

# Hochtemperaturwollen

**Chancen nutzen –**

**Risiken vermeiden**

 **BASF**

The Chemical Company

**Prof. Dr. Herbert F. Bender,  
BASF SE, Ludwigshafen**

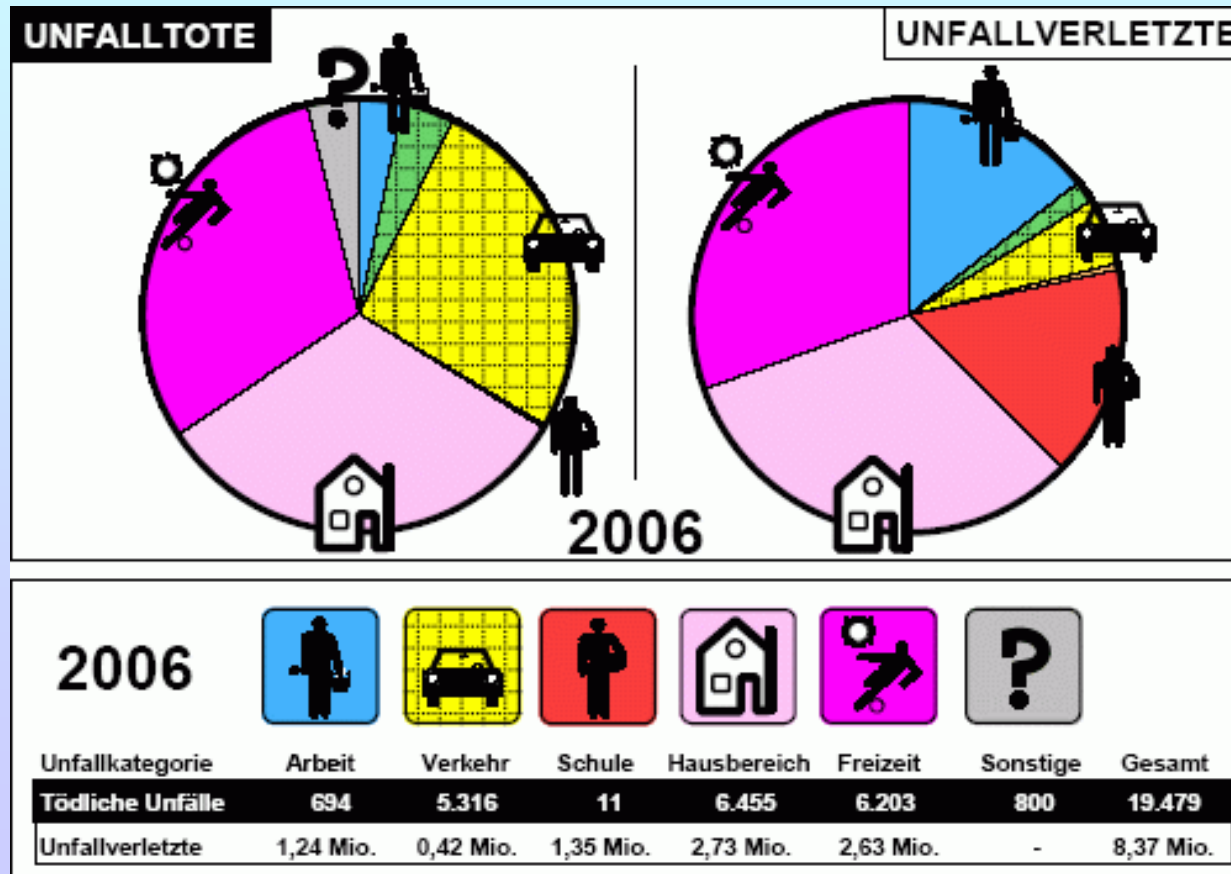
# Quo vadis, Germania?

Nullrisiko am Arbeitsplatz	–	Ziel staatlichen Handelns?
Verantwortung des Individuums	↔	Kollektivverantwortung
Eigenverantwortung für die Gesellschaft	↔	gesellschaftliche Verantwortung für den Einzelnen
Pflichten des Staates	↔	Wahrung der Privatsphäre
Pflichten des Individuums	↔	Gemeinschaftssinn?
Partikularinteressen	↔	übergeordnete Aufgaben/Pflichten

# Sind Risiken für den Einzelnen zumutbar?

300.000 Kinder verunglücken jährlich beim Rutschen, Spielen ...

Risiken Freizeit im Vergleich zum Arbeitsplatz: Statistik der BAuA



# Grenzen der Verantwortlichkeit?

Unfallverletzungen in Heim- und Freizeit 2000

Alter	Männer				Frauen				Gesamt			
	Unfälle absolut in Tsd. <sup>1)</sup>	%	Bevölkerung in Tsd.	Quote <sup>2)</sup>	Unfälle absolut in Tsd. <sup>1)</sup>	%	Bevölkerung in Tsd.	Quote <sup>2)</sup>	Unfälle absolut in Tsd. <sup>1)</sup>	%	Bevölkerung in Tsd.	Quote <sup>2)</sup>
< 15 Jahre	347	12,5	6.557	53	224	8,6	6.220	36	571	10,6	12.777	45
15 - 24 Jahre	523	18,8	4.729	111	323	12,5	4.528	71	846	15,8	9.257	91
25 - 34 Jahre	514	18,5	5.972	86	342	13,3	5.661	60	856	16,0	11.633	74
35 - 44 Jahre	548	19,7	6.994	78	438	17,0	6.628	66	986	18,4	13.622	72
45 - 54 Jahre	309	11,1	5.382	57	359	13,9	5.300	68	668	12,5	10.682	63
55 - 64 Jahre	304	11,0	5.235	58	395	15,3	5.359	74	699	13,0	10.594	66
65 Jahre und älter	231	8,3	5.287	44	503	19,5	8.407	60	734	13,7	13.694	54
<b>Summe / Durchschnitt</b>	<b>2.776</b>	<b>100,0</b>	<b>40.156</b>	<b>69</b>	<b>2.584</b>	<b>100,0</b>	<b>42.103</b>	<b>61</b>	<b>5.360</b>	<b>100,0</b>	<b>82.259</b>	<b>65</b>
< 6 Jahre	93	3,4	2.421	39	60	2,3	2.296	26	153	2,9	4.717	32
6 - 14 Jahre	254	9,1	4.136	61	164	6,3	3.924	42	418	7,8	8.060	52
< 18 Jahre	560	20,2	7.955	70	367	14,2	7.545	49	927	17,3	15.500	60

69

61

**BASF SE 2007**  
**Arbeitsunfälle/1.000 MA: 2,7**

Stichprobe: 3.519; Hochrechnung 5,36 Mio  
 1) hochgerechnet  
 2) Unfälle / 1000 Einwohner

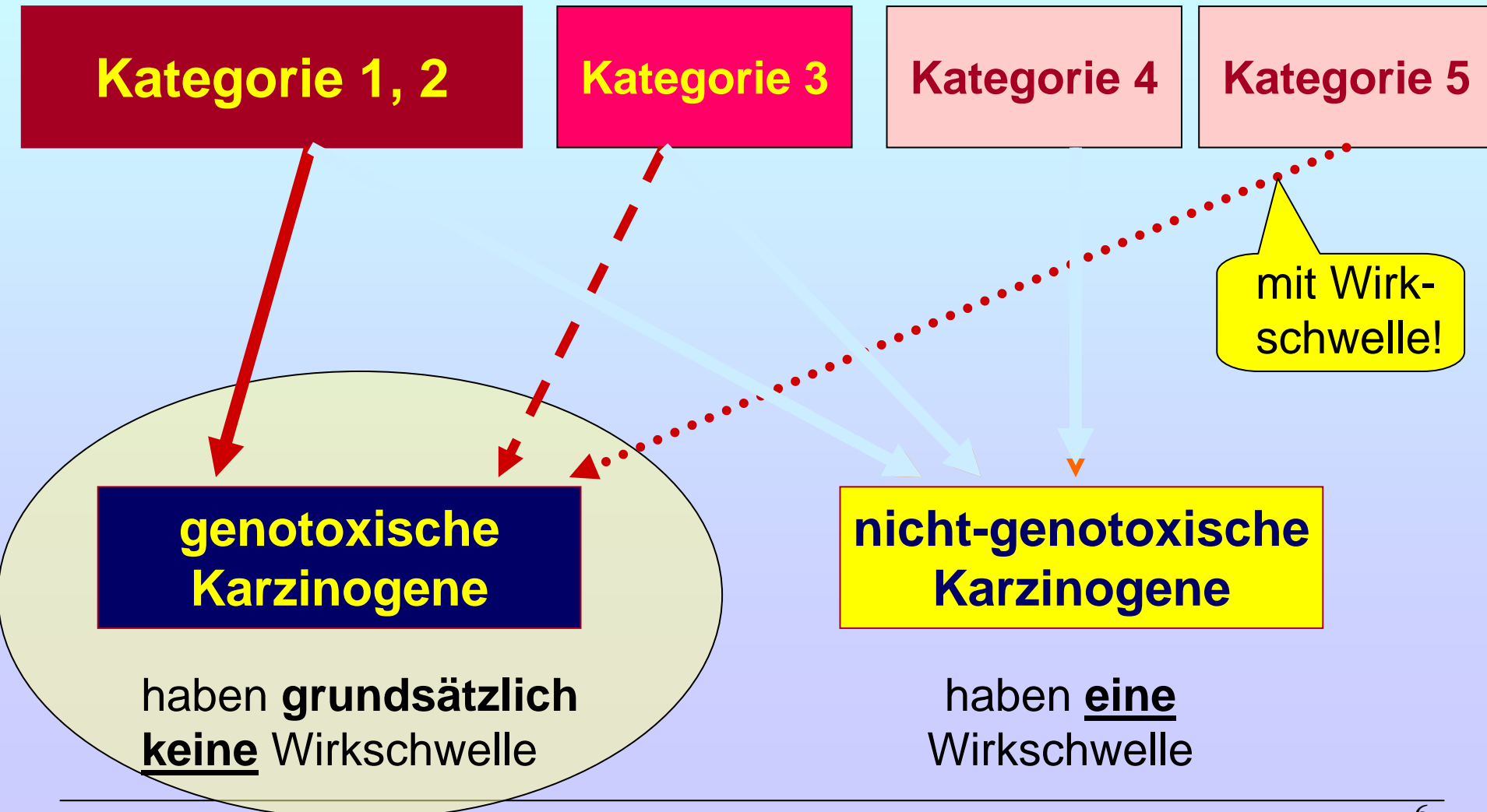
Quelle: BAuA

# Risiken am Arbeitsplatz

- **Können Risiken am Arbeitsplatz überhaupt ethisch zugemutet werden?**
- **Bestandsaufnahme: Welchen Risiken sind Arbeitnehmer am Arbeitsplatz ausgesetzt?**
- **Gibt es „Gute“ und „Schlechte“ Risiken?**
- **Ist der gleiche Arbeitsunfall in der Branche X anders zu bewerten wie in Branche Y?**
- **Wie sind chemische Risiken im Vergleich zu anderen Risiken mit gleichem Schweregrad einzuordnen?**

# Chemische Karzinogene

Sind alle chemischen Karzinogene gleich zu behandeln?



# Beurteilung: Risiken der Allgemeinbevölkerung bezüglich krebserzeugender Stoffen

## LAI-Empfehlung 1992:

→ Ausgangspunkt: Summe der 5 wichtigsten Umweltkarzinogene

Stadtbevölkerung: **1: 1.000/Lz** ⇒ 1 : 70.000/a

Landbevölkerung: **1 : 5.000/Lz** ⇒ 1 : 350.000/a

Beziehung zwischen

- Lebenszeitrisiko für Allgemeinbevölkerung (Lz) und
- Arbeitslebenszeitrisiko (Alz) für exponierte Arbeitnehmer
  - ⇒ 70 a vs. 40 a,
  - ⇒ 24 h vs. 8 h,
  - ⇒ Populationsunterschiede  $f = 2-3$

Gesamtfaktor: 11 - 16

## Zulässig nach Strahlenschutzverordnung

→ Strahlenbelastung 20 mS/a

Zusätzliches Krebsrisiko: **4: 100/ALz** ⇒ 1 : 1.000/a

## Natürliche Strahlenbelastung

→ Strahlenbelastung 1 mS/a

Zusätzliches Krebsrisiko: **4: 1.000/Lz** ⇒ 5 : 100.000/a



# Todesfallrisiken in bestimmten Wirtschaftszweigen

Landwirtschaft	<b>1 : 811 /ALz</b>	1 : 12.984/a
Bauwirtschaft	<b>1: 1.340/ALz</b>	1 : 21.438/a
Bergbau	<b>1 : 910/ALz</b>	1 : 14.564/a
Einzelhandel	<b>1 : 6.250/ALz</b>	1: 100.000/a

Quelle: DGUV

# Risiken im täglichen Leben

Arsen im Trinkwasser (10 µg/l) **5 : 10.000/Lz**

Dioxin in Lebensmittel (2 pg Teq/kg) **3 : 10.000/Lz**

Dieselruß (5 ng BaP/m<sup>3</sup>) **2 : 10.000/Lz**

Cadmium im Schwebstaub **0,6 : 10.000)Lz**

Quelle: BMU

# Röntgenuntersuchungen

Art der Untersuchung	Risiko
Hand, Zahn, Knochendichtemessung	1 : 10 Millionen
Ellenbogen, Knie	1 : 1 Million
Lunge, Halswirbelsäule, Schädel	1 : 100 000
Brustwirbelsäule, Hüfte, Mammographie	1 : 40 000
Lendenwirbelsäule, Bauchraum (Übersicht), Venendarstellung, Harntrakt, Computertomographie (CT) des Kopfes	1 : 10 000
Magen und Dünndarm (mehrere Aufnahmen + Durchleuchtungen, CT der Wirbelsäule	1 : 2 000
Dickdarm und Schlagader (mehrere Aufnahmen + Durchleuchtungen), CT-Brustkorb, CT-Bauchraum	1 : 1 000

Zusätzliches Mortalitätsrisiko bei einmaliger Röntgenuntersuchungen

Quelle: Prof. Jung, Uni Hamburg

# Allgemeinbevölkerung

**Für Allgemeinbevölkerung akzeptiert:**

→ u. a. DECOS

**1: 1.000.000/Lz**       $\Rightarrow 1 : 70.000.000/a$

→ umgerechnet auf Arbeitsplatzsituation

(70 a vs. 40 a, 24 h vs. 8 h, Populationsunterschiede  $f = 2-3$ )

**2,4 : 100.000/ALz**       $\Rightarrow 1 : 5.000.000/a$

## Festlegung unterschiedlicher Maßnahmenkonzepte

### → oberhalb Toleranzgrenze

#### **Toleranzrisiko:**

Schwelle, bis zu der Risiken toleriert werden und oberhalb derer Arbeitnehmer nicht exponiert werden sollen

### → zwischen Akzeptanz- und Toleranzschwelle

zunehmender Druck zur Durchführung der Maßnahmen bei abnehmendem Abstand zur Toleranzschwelle

### → unterhalb Akzeptanzgrenze

#### **Akzeptanzrisiko:**

Risiko am Arbeitsplatz, bei dem aufgrund des verbleibenden niedrigen stofflich-assoziierten zusätzlichen Krebsrisikos keine weiteren zusätzlichen Schutzmaßnahmen von staatlicher Seite zu fordern sind.

# Risikogrenzen

**Toleranzgrenze:            4 : 1.000 ALz                            1 :    250**

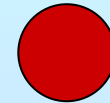
**Akzeptanzgrenze**  
**längstens bis 2017:    4 :   10.000 ALz                            1 :   2.500**

**frühestens ab 2013,**  
**spätestens ab 2018:    4 : 100.000 ALz                            1 : 25.000**

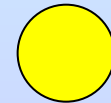
# Maßnahmenkonzept

## Einteilung in 3 Risikobereiche:

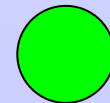
**Hohes Risiko:** oberhalb Toleranzgrenze



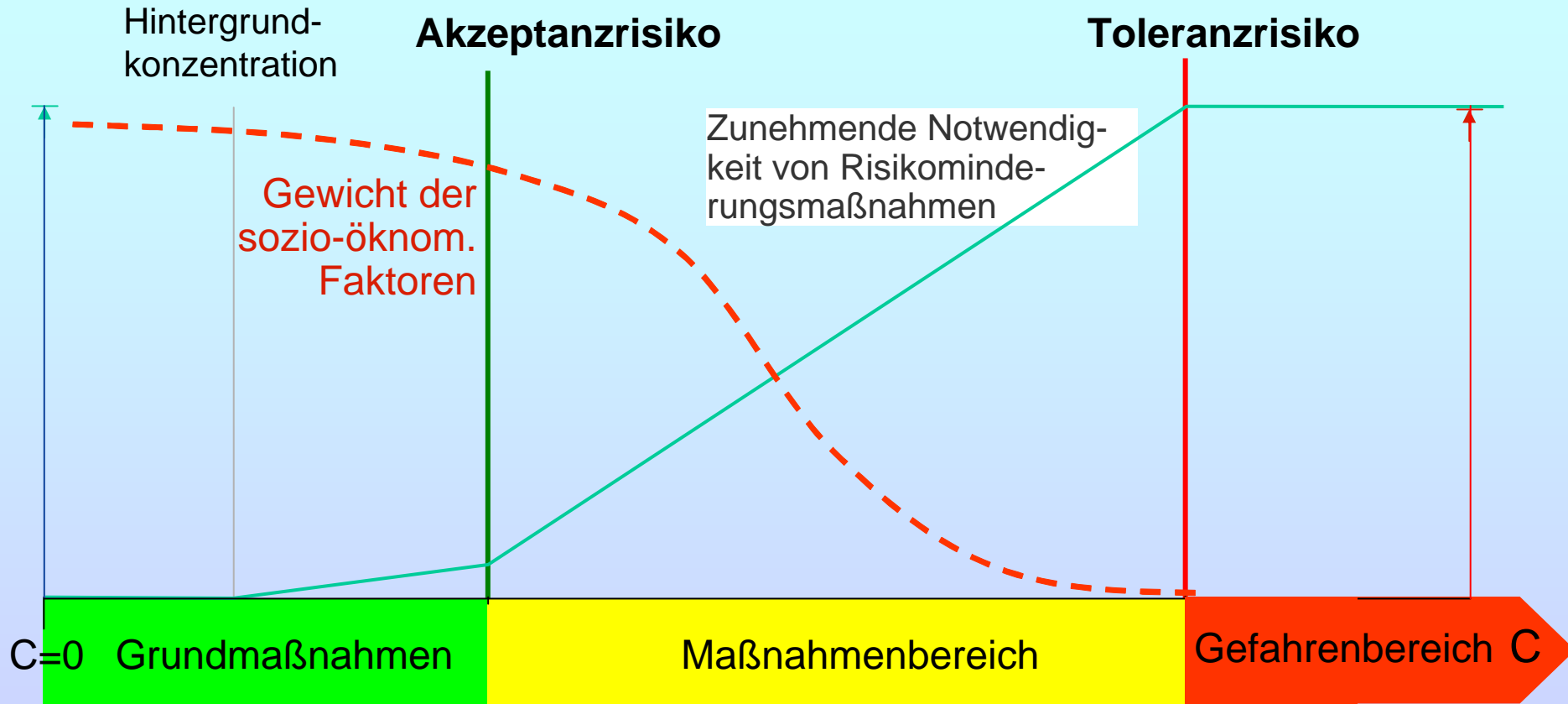
**Mittleres Risiko:** zwischen Akzeptanz- und Toleranzgrenze



**Niedriges Risiko:** unterhalb Akzeptanzgrenze



# Priorisierung der Maßnahmenoptionen im Risikokontinuum



C = Konzentration in der Luft am Arbeitsplatz



# Krebsrisiken von Faserstäuben

## → Problemstellung:

⇒ erfüllen die Fasern die WHO-Definition?

⇒ Anteil besonders kritischer Fasern:

Länge > 20  $\mu\text{m}$

Durchmesser deutlich kleiner 1  $\mu\text{m}$

⇒ **Konzentration granulärer Partikel**

⇒ Overload? (Konzentration > 10  $\text{mg}/\text{m}^3$ )

⇒ **Übertragbarkeit der Ergebnisse unterschiedlich biopersistenter Fasern von Tier auf Mensch**

⇒ **Relevanz tierexperimenteller Expositionswege**

⇒ intraperitoneal?

⇒ intratrachial?

⇒ Instillation?

⇒ **Inhalation**

# Krebsrisiko von Asbest

**Berechnungsbasis: Unit-Risk-Model der US-EPA**

$$\Rightarrow 2,3 \times 10^{-1} \text{ F/ml} = 230 \text{ F/m}^3$$

**bei kontinuierlicher 70jähriger Exposition**

**Umgerechnet auf Arbeitsplatzsituation nach Wardenbach:**

→ **Expositionsdauer: 35 Jahre**

→ **220 Tage pro Jahr**

→ **täglich 8 Stunden**

**Zusätzliches Krebsrisiko bei 15.000 F/m<sup>3</sup>**

$$\Rightarrow 5 \times 10^{-4}$$

# Untersuchungen zur Wirkung von RCF - Inhalationstest -

**Tierexperimentelle Studien mit RCF1:**

**Signifikante erhöhte Tumorrates ab**

**→ ~ 187.000.000 F/m<sup>3</sup>**

**Aber:**

**Konzentration granulärer Partikel**

**→ ~ 30 mg/m<sup>3</sup>**

**⇒ Resultat: signifikanter Overload der Lunge!**

**⇒ Tumorbildung resultiert in erheblichem Ausmaß zusätzlich aus Partikelexposition**

# Inhalationstests bei RCF-Stäuben

**Ergebnisse bei gleicher Faserkonzentration, aber niedrigerer Konzentration an granulären Partikeln (RCF1a)**

**→ Keine Blockade der Clearance**

**Tumorrisiko bei arbeitstäglicher Exposition über gesamtes Arbeitsleben**

**→ bei 1 F/ml = 1 Mio F/m<sup>3</sup> = 1.000.000 F/m<sup>3</sup>**

**→ Zusätzliches Krebsrisiko: 1 : 5 x 10<sup>-5</sup> (1 Person von 20.000)**

Quelle:

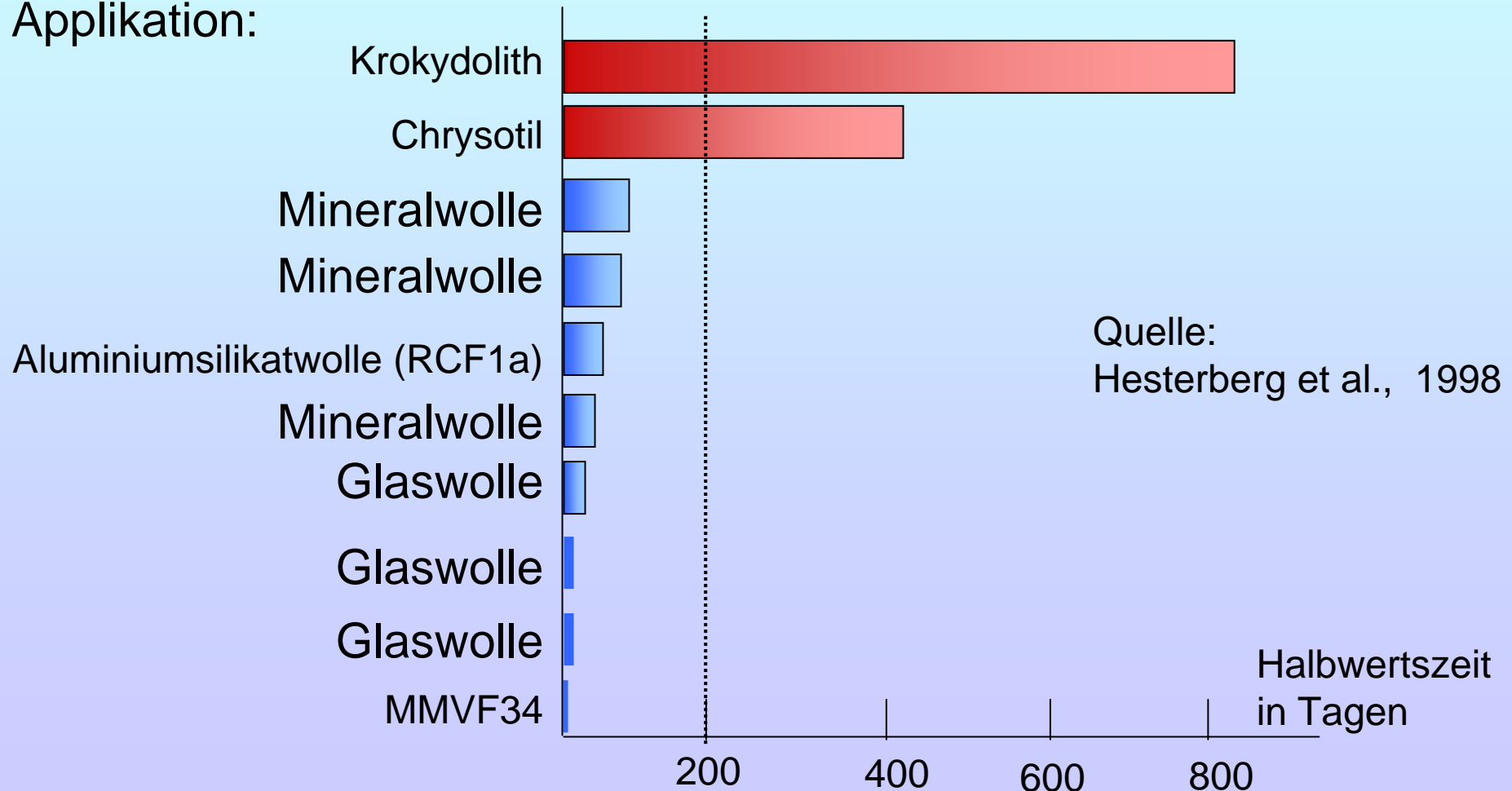
Brown, Bellmann, Muhle, Davis in

Annals of Occupational Hygiene Advance Access, Jan. 2005

# Einfluss der Biopersistenz

Das krebserzeugende Potential wird wesentlich von der Biopersistenz bestimmt!

Mittlere Lebensdauer unterschiedlicher Fasern bei intratrachealer Applikation:



# Übertragbarkeit Tierversuche auf Menschen

Berry 1999 (Inhalationsversuche)

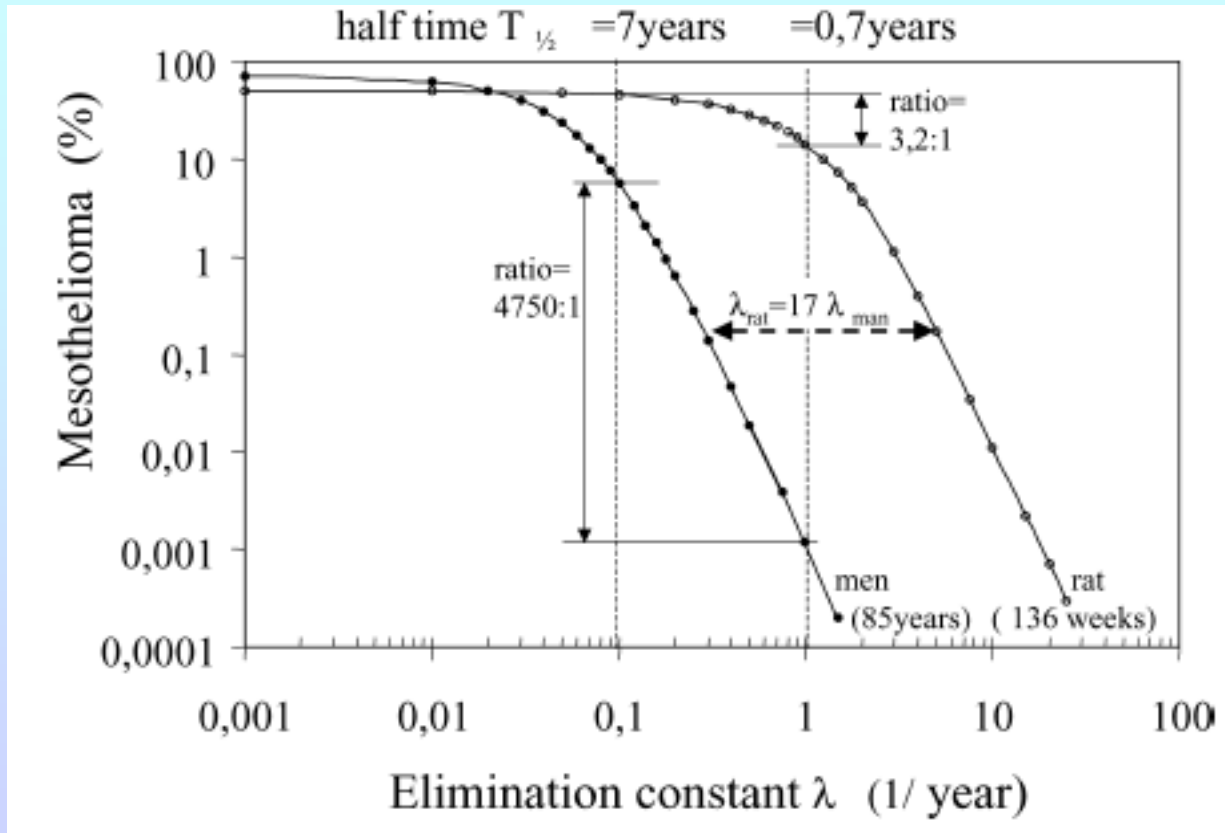
*Eine Faser mit einer biologischen Halbwertszeit von 2 Jahren würde in der Rattenlunge über die ganze Lebenszeit resident sein, aber nur zu einem kleinen Teil beim Menschen!*

**Konsequenz:**

**→ Ratte ist mindestens 17 mal empfindlicher als der Mensch**

# Halbwertszeiten von RCF

Einfluss der Halbwertszeiten auf das Tumorrisiko bei Inhalationstests



Quelle:  
Rödelsperger

**Ergebnis:**

→ Bei einer 17fach längeren Halbwertszeit resultiert ein mehr als **tausendfach** niedrigeres Tumorrisiko!

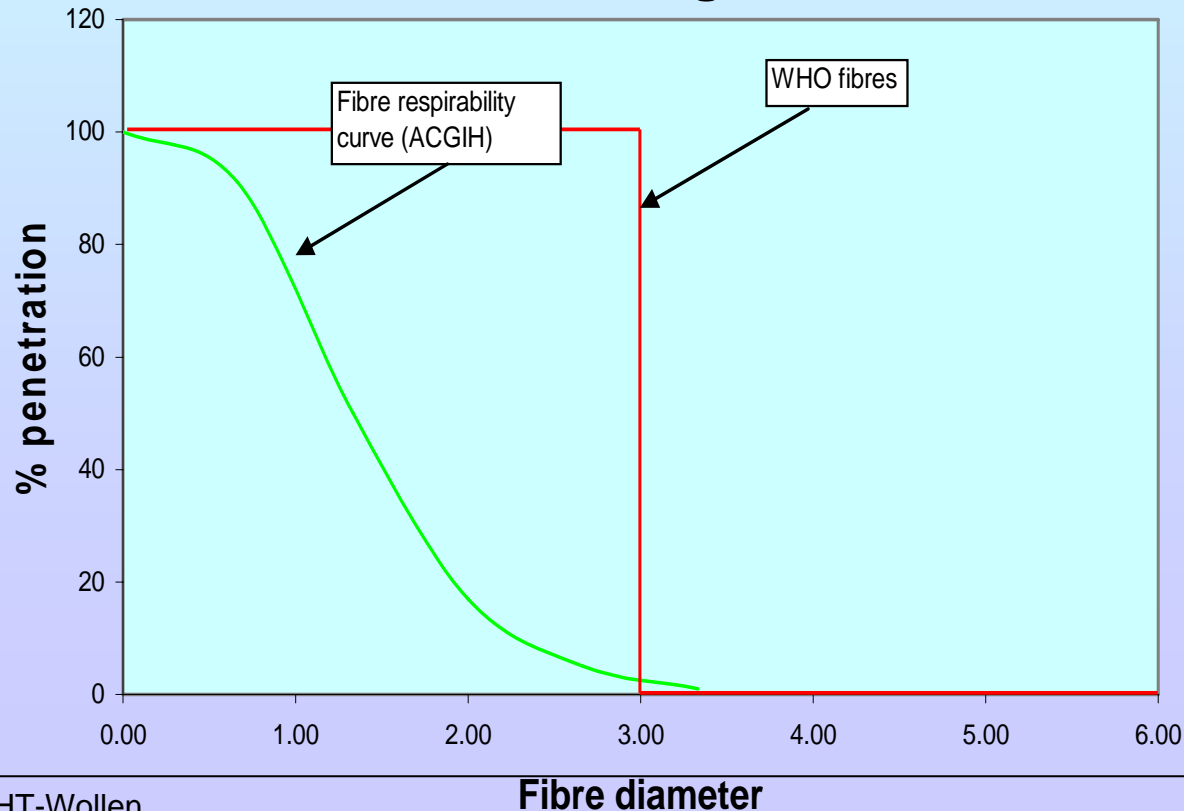
# Risikomodelle auf Basis i.p.-Tests

Fasertyp	TD25 i.p. [10 <sup>9</sup> Fasern]	Faktor relativ zu Krokydolith	Risiko relativ zu Krokydolith	Risiko pro 1 F/mL (35 J. Arbeitsplatz)
<b>Krokydolith, S.A. (1995)</b>	0,011	0,9	1,0909	<b>4 : 100</b>
<b>Krokydolith, S.A. (1987)</b>	0,015	1,3	0,8000	<b>3 : 100</b>
<b>Silicon carbide</b>	0,031	2,6	0,3871	<b>1 : 100</b>
<b>Glass M 104/475</b>	0,12	10,0	0,1000	<b>4 : 1.000</b>
<b>Potassium titanate</b>	0,165	13,8	0,0727	<b>3 : 1.000</b>
<b>Ceramic, Fiberfrax II</b>	0,0093	0,8	1,2903	<b>5 : 100</b>
<b>Ceramic, Fiberfrax I</b>	0,015	1,3	0,8000	<b>3 : 100</b>
<b>Ceramic, Manville</b>	0,019	1,6	0,6316	<b>2 : 100</b>
<b>Ceramic, Fiberfrax</b>	0,031	2,6	0,3871	<b>1 : 100</b>
<b>Rockwool, Sweden</b>	0,014	1,2	0,8571	<b>3 : 100</b>
<b>Basalt, G+H</b>	0,016	1,3	0,7500	<b>3 : 100</b>
<b>MMVF-21 (stone)</b>	0,032	2,7	0,3750	<b>1 : 100</b>
<b>MMVF-11 (glass)</b>	0,28	23,3	0,0429	<b>2 : 1.000</b>
<b>M-stone</b>	0,31	25,8	0,0387	<b>1 : 1.000</b>
<b>MMVF-22 (slag)</b>	0,82	68,3	0,0146	<b>1 : 1.000</b>
<b>Glass B-01-0.9</b>	11	916,7	0,0011	<b>nicht eingestuft</b>

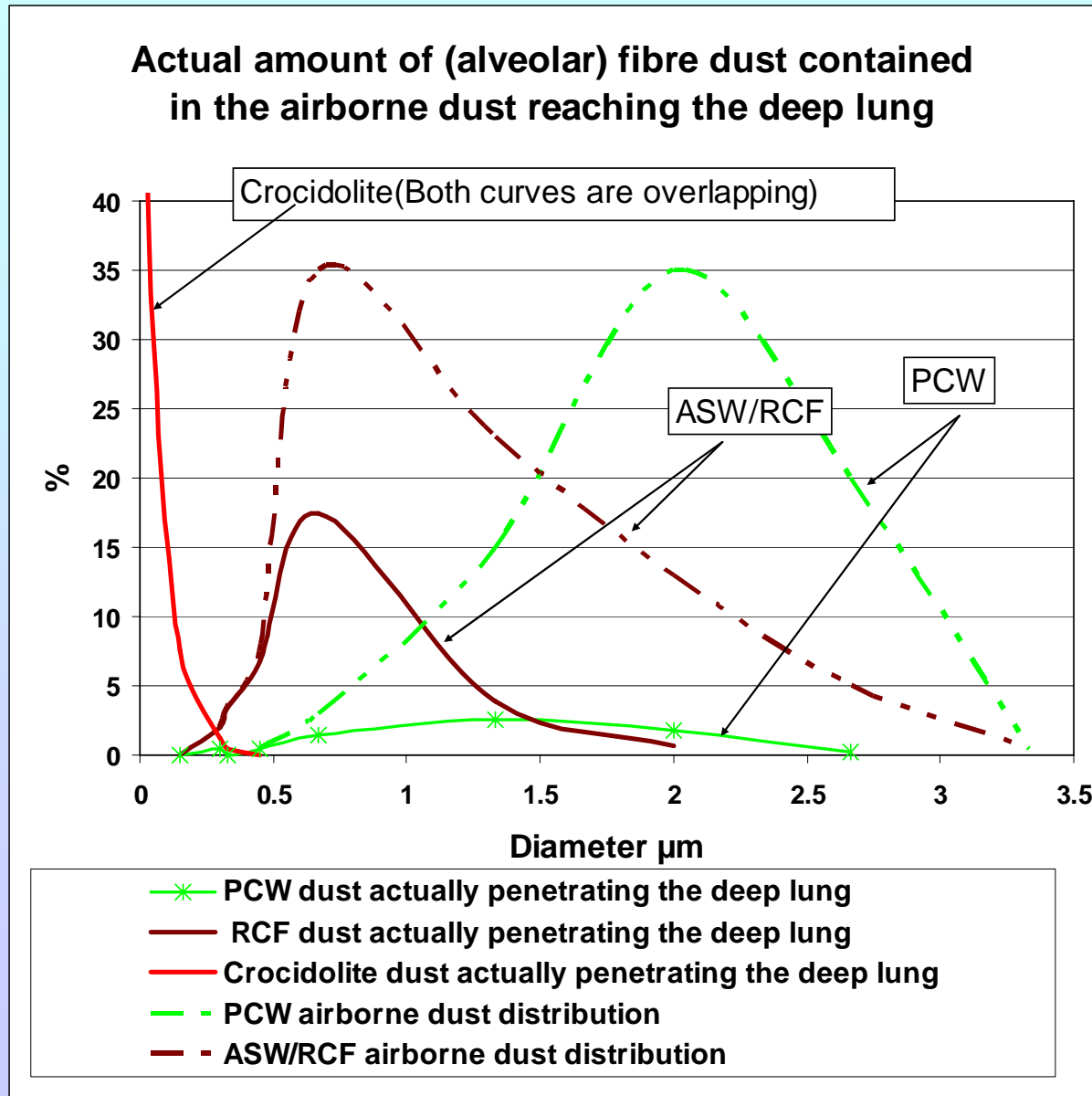


# Einfluss der Faserdurchmesser

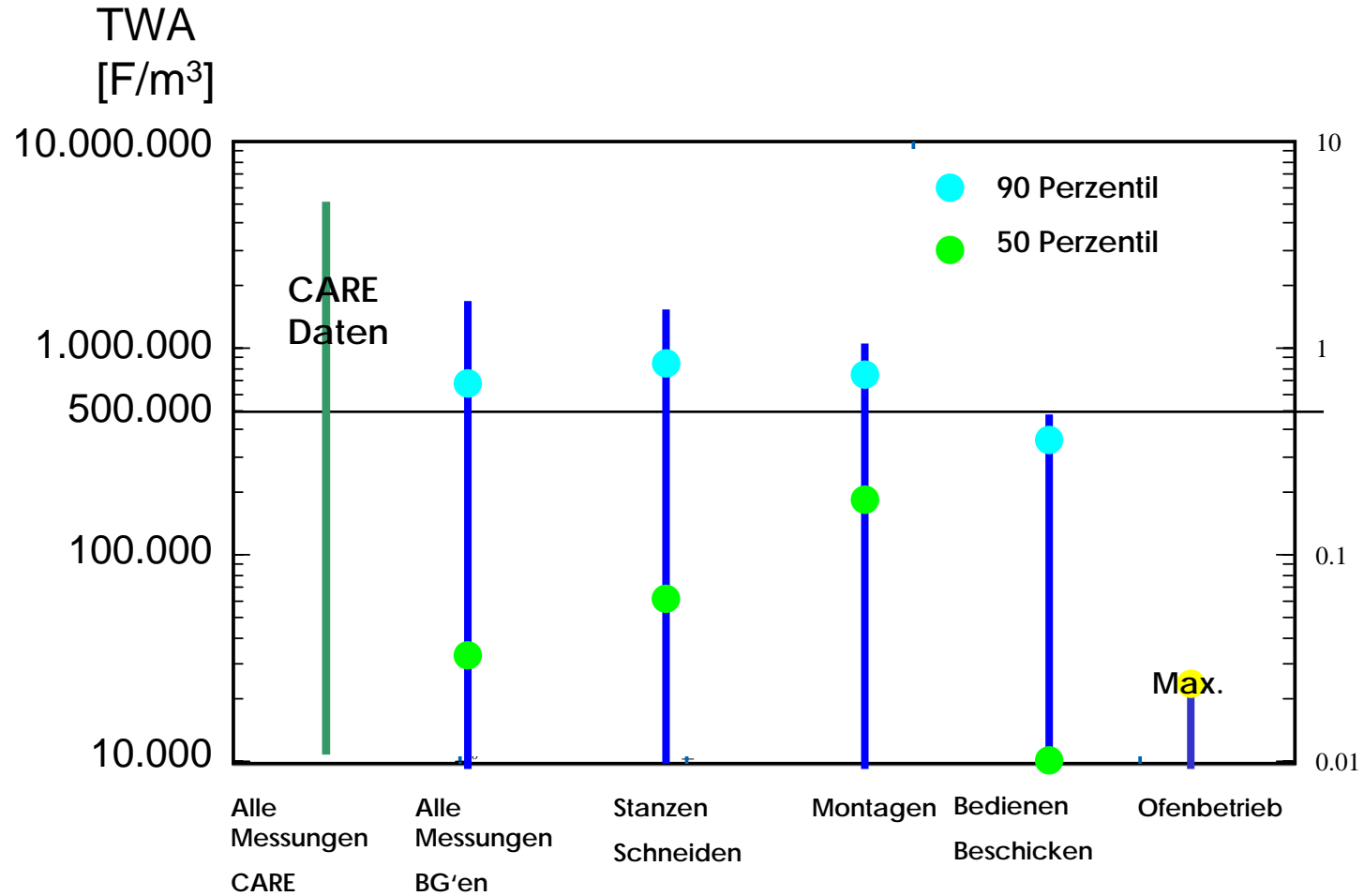
- Die alveolare Penetration ist umgekehrt proportional zum Faserdurchmesser
  - ⇒ Fasern mit einem Durchmesser  $> 1,5 \mu\text{m}$  erreichen nur noch zu einem kleinen Bruchteil die Alveolen
  - ⇒ Nur bei Fasern mit einem vernachlässigbarem Anteil  $> 1 \mu\text{m}$  kann dieser Effekt vernachlässigt werden



# Einfluss der Faserdurchmesser



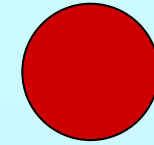
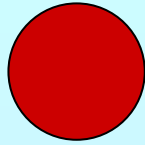
# Arbeitsplatzexpositionen



# Risiken von Faserstäuben

Risiko von Krokydolith

Risiko bei 1.000.000 F/m<sup>3</sup>

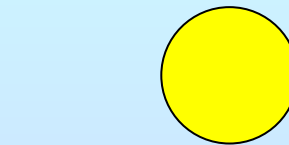


1.000.000 F/m<sup>3</sup>:  
1:25

Steinw.: 1:25 (ip)  
RCF

1 : 250

15.000 F/m<sup>3</sup>:  
1:2.000



Glasw.: 1:500 (ip)

1 : 2.500

1 : 25.000



1.000 F/m<sup>3</sup>:  
1:30.000

Steinw.: 1:25.000 (inh.)

**vermuteter  
Risikobereich  
von RCF / ASW  
bei  
500.000 F/m<sup>3</sup>**

# Schlussfolgerungen

- die kanzerogene Potenz von HTW wird wesentlich von
  - ⇒ der **Biopersistenz** und
  - ⇒ der **Fasergeometrie** (Länge, Durchmesser) bestimmt
- bei der Übertragbarkeit Ratte ⇒ Mensch in **Inhalationsversuchen** zeigt sich die Ratte als sehr empfindlich bei Faserstäuben mit langen Halbwertszeiten
- **das resultierende Krebsrisiko** unterscheidet sich nach dem derzeitigen Stand der Erkenntnisse bei Inhalationsstudien signifikant von Asbest
- **ip-Untersuchungen** können nicht direkt zur Ableitung eines Arbeitsplatzrisikos verwendet werden.
- **adäquate** Arbeitsschutzmaßnahmen sind zum Schutz der Arbeitnehmer notwendig

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Ich hoffe, dieses komplexe Thema verständlich, aber nicht zu stark vereinfacht, dargestellt zu haben.

***Für Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung!***