

# BDI - The Voice of German Industry

Bundesverband der Deutschen Industrie e.V.



INDUSTRIELAND  
IN DEUTSCHLAND INVESTIEREN  
STÄRKEN

## Der GBS-Grenzwert aus Sicht der deutschen Industrie



# Agenda

## Inhalte

**Teil 1: Grundlagen der MAK-Begründung**

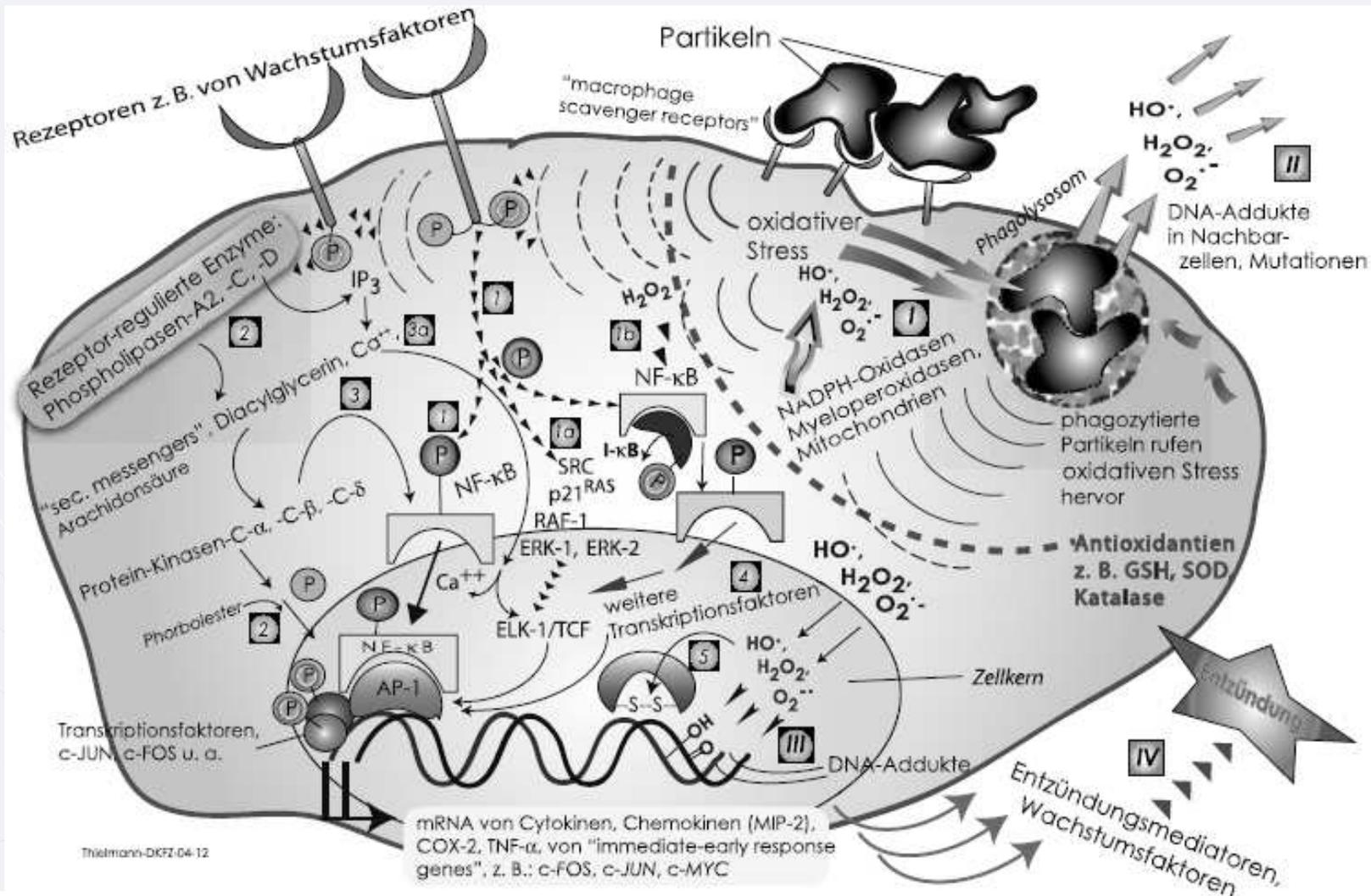
**Teil 2: Verfahren der GBS-Ableitung**

**Teil 3: Vorschlag für AGW**

**Teil 4: Umsetzungsstrategie**

# Teil 1

## Regelungen bis 2005



## Historie

Ausgangspunkt des bisherigen A-Staubgrenzwertes:

→ Vermeidung chronischer Lungenschäden durch Overload

Ausgangspunkt des GBS-Staubgrenzwertes:

→ Vermeidung von Entzündungsprozessen, die über langjährige Exposition ausgelöst werden können und zu Lungenkrebs führen können

## Teil 1

# Methodisches Problem

- ➔ Folgen der Lungenbelastung mit Partikeln sind experimentell nur schwer nachzustellen und quantitativ zu erfassen!
- ➔ Die biologischen Untersuchungssysteme bilden nicht die komplexen Vorgänge ab, die in der Lunge ablaufen

# Limitierung der Methodik

**Annahme:** die am Versuchstier gewonnenen Erkenntnisse bzgl. lungenschädigender Wirkung von GBS sind auf den Menschen übertragbar .

⇒ unter Berücksichtigung spezies-spezifischer Eigenarten (Anatomie und Histologie des Respirationstraktes)

**Ratte:** GBS induzierte Tumoren: im peripheren Lungenbereich

**Mensch:** Lungentumoren entstehen in zentral gelegenen Bezirken z. B. Bronchialkarzinome

## Teil 1

# Unterschiede Ratte - Mensch

### Ratte:

- obligater Nasenatmer
- Nasenfilter kann Teilchen mit
  - aerodynamischen Durchmesser  $> 5 \mu\text{m}$  durch Impaktion,
  - ultrafeine Teilchen mit geometrischen Durchmesser  $D < 0,1 \mu\text{m}$  durch Diffusionsehr effektiv abscheiden

### Mensch:

- Filterwirkung der Nase weit weniger effektiv
- Atemminutenvolumen  $> 35 \text{ l/min}$ : Übergang von Nase- zu Nasen-Mundatmung
- Unterschiede im Abscheideverhalten Tracheobronchialsystems

## Teil 1

# Overload

- Beeinträchtigung der Partikelclearance korreliert besser mit dem retinierten Volumen als mit der retinierten Masse
- bei Ratte, Maus, Hamster und Hunden nachgewiesen
  - ⇒ Annahme: gilt auch beim Menschen
- **Der GBS-Grenzwert soll den Overload verhindern!**

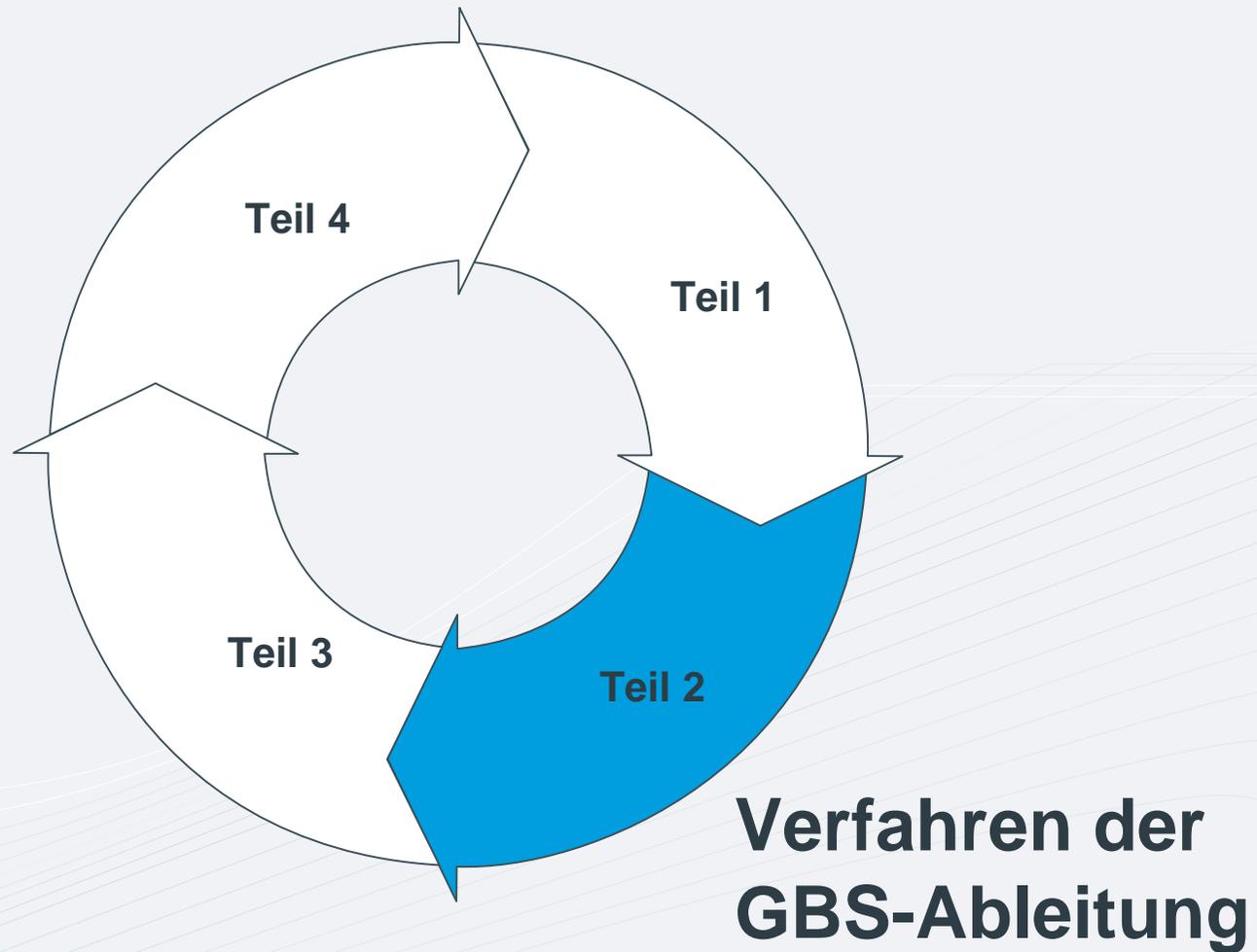
# Adverser Effekt für Grenzwertableitung

## Adverse Endpunkt der Partikelwirkung:

- entzündlich-proliferative Veränderungen der Rattenlunge
- signifikant erhöhte Entzündungszellen,
- entzündungsspezifische Zytokine
- spezifische Enzyme für zytotoxische Wirkung und Hyperplasien des Lungenepithels

## Teil 2

# Festlegung eines AGW für GBS aus Sicht der Industrie



# Verfahren A

## Annahme:

**Empfindlichkeit von Ratte - Mensch ist gleich bei gleicher Dosis / m<sup>2</sup>-Lungenoberfläche:**

↪ die Partikeltoxizitäten in der Lunge beider Spezies sind bei gleicher Expositionskonzentration verschieden

➔ Die Speziesübertragung erfolgt mittels HEC-Modell



# Expositionskonzentration für ganzes Arbeitsleben

**Expositionskonzentration beim Menschen während des ganzen Arbeitslebens, die der NOAEC-Dosis entspricht.**

### Parameter:

- speziesspezifische Unterschiede zwischen Ratte und Mensch bezüglich der in der Lunge deponierten Partikelfraktion
- Unterschiede im Atemvolumen (Mensch: 10 m<sup>3</sup>/Tag)
- Halbwertszeit für Partikel (400 Tage beim Menschen)

# Verfahren B

## **Ausgangspunkt: Inhalationsstudien an Ratten, relevante Faktoren sind:**

1. Unterschiedliches Atemminutenvolumen pro Expositions-/Arbeitstag von Ratte und Mensch
2. Unterschiedliche Depositions- und Clearanceverhalten von Partikeln bei Mensch – Ratte
3. Partikel werden zwar auf Lungenoberfläche deponiert, das kumulative Retentionskompartiment stellt jedoch die Partikelvolumen-Aufnahmekapazität der phagozytierenden Alveolarzellen dar

## Teil 2

# Retentionshalbwertszeiten

**Mensch:** Werte von 255, 400, 700 Tagen und höher

**MAK:** 400 Tagen beim Menschen  
60 Tage bei Ratte

**Begründung:** ⇒ die alveoläre Dosis ist für die toxischen Effekte verantwortlich

⇒ bei der Bestimmung der Halbwertszeit beim Menschen wurde die gesamte Clearance aus der Lunge berücksichtigt

**→ Wert ist konservativ**

## Teil 2

### Zusammenfassung

#### Verfahren 1, Grenzwert bei Dichte 1:

Toner: 0,11 mg/m<sup>3</sup> (0,13 bei Dichte 1,2)

Titandioxid: 0,25 mg/m<sup>3</sup> (1,06 bei Dichte 4,3)

#### Verfahren 2, Grenzwert bei Dichte 1:

Grenzwert: 0,5 mg/m<sup>3</sup>

**„Beide Ansätze sind ... für die am Arbeitsplatz anzutreffende gesunde Population als konservativ anzusehen“.**

## Teil 2

# MAK-Festlegung

### Unter Berücksichtigung aller drei Werte:

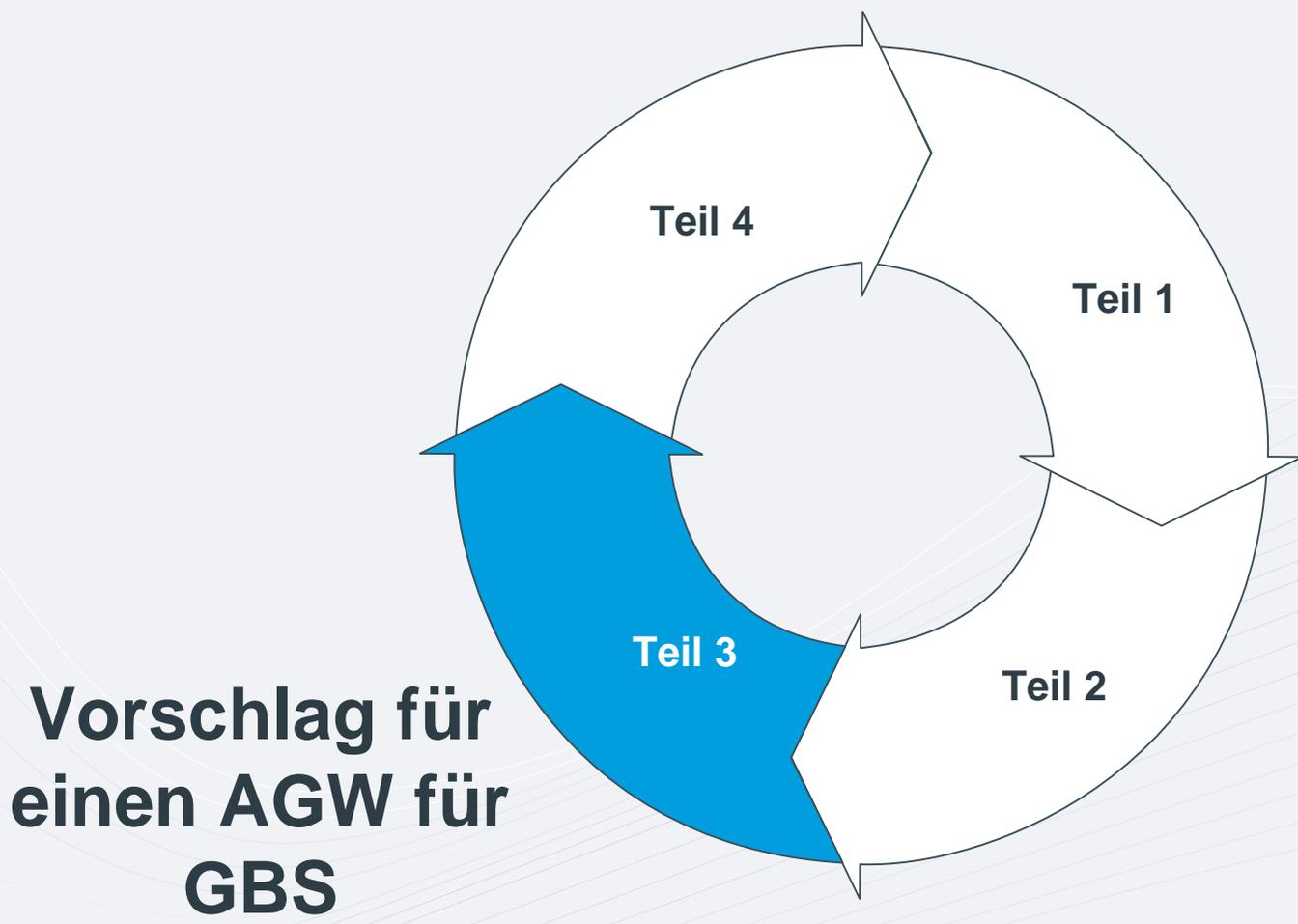
- ➔ MAK-Wert =  $0,3 \text{ mg/m}^3$
- ⇒ gilt für die alveolengängige Staubfraktion
- ⇒ von granulären biobeständigen Stäuben
- ⇒ bei einer Materialdichte von  $1 \text{ g/cm}^3$

### Kritischer Effekt: Langzeitwirkung auf Lunge.

- ➔ Spitzenbegrenzungs-Kategorie II
- ➔ Überschreitungsfaktor: 8

### Teil 3

## Festlegung eines AGW für GBS aus Sicht der Industrie



**Vorschlag für  
einen AGW für  
GBS**

## Teil 3

# Unsicherheiten der Ableitung

### → Clearance-Rate beim Menschen:

Literatur: 255 – 700 Tage

**400 Tage**

### → Alveolarfläche des Menschen:

Literatur: 24 – 143 m<sup>2</sup>

**57,7 m<sup>2</sup>**

### → Vergleich Mensch ↔ Ratte, Maus, Hamster

**Ratte**

Ratte reagiert am empfindlichsten auf Feinstäube

### → Keine Tumorbildung bei Maus und Hamster

## Teil 3

# Unsicherheiten der Ableitung

- Dichteabhängigkeit beim MPPD-Verfahren
- unterschiedliche Deposition in Abhängigkeit der Partikeldurchmesser
- Konservative Ableitung auf Basis der Ratte
  - Maus und Hamster reagieren deutlich weniger empfindlich auf GBS als Ratte

## Teil 3

# Bewertung aus Sicht der Wirtschaft

- ➔ Weltweit niedrigste Grenzwerte für „inerte“ Feinstäube
  
- ➔ **0,3 mg/m<sup>3</sup> nicht einhaltbar für:**
  - ⇒ Großbetriebe der Industrie: in einigen Bereichen
  - ⇒ KMU- Industrie: in weiten Bereichen
  - ⇒ Bauhandwerk: in weiten Bereichen
  - ⇒ Handwerk, Landwirtschaft: durchgängig

## Teil 3

# Löslichkeiten untersuchter Stoffe

Stoff	Wasserlöslichkeit	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
Titandioxid	nicht messbar	3,9 – 4,24
Carbon Black, Printex	nicht messbar	2,2
Talk (Steatit, Magnesiumsilikathydrat)	nicht messbar	2,58 – 2,83
Aluminiumoxid	nicht messbar	3,94
Kaolin, Aluminiumsilikat	nicht messbar	2,58
Zirkoniumoxid	nicht messbar	5,7
<b>Gips (Calciumsulfat)</b>	<b>2 g/l</b>	<b>2,96</b>

Nicht messbar: < 0,01 g/l

## Teil 3

# Dichte + Löslichkeit anorganischer Stoffe

Stoff	Wasserlöslichkeit	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
Eisenoxide	nicht messbar	5,24 - 5,7
Magnesiumoxid	nicht messbar	3,58
Nickel	nicht messbar	8,9
Eisen	nicht messbar	7,86
Calciumcarbonat	0,014 g/l	2,9
Calciumoxid	1,65 g/l (Hydrolyse)	3,37
Magnesiumcarbonat	0,106 g/l	2,96
Bariumsulfat	0,0025 g/l	4,5
<b>Gips (Calciumsulfat)</b>	<b>2 g/l</b>	<b>2,96</b>

**Schlussfolgerung: Gips ist als Modellsubstanz für „schwerlösliche Stoffe“ ungeeignet!**

## Teil 3

### (Wasser)lösliche Verbindungen

Stoff	Wasserlöslichkeit	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
Natriumchlorid	358 g/l	2,17
Kaliumchlorid	347 g/l	1,98
Borax (Dibortrioxid)	36 g/l	2,46
Borsäure	47,2 g/l	1,44
Eisensulfat	256 g/l	1,89
Natriumsulfat	170 g/l	2,7
Magnesiumsulfat	300 g/l	2,66
<b>Saccharose</b>	<b>4.870 g/l</b>	<b>1,57</b>

## Teil 3

# Dichte + Löslichkeit organischer Stäube

Stoff	Wasserlöslichkeit	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]
Polystyrol	nicht messbar	1,04
Polyethylen	nicht messbar	0,87 – 0,97
Polypropylen	nicht messbar	0,9 – 0,92
PVC	nicht messbar	1,2 – 1,4

## Teil 3

# Ableitung des Industrievorschlags

## Verfahren 1 (ohne Dichtekorrektur, mit Gehr-Faktor)

Toner:  $0,24 \text{ mg/m}^3$  [=  $0,11 \text{ mg/m}^3 * 1,85$  (Gehr-Faktor)]

Titandioxid:  $2,0 \text{ mg/m}^3$  [=  $1,06 \text{ mg/m}^3 * 1,85$  (Gehr-Faktor)]

Mittelwert:  $1,1 \text{ mg/m}^3$

## Verfahren 2

Wert:  $0,5 \text{ mg/m}^3 * \text{Dichte}$

**Vorschlag:** Mittelwert aus Verfahren 1 und 2:

**Durchschnitt:**  $0,75 \text{ mg/m}^3 * \text{Dichte}$

In pathologischen Studien im Bergbau wurden keine Tumore festgestellt

# GBS-Grenzwert aus Sicht der Wirtschaft

## Unter Wertung der Erfordernisse des

- ⇒ Gesundheitsschutzes (MAK: 0,1 – 0,5 mg/m<sup>3</sup>),
- ⇒ der Unsicherheiten der Ableitung,
- ⇒ des konservativem Ansatzes,
- ⇒ des Machbaren:

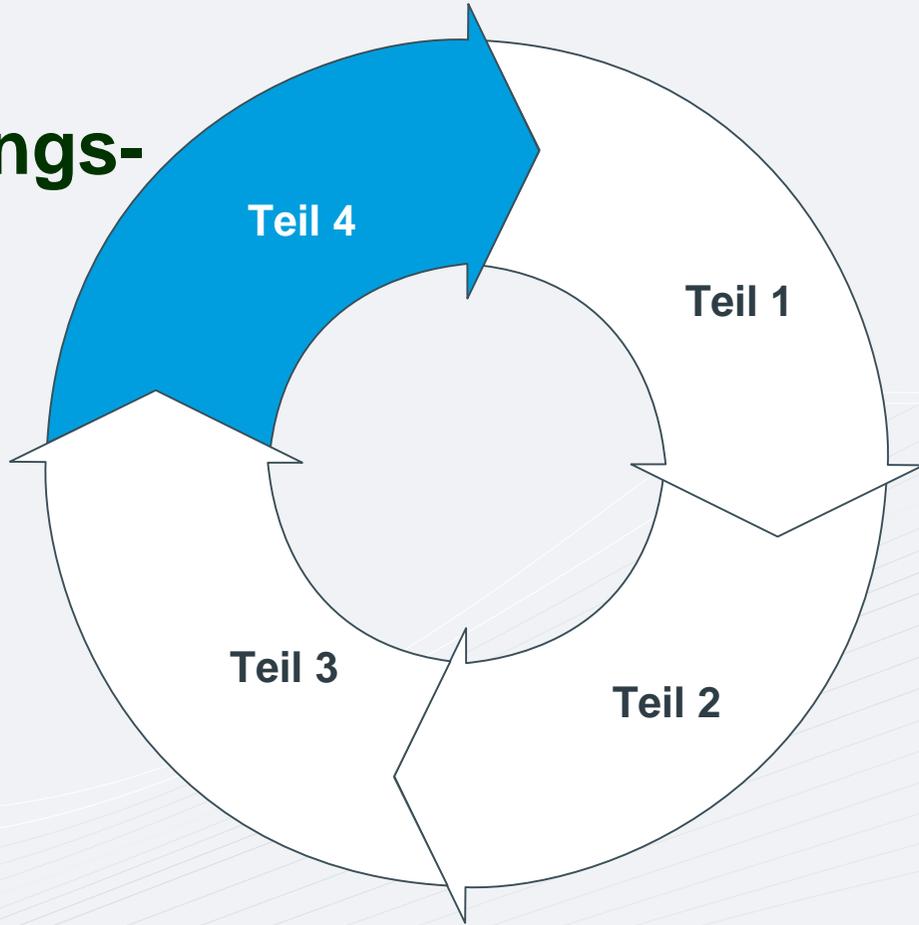
## ➔ **AGW-GBS: 0,5 mg/m<sup>3</sup> – 0,75 mg/m<sup>3</sup>:**

- unlösliche GBS-Stäube
- bezogen auf Dichte 1 g/cm<sup>3</sup>
- als Lebensarbeitszeit-Grenzwert
- andere Bezugszeiträume als Schichtmittelwert möglich

## Teil 4

# Festlegung eines AGW für GBS aus Sicht der Industrie

**Umsetzungs-  
strategie**



# Teil 4

Dichte                      Grenzwert

19 g/cm<sup>3</sup> ⇒            9,5 mg/m<sup>3</sup>

6 g/cm<sup>3</sup> ⇒             3 mg/m<sup>3</sup>

3 g/cm<sup>3</sup> ⇒             1,5 mg/m<sup>3</sup>

1 g/cm<sup>3</sup> ⇒             0,75 mg/m<sup>3</sup>

1 g/cm<sup>3</sup> ⇒             0,5 mg/m<sup>3</sup>

Gold

Nickel

Eisen

Eisenoxid

Zirkoniumoxid

Eisenoxid

Titandioxid

Aluminium-, Calcium-, Magnesiumoxid

**Aluminiumsilikat, Magnesium-,**

**Calciumcarbonat**

**Siliziumoxid**

**Carbon Black**

**organische Polymere und Pigmente**

## Teil 4

### Maßnahmenkonzept

Für GBS mit Dichte  $< 3 \text{ g/cm}^3$ :

Exposition	Maßnahmen
a) $C \leq 0,5 \text{ mg/m}^3 * \text{Dichte}$	Keine, Einhaltung AGW
b) $C \leq 0,75 \text{ mg/m}^3 * \text{Dichte}$	
a) $0,5 * \text{Dichte} > C < 1,5 \text{ mg/m}^3$	gemäß „gelb-Bereich“ BekGS 910 zeitliche Befristung auf n-Jahre
b) $0,75 * \text{Dichte} > C < 1,5 \text{ mg/m}^3$	
$C > 1,5 \text{ mg/m}^3$	gemäß „rot-Bereich“ nach BekGS 910

C = Exposition, gemessen als SMW bzw. Langzeitexposition (nach festzulegenden Kriterien)

## Teil 4

# Maßnahmenkonzept

Für GBS mit Dichte **zwischen 3 und 6 g/cm<sup>3</sup>**:

Exposition	Maßnahmen
$1,5 * \text{Dichte} > C < 3 \text{ mg/m}^3$	gemäß „gelb-Bereich“ nach BekGS 910 zeitliche Befristung auf n-Jahre
$C > 3 \text{ mg/m}^3$	gemäß „rot-Bereich“ nach BekGS 910

Für GBS mit Dichte **> 6 g/cm<sup>3</sup>**:

→ Einhaltung des GBS-GW bei Einhaltung AGW A-Staubwertes

C = Exposition, gemessen als SMW bzw. Langzeitexposition (nach festzulegenden Kriterien)

## Teil 4

### Noch zu klärende Fragen

#### ↪ **AK des UA I**

#### → **Löslichkeit:**

Löslichkeitsgrenze für GBS sollte nochmals diskutiert werden!

⇒ 2 g/l ist bereits deutlich löslich

#### → **Beurteilungszeitraum:**

der GBS-Grenzwert gilt bei arbeitslebenslanger Exposition

⇒ Neue Messstrategie wird benötigt in Ergänzung zur Bestimmung des Schichtmittelwertes

#### → **Analytik:**

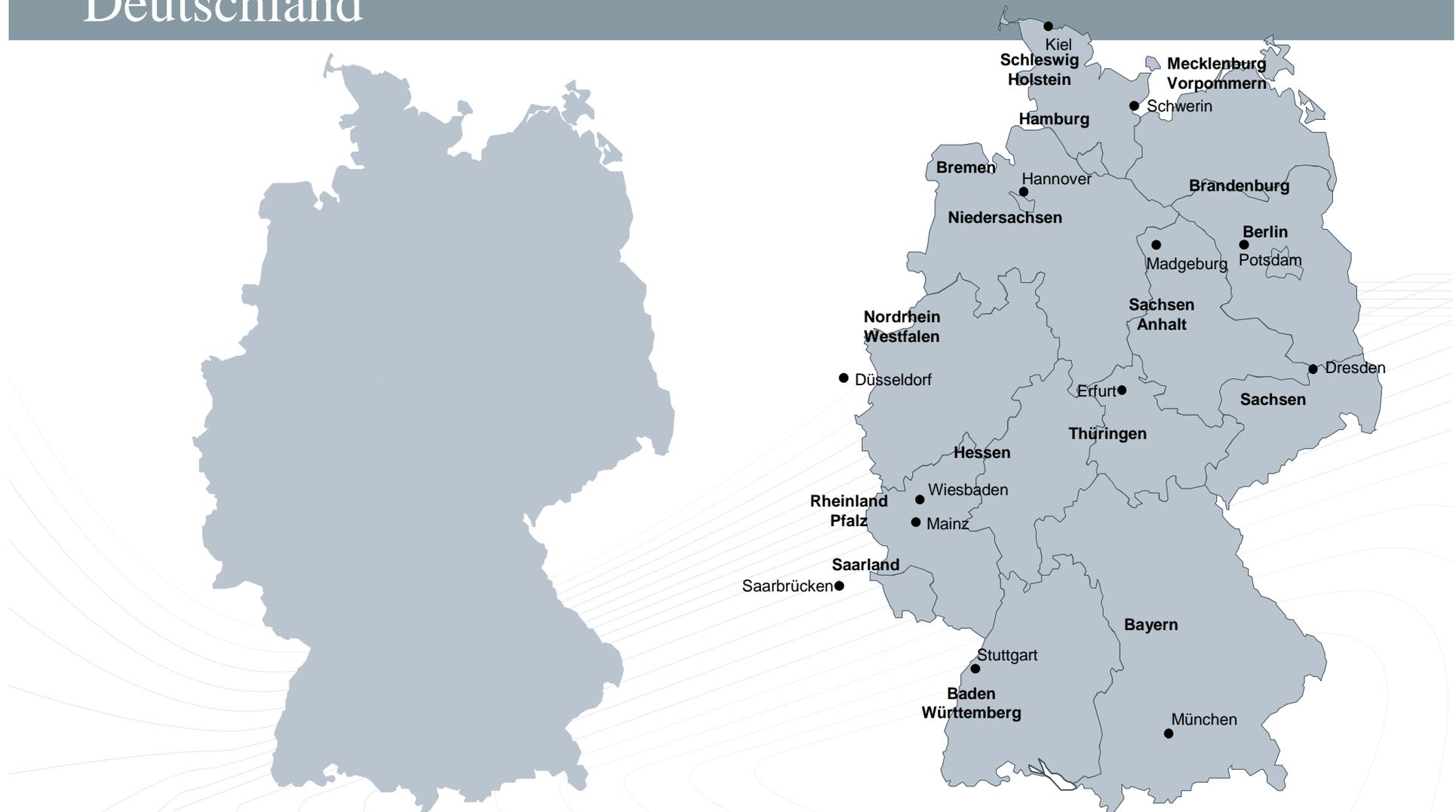
Wie wird der lösliche Staubanteil bestimmt (Löslichkeitsgrenze)

#### → **Zeitliche Befristung:**

Festlegung der Zeitdauer für den „gelb-Bereich“ (n-Jahre)

# Anwendungsbereich

Der neue GBS-Grenzwert gilt für alle Betriebe in ganz Deutschland



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Die deutsche Industrie steht u.a. im Wettbewerb mit den europäischen Nachbarländern!



A map of Europe with Germany and its neighboring countries highlighted in blue. The highlighted countries include Iceland, Ireland, Great Britain, France, Spain, Portugal, Switzerland, Austria, Slovenia, Croatia, Hungary, Romania, Bulgaria, Greece, Turkey, Cyprus, Israel, Jordan, Saudi Arabia, Syria, Iraq, Iran, Armenia, Azerbaijan, Georgia, Ukraine, Poland, Czech Republic, Slovakia, Lithuania, Latvia, Estonia, Finland, Sweden, Norway, Denmark, and Russia. The text 'Auch in Zukunft ein soziales und wettbewerbsfähiges Deutschland!' is overlaid on the map in large green letters with a white outline and a green underline.

**Auch in Zukunft ein  
soziales und  
wettbewerbsfähiges  
Deutschland!**