

# Lungenfibrose durch Schweißrauche - Eisen



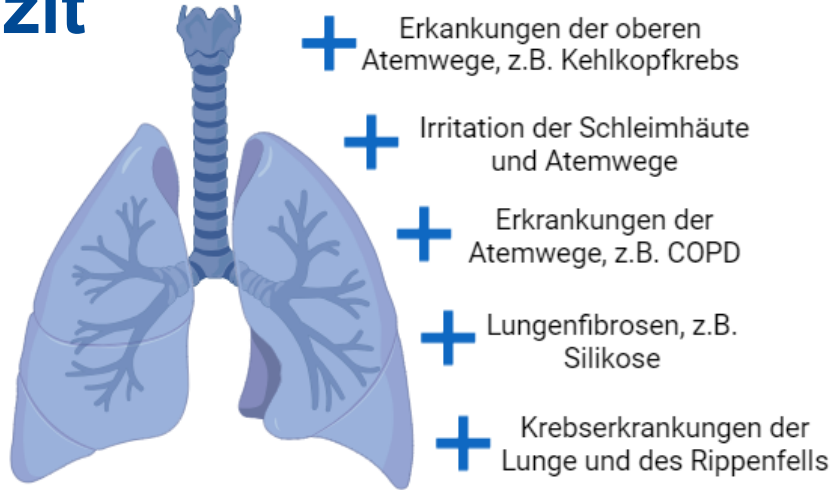
**BK 4115:**  
**Lungenfibrose durch extreme und langjährige Einwirkung von Schweißrauchen und Schweißgasen - (Siderofibrose)**



Doherty et al., 2004:PMID: 14691279. Gothi et al., 2015: PMID: 26410982



# Fazit



- Reizwirkung
- (lokale) Entzündung
- Lungenfibrose
- Krebserkrankungen



- Zum Teil unzureichende Erkenntnisse über Wirkung und gesundheitsschädliche Effekte
- Tierexperimentelle Studien geben Anhaltspunkte, aber keine generelle Übertragbarkeit auf den Menschen
- Aufdeckung neuer Effekte von Stäuben, die unabhängig von den speziellen Partikeln/Fasern sind

Univ.-Prof. Dr. med. Julia Krabbe

Institut für Prävention und Arbeitsmedizin  
der DGUV

Institut der Ruhr-Universität Bochum (IPA)  
Kompetenz-Zentrum Medizin

Bürkle-de-la-Camp-Platz 1

44789 Bochum

[julia.krabbe@dguv.de](mailto:julia.krabbe@dguv.de)

[goetz.westphal@dguv.de](mailto:goetz.westphal@dguv.de)

**Vielen Dank für**

**Ihre Aufmerksamkeit.**