

**Sichere Bearbeitung von CFK:** Gesundheitsgefährdung durch Faserstäube  
Fachveranstaltung der BGHM, Bildungsstätte Lengfurt, 22. Juni 2023

Auf dem Weg zu umfassenden Informationen zur  
Gefährdung durch Faserstäube am Arbeitsplatz

**Dr. rer. nat. Rolf Packroff**

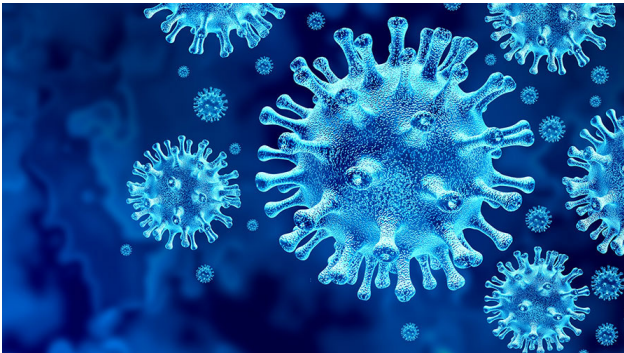
Wissenschaftlicher Leiter

Fachbereich 4 "Gefahrstoffe und Biostoffe"

**Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)**

# In Deutschland 2021 neu angezeigte Berufskrankheiten (Gesamtzahl: 232.206 Fälle)

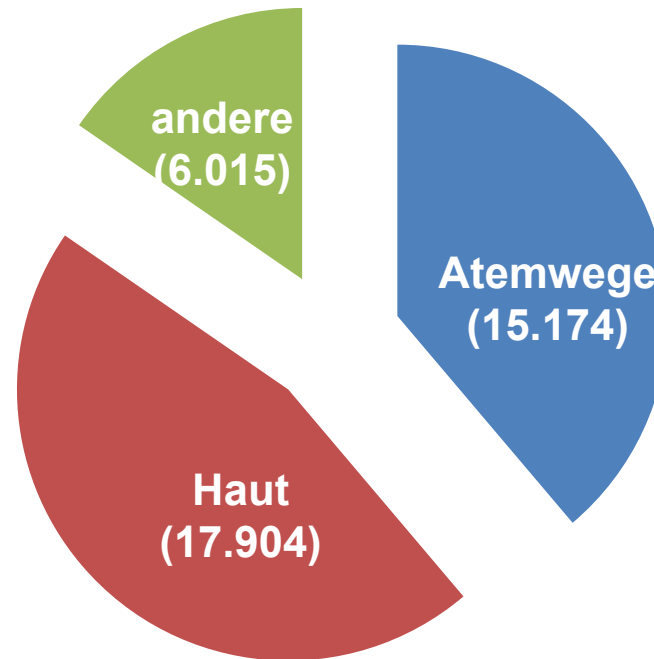
**Erkrankungen durch  
Infektionserreger  
(insbes. COVID-19)**



Quelle: Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2021 (BAuA)

# Etwas genauer: angezeigte Berufskrankheiten durch Gefahrstoffe

<b>Benzol</b>	<b>2.200</b>
Aromatische Amine	2.006
Benzo(a)pyrene	562
Metalle und Metalloide	416



<b>Asbest</b>	<b>9.539</b>
Quarzstaub	1.694
Allergene Stoffe	1.408

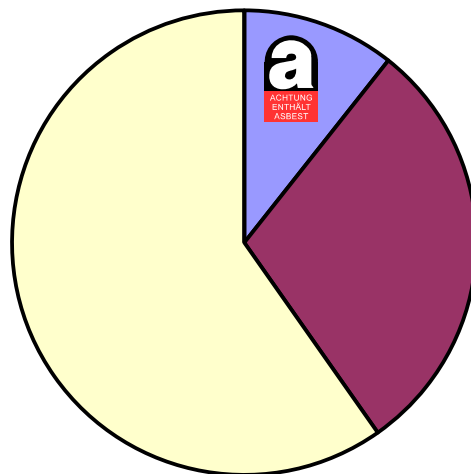
<b>Hautschädigende Stoffe (incl. H<sub>2</sub>O)</b>	<b>17.521</b>
Stoffe, die Hautkrebs auslösen Ruß, Rohparaffin, Teer, Anthrazen, Pech, ...	383

Quelle: Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit 2021 (BAuA)

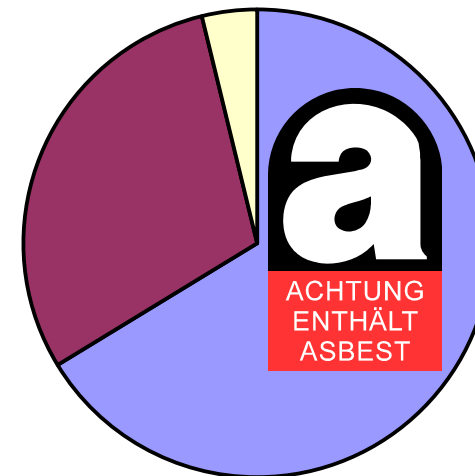
# Noch genauer: Asbest - 30 Jahre nach dem Verbot!



**angezeigte  
Berufskrankheiten**  
(ohne COVID-19)  
**insgesamt: 78.451**  
**chem. Stoffe: 39.039**  
**Asbest: 9.539**



**anerkannte  
Berufskrankheiten**  
(ohne COVID-19)  
**insgesamt: 23.888**  
**chem. Stoffe: 9.614**  
**Asbest: 2.545**

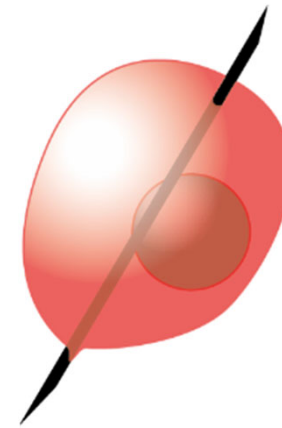
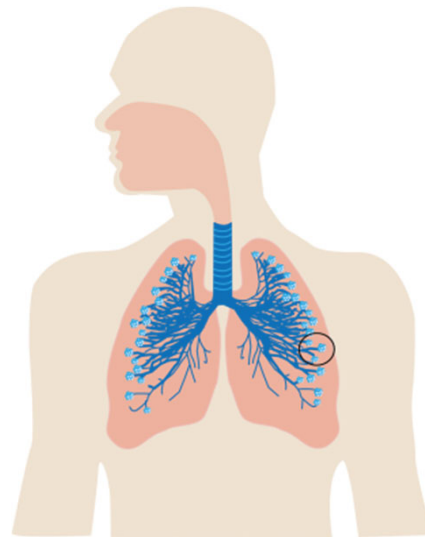
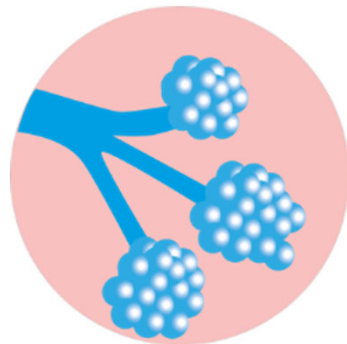


**Todesfälle, anerck. BK**  
(ohne COVID-19)  
**insgesamt: 2.559**  
**Stoffe: 2.397**  
**Asbest: 1.652 (!)**  
(vgl. Verkehrstote: 2.562)

# Gefahrstoffe sind nicht nur Chemikalien: auch chemisch inerte Partikel gefährden die Gesundheit

**Biobeständige** „körnige“  
Partikel reichern sich in den  
Lungenbläschen (Alveolen) an,  
hohe Belastungen führen  
zu Überladung

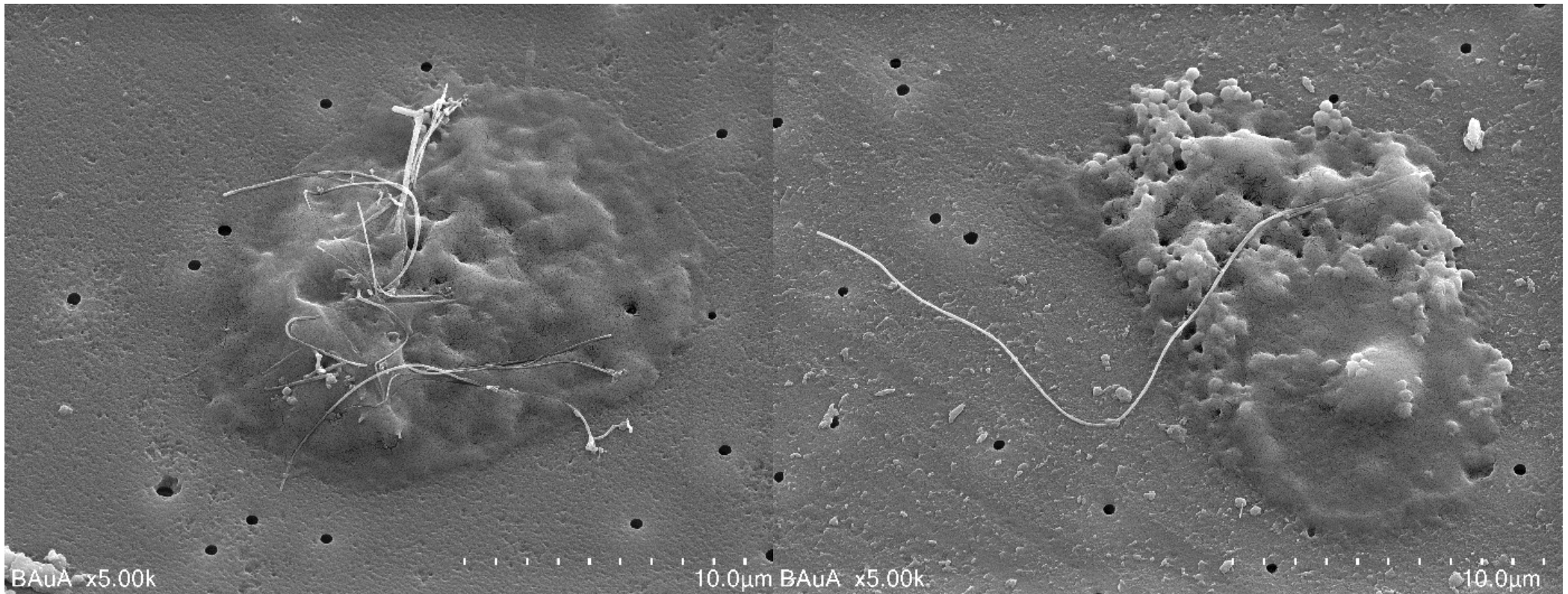
**„Staubproblem“**



**Biobeständige** „harte“ Fasern  
durchstechen die Fresszellen und  
können wandern

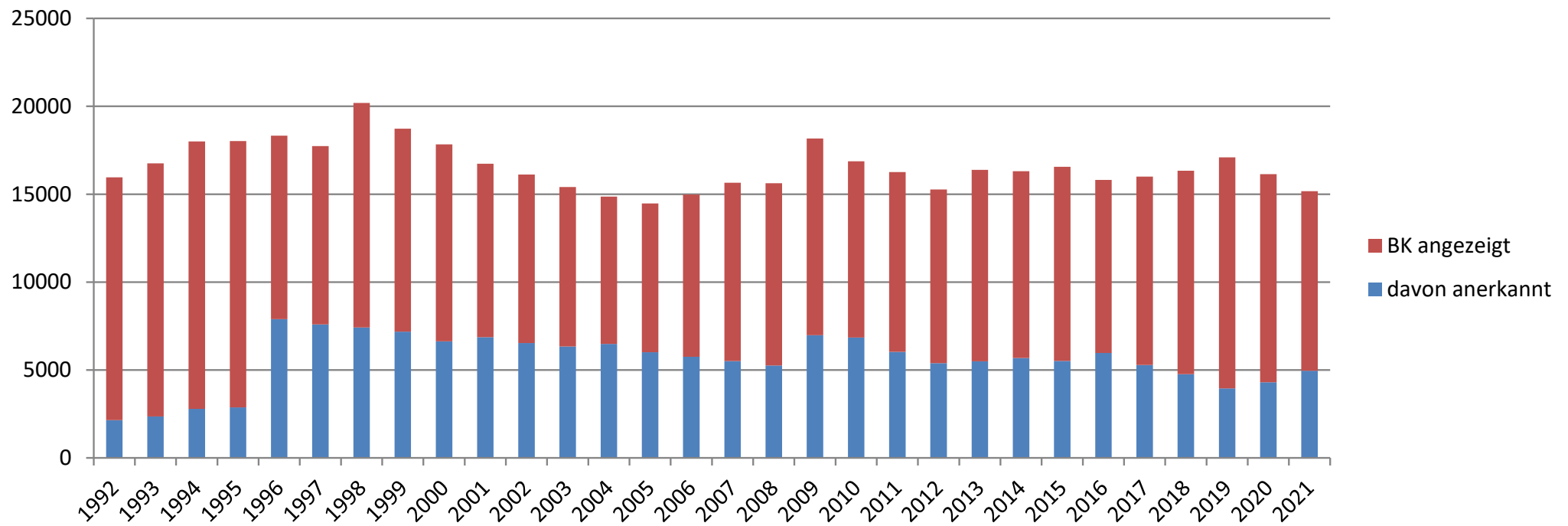
**„Faserproblem“**

## Fresszellen (Makrophagen) "kämpfen" mit Kohlenstoffnanoröhrchen



# Der Durchbruch im Arbeitsschutz steht noch aus ...

## Erkrankungen von Atemwegen, Lunge, Rippenfell, Bauchfell im Berufskrankheiten-Verfahren (Deutschland)



# Problem: Asbest im Baubestand





# Doch das Faserprinzip betrifft nicht nur Asbest!

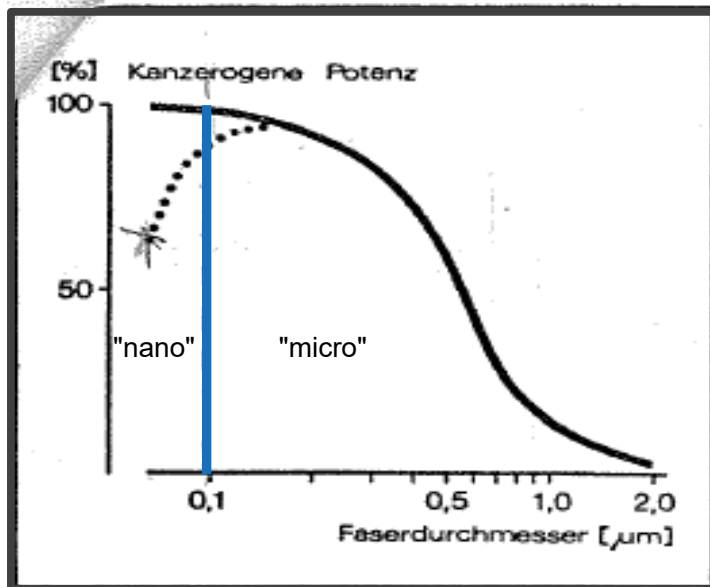


Abb. 4: Hypothese über die Abhängigkeit der kanzerogenen Potenz einer Faser vom Faserdurchmesser. (Bei konstanter Länge und gleichem Fasermaterial besitzen 5 Fasern von 1 µm Durchmesser etwa die gleiche kanzerogene Potenz wie 1 Faser von 0,5 µm Durchmesser.)

Pott, F †- Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Prävention 8 (1977)

## Faserprinzip: Pott, Stanton (1972)

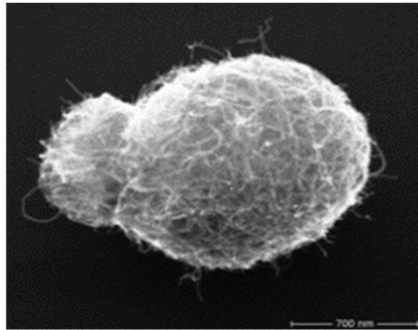
### "WHO-Fasern" (DE, TRGS 905: Faserstaub)

- **dünn** (unter 3 µm)
- **lang** (5 µm – ca. 100 µm)
- **gestreckt** (Länge/Durchmesser > 3/1)
- **biobeständig**

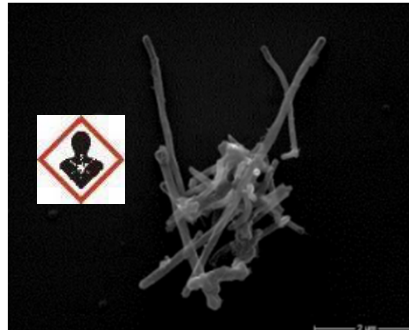
### Kritische Materialcharakteristika:

- **Fasermaterialien mit Faserdurchmessern < 3 µm**
- **Fasermaterialien mit Faserdurchmessern > 3 µm und Splitterbruch**

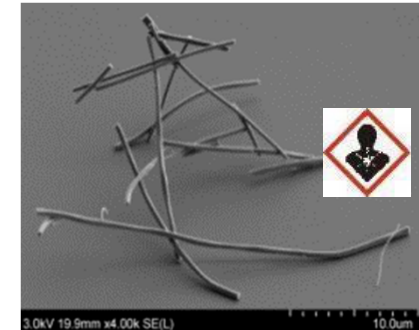
# Materialien mit Faserdurchmessern unter 3 $\mu\text{m}$



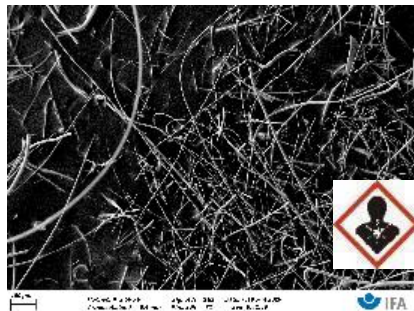
**(verknäulte) Multi-wall Carbon-Nanoröhrchen (MWCNT)**



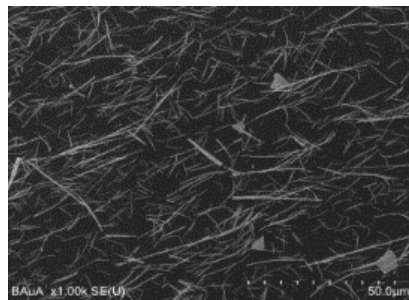
**(rigide) Multi-wall Carbon-Nanoröhrchen (MWCNT)**



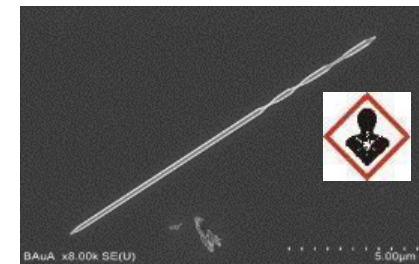
**Titandioxid-Fasern**



**(Biobeständige) Mineralwollen, Keramikfasern**



**Zinkoxid-Fasern**

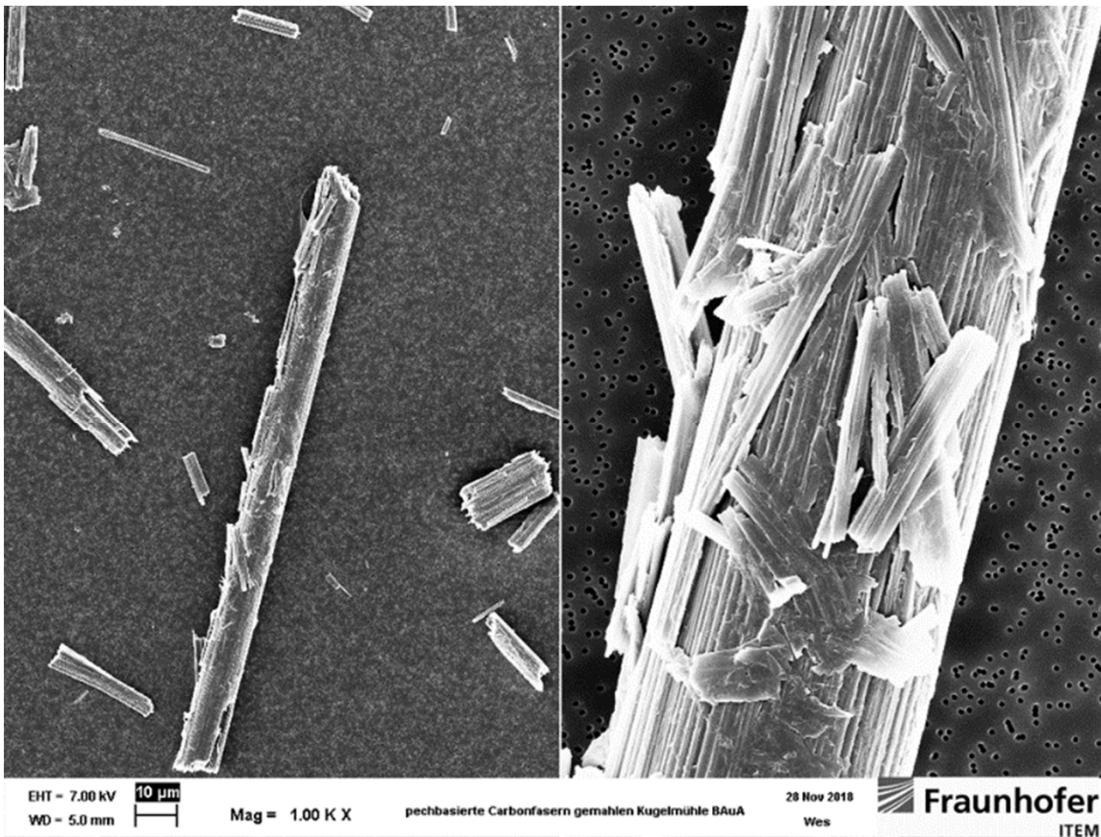


**Siliciumcarbid-Whisker**

...

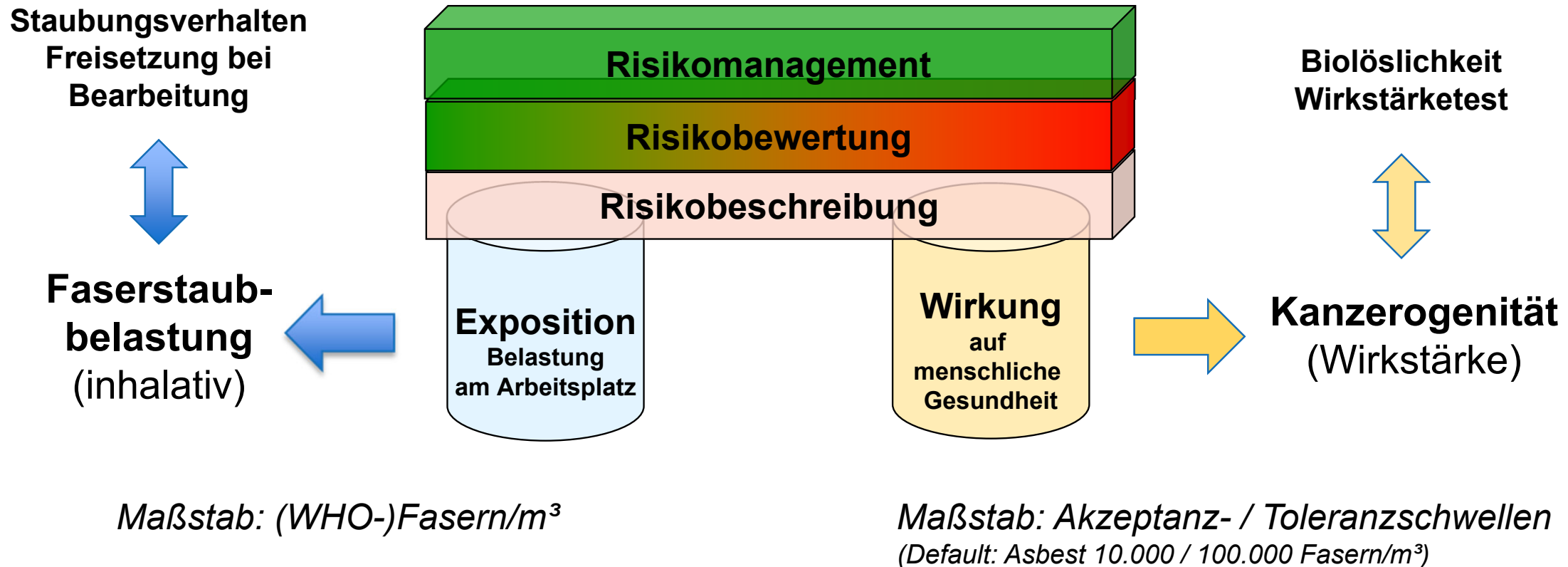
REM-Aufnahmen BAuA, IFA

# Splitterbruch bei einigen Carbonfasern



Nachfolgende  
Vorträge !!!

# Wie gefährlich sind Tätigkeiten mit diesen Materialien?



# Fasermaterialien /-stäube im Arbeitsschutzrecht

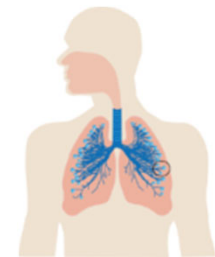
- Rechtsbegriff "**Gefahrstoff**" (EU: "gefährlicher chemischer Arbeitsstoff") deckt auch aus (**Faser-)Materialien freigesetzte Faserstäube** ab
- biopersistente (anorganische) Faserstäube sind in DE an Arbeitsplätzen als **krebserzeugend** zu behandeln (TRGS 905)

aber

- **Grenzwerte** (Akzeptanz- und Toleranzschwellen) gibt es in DE z. Z. nur für Asbest und Aluminiumsilikatfasern, die Akzeptanzschwelle Asbest wird auch für rigide Nanofasermaterialien als Bewertungsmaßstab empfohlen (TRGS 527), in der EU nur BOELV von 100.000 F/m<sup>3</sup> für Asbest (*Absenkung ist in Diskussion*).
- Bei der Gefährdungsbeurteilung werden **kritische Tätigkeiten** mangels Information häufig nicht erkannt.
- Die **Umsetzung von Arbeitsschutzvorschriften** in der großen Vielzahl von Mittel-, Klein- und Kleinstbetrieben ist (nicht nur in Deutschland) häufig defizitär.



**Arbeitgeber**



**Beschäftigte/r**

# Chemikalienrecht: Stoff, Gemisch, Erzeugnis

## **Stoff**

chemisches Element und seine Verbindungen

- in natürlicher Form oder
- gewonnen durch ein Herstellungsverfahren,
- einschließlich der zur Wahrung seiner Stabilität notwendigen Zusatzstoffe und der durch das angewandte Verfahren bedingten Verunreinigungen  
(aber mit Ausnahme von Lösungsmitteln, die von dem Stoff ohne Beeinträchtigung seiner Stabilität und ohne Änderung seiner Zusammensetzung abgetrennt werden können)

## **Gemisch**

Gemenge, Gemische oder Lösungen, die aus zwei oder mehr Stoffen bestehen

## **Erzeugnis**

Gegenstand, der bei der Herstellung eine spezifische Form, Oberfläche oder Gestalt erhält, die in größerem Maße als die chemische Zusammensetzung seine Funktion bestimmt“

# Stoff, Gemisch, Erzeugnis: Beispiele

## Stoff



- Aceton
- Talkum
- Glasfaser-haufgemenge
- MW-Carbonanotubes
- Keramikfasern (lose)

## Gemisch



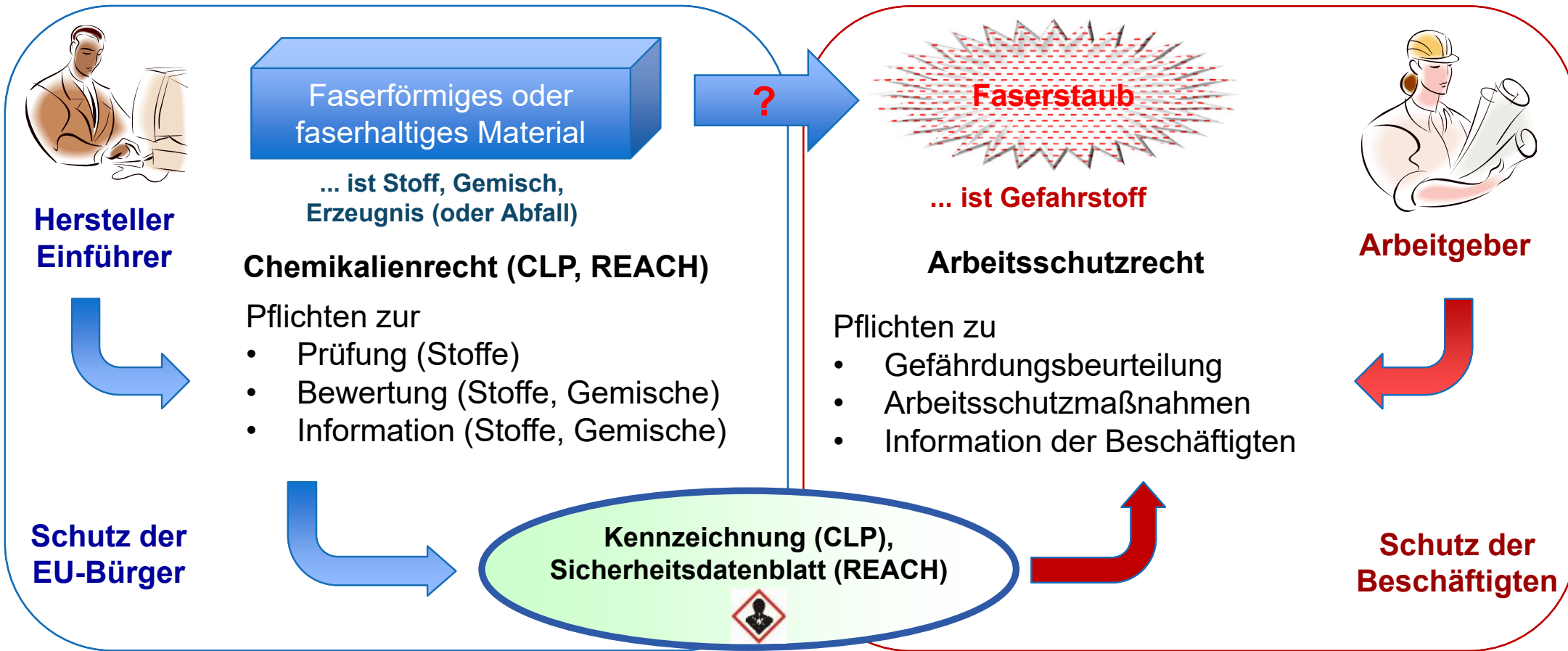
- Lack
- Puder
- lose Mineralwolle (mit Schlichte)
- 
- 

## Erzeugnis



- lackierter Schrank
- gepudertes Gummiartikel
- Mineralwolle-Matte
- Batterie
- Keramikfaser-Blankets

# Woher kommen die Gefährdungsinformationen?





# Fasermaterialien /-stäube im Chemikalienrecht

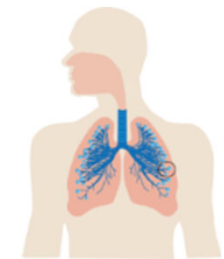
- Einige Materialien sind als **Stoffe** harmonisiert **als kanzerogen eingestuft**, z. B. Asbest, Erionit, Mineralwolle, Keramikfasern, Mikroglasfasern, Siliciumcarbid, ....
- Einige Materialien sind als **Stoffe** unter REACH **registriert**: Mineralwolle, Keramikfasern, Siliciumcarbid, Kohlefasern (nicht-grafitisch, grafitisch aus Gasphase), .....

aber:

- Kohärente Regelung schwierig, da Materialien im chemikalienrechtlichen Sinne **Stoffe, Gemische oder Erzeugnisse** sein können, hinzu kommt noch der von der Registrierung ausgenommene Sonderfall "**Polymere**" (*in Diskussion!*)
- **Fehlende Prüf-, Bewertungs- und Informationsanforderungen** für die Faserstaubproblematik
- Beschränkung der rechtlichen Konsequenzen einer Einstufung auf **inhalative Gefährdung** schwierig, mit der Folge **nicht angemessener Rechtsfolgen** (auch bei granulären Stäuben, vgl. Titandioxid)



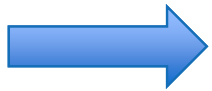
**Hersteller  
Einführer**



**Beschäftigte/  
Verbraucher  
Bürger**

# Defizite / Regelungslücken

- keine Informationspflicht bei **Erzeugnissen**
- keine spezifischen **Prüfanforderungen** zur Faserstaubkanzerogenität und -freisetzung
- fehlende / unzureichende Datenlage bei **neu entwickelten Materialien**

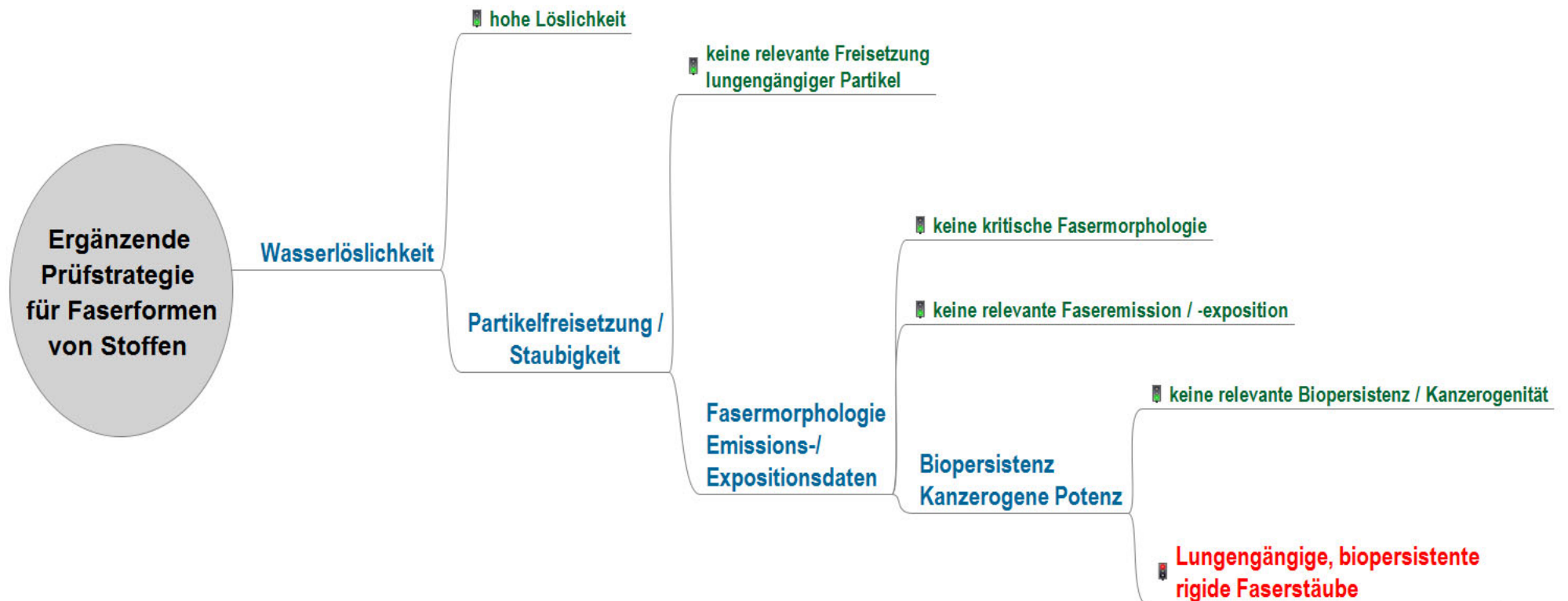


erschweren eine sachgerechte, risikobezogene Gefährdungsbeurteilung

R Risiko-  
M Management-  
O Options-  
A Analyse

Kohärente Integration des Faserprinzips  
in das EU-Chemikalienrecht unter  
Berücksichtigung der Rechtsfolgen in  
anderen gesetzlichen Anforderungen

# Ziel: Prüfpflichten für In-Verkehr-Bringer etablieren



## Welche Produktgruppen sind betroffen?

- Mineralwollen
- Keramikfasern
- Hochtemperaturglasfasern
- Mikroglasfasern
- Textilglasfasern
- Whisker
- Carbonfasern
- Kohlenstoffnanoröhrchen
- Organische Polymerfasern
- Sonstige Materialien, die Faserstäube freisetzen

Werden im Lebenszyklus Faserstäube freigesetzt?

Wie hoch ist die Faserstaubbelastung bei Tätigkeiten?

Wie hoch die die Biobeständigkeit der Fasern?

Gibt es Informationen zur kanzerogenen Wirkung und Wirkstärke?

Gibt es Informationen zur risikoarmen Gestaltung relevanter Tätigkeiten?

# Regulierungsmöglichkeiten

... für alle Materialien, die durch mechanische, thermische oder chemische Prozesse alveolengängige, biopersistente Faserstäube freisetzen können.

**Beschränkung (REACH)** für Inverkehrbringen und Verwendung, wenn eine sichere Verwendung nicht belegt werden kann

Ergänzende Anforderungen für die **REACH-Registrierung** der Faserformen von Stoffen (analog zu Nanoformen)

**Spezifische EU-Arbeitsschutzvorgaben** zum Schutz vor Stäuben und Faserstäuben, **Grenzwerte** (analog GefStoffV, Anhang 1. Nr. 2 "Partikelförmige Gefahrstoffe")

Verankerung des "**Faserprinzips**" im **UN-GHS** bzw. in der **EU CLP-Verordnung**

# Wie könnte "Faserform von Stoffen" definiert werden?

## Faserform eines Stoffes\*

ist die Form eines natürlichen oder hergestellten Stoffes, der vollständig oder teilweise als Fasern vorliegt, bei denen der **längengewichtete mittlere geometrische Durchmesser** abzüglich der zweifachen geometrischen Standardabweichung **kleiner ist als 6 µm**

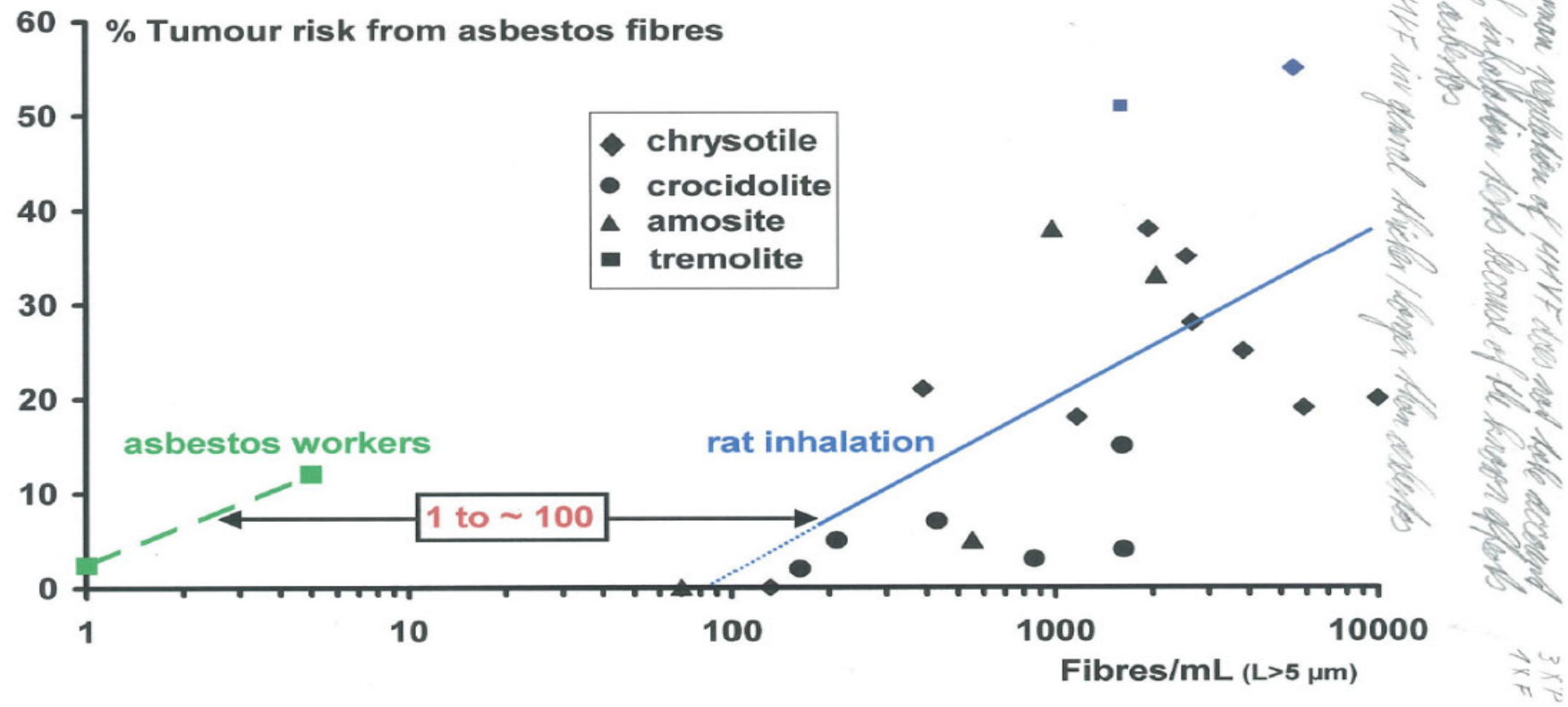
*\* angelehnt an die CLP-Kriterien für Mineralwollen und Keramikfasern (Anmerkung R)*

## mögliche Prüfverfahren

- Verfahren zur Messung des längengewichteten mittleren geometrischen Durchmessers von Fasern aus amorphen Mineralwollen (MMVF) (VERORDNUNG (EG) Nr. 761/2009 DER KOMMISSION zur Festlegung von Prüfmethoden gemäß REACH)
- Particle size distribution OECD TG 110 und analoge OECD TG 125 für den nanoskaligen Bereich (vorbereitet durch BAuA F 2428)

# Der für eine Einstufung als Kanzerogen vorgesehene Inhalationstest an Ratten ist zu unempfindlich!

BAuA / Dr. Peter Wardenbach (2000), s. auch TRGS 905 "Anorganische Faserstäube (außer Asbest)"



# Für Faserstaub spezifische Testmethoden

## Kanzerogene Wirkung und Wirkstärke

## Biopersistenz

bezeichnet eine hohe Verweildauer von alveolengängigen Stäuben im Körper. Bei alveolengängigen Faserstäuben kann die kanzerogene und fibrogene Wirkung mit der Biopersistenz der Faser zunehmen

## Intraperitonealer Injektionstest (Ratte)

TRGS 905 oder ECB/TM/18(97) rev. 1

## Intratracheale Instillation an der Ratte

TRGS 905 oder ECB/TM/27 rev. 7

## *Kurzzeit-Inhalationstest an der Ratte*

*ECB/TM/27 rev. 7*



**Je besser das Faserprinzip verstanden wird,  
desto weniger Tierversuche sind erforderlich ("grouping", "read-across")**

Bild: R. Packroff



## Ergebnis der RMOA "Stoffe in Faserform"

Vorschlag: Ergänzung der REACH-Verordnung zu einer **Beschränkung des Inverkehrbringens für biobeständige Fasermaterialien** mit Potenzial zur Freisetzung von Faserstäuben (entsprechend der WHO-Kriterien für Asbest)

- deckt Stoffe, Gemische und Erzeugnisse (!) ab (im Unterschied zur REACH-Registrierung oder -Zulassung)
- ermöglicht die Einführung einer faserspezifischen Prüfstrategie, mit der die Inverkehrbringer die sichere Verwendung im Lebenszyklus belegen können.

Nächste Schritte:

- Veröffentlichung durch die Europäische Chemikalienagentur ECHA
- Entwicklung des konkreten Regulierungsvorschlages

# Anwendungssichere Chemikalien und Materialien

BAuA Positionspapier

## Anwendungssichere Chemikalien, Materialien und Produkte gewährleisten

Ein Beitrag des Arbeitsschutzes zu "Safe and sustainably by design"

Rolf Packroff<sup>1</sup>

baua: Fokus

Mit der Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit beschreibt die Europäische Union eine wichtige Grundlage für die Umsetzung der globalen Entwicklungsziele der Vereinten Nationen. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf dem sicheren und nachhaltigen Design von Chemikalien und Materialien. Die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) trägt hierzu mit ihrem langfristigen strategischen Ziel "Anwendungssichere Chemikalien und Produkte gewährleisten" bei. Auch wenn der Schwerpunkt dieses Diskussionspapiers auf dem sicheren Arbeiten liegt, ist eine Verknüpfung mit dem Verbraucher- und Umweltschutz ausdrücklich erwünscht.

Inhalt

1	Einführung	1
2	Bedingungen für anwendungssichere Chemikalien, Materialien und Produkte	3
3	Drei Wege zu anwendungssicheren Lösungen	4
4	Eine Brücke schlagen vom Arbeitsschutz zur Nachhaltigkeit	4
	Literatur	6

### 1 Einführung

"Anwendungssichere Chemikalien und Produkte gewährleisten" ist eines von 4 strategischen Handlungsfeldern im Arbeits- und Forschungsprogramm 2022 - 25 der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA). Es wird durch eine Vielzahl von Aktivitäten in gesetzlichen Aufgaben, Politikberatung, Forschung und Entwicklung umflossen [1]. In Bezug auf chemische Risiken geht die Idee der "anwendungssicheren Chemikalien" auf die im Jahr 2002 gestartete Initiative "Neue Qualität der Arbeit" des Bundesarbeitsministeriums zurück. Im Mittelpunkt stand die Vision, dass Chemikalien von Herstellern und Importeuren in einer Form auf den Markt gebracht werden sollten, die Risiken für Mensch und Umwelt weitgehend ausschließt. Die auf Paracelsus zurückgehende Erkenntnis, dass "es allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist", bedeutet aber auch, dass eine Chemikalie nicht generell sicher sein kann. Die Exposition, z. B. am Arbeitsplatz, muss berücksichtigt werden. Eine verlässliche Aussage für "sicher" muss daher die Anwendungsbedingungen und die anwendenden Personen berücksichtigen. Deshalb haben wir den Begriff "anwendungssichere Chemikalien und Produkte" eingeführt. Die drei verschiedenen Pläne zur "Anwendungssicherheit" wurden auf der Grundlage des Arbeitsschutz- und Chemikalienrechts vor 20 Jahren definiert [2].

<sup>1</sup> Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

## Direkte Anwendungssicherheit

- Design der gefährlichen Eigenschaften von Chemikalien, Materialien und Produkten auf ein geringes Risiko

## Integrierte Anwendungssicherheit

- Design des Expositionspotenzials von Chemikalien, Materialien und Produkten auf ein geringes Risiko

## Unterstützte Anwendungssicherheit

- Design einer risikoarmen Anwendung von gefährlichen Chemikalien, Stoffen und Produkten

<https://www.baua.de/DE/Angebote/Publicationen/Fokus/Anwendungssicherheit.html>

# Wie schütze ich mich schon jetzt?

## Anwendungssichere Materialien

- Materialien mit hoher Biolöslichkeit
- auf Kanzerogenität negativ getestete Materialien
- emissionsarme Materialformen, z. B. Granulate, Materialien mit geringer Staubungsneigung



*informieren, informieren, informieren, ....*

## Sicher gestaltete Tätigkeiten

- Maßnahmen für "Partikelförmige Gefahrstoffe"
- Herstellerinformationen und -programme nutzen
- erhöhte Vorsicht bei neuartigen Fasermaterialien
- Wirksamkeit der Maßnahmen ggf. durch Faserstaubmessungen überprüfen (200 nm - Grenze beachten!)



Vielen Dank!

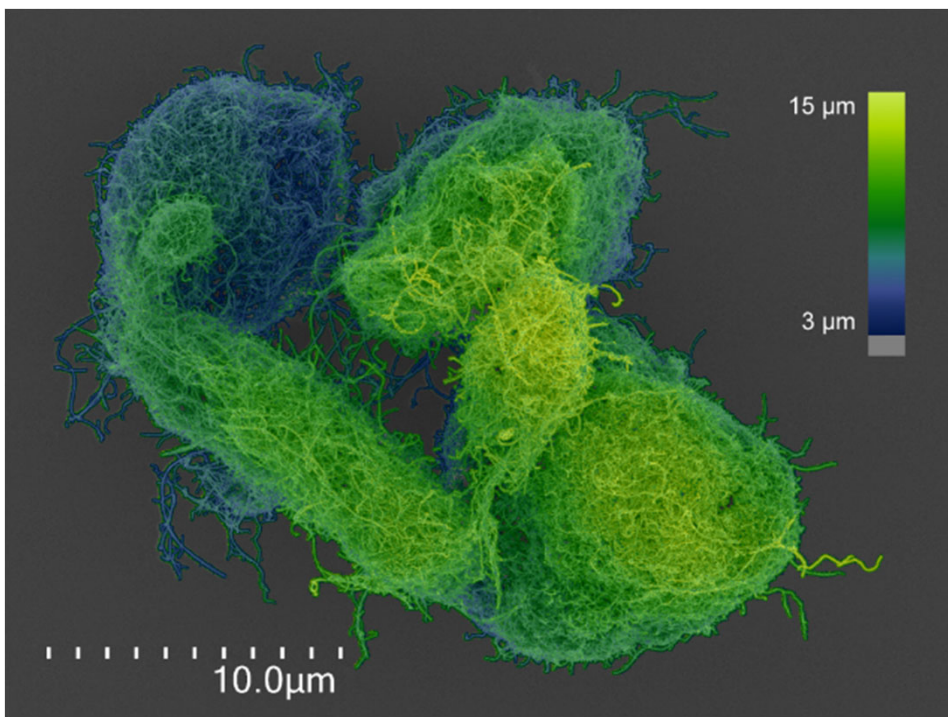


Foto: REM-Aufnahme (coloriert), BAuA