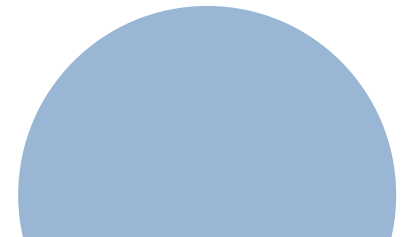
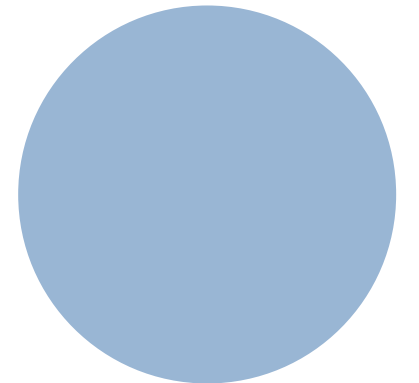
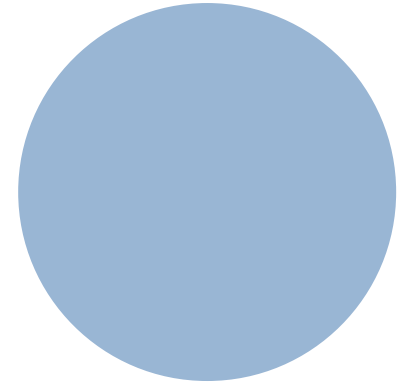


# Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung

Erkenntnisse und Schlussfolgerungen  
für die Holzstaubabsaugung

Fachveranstaltung  
Erfahrungsaustausch betrieblicher Explosionsschutz,  
M. Jürgensmeier, 24.03.2025



## Hinweise zum Urheberrecht

Die nachfolgenden Folien sind urheberrechtlich geschützt. Sie sind ausschließlich für Vorträge der Berufsgenossenschaft Holz und Metall bestimmt.

Bitte

- fertigen Sie keine Screenshots, Fotos oder andere Kopien der in der Veranstaltung gezeigten Inhalte an,
- filmen Sie nicht mit,
- geben Sie im Anschluss gegebenenfalls zur Verfügung gestellte Unterlagen nicht an betriebsfremde Personen weiter.



Wir bedanken uns für Ihre Mitarbeit und Ihr Verständnis!

# Agenda

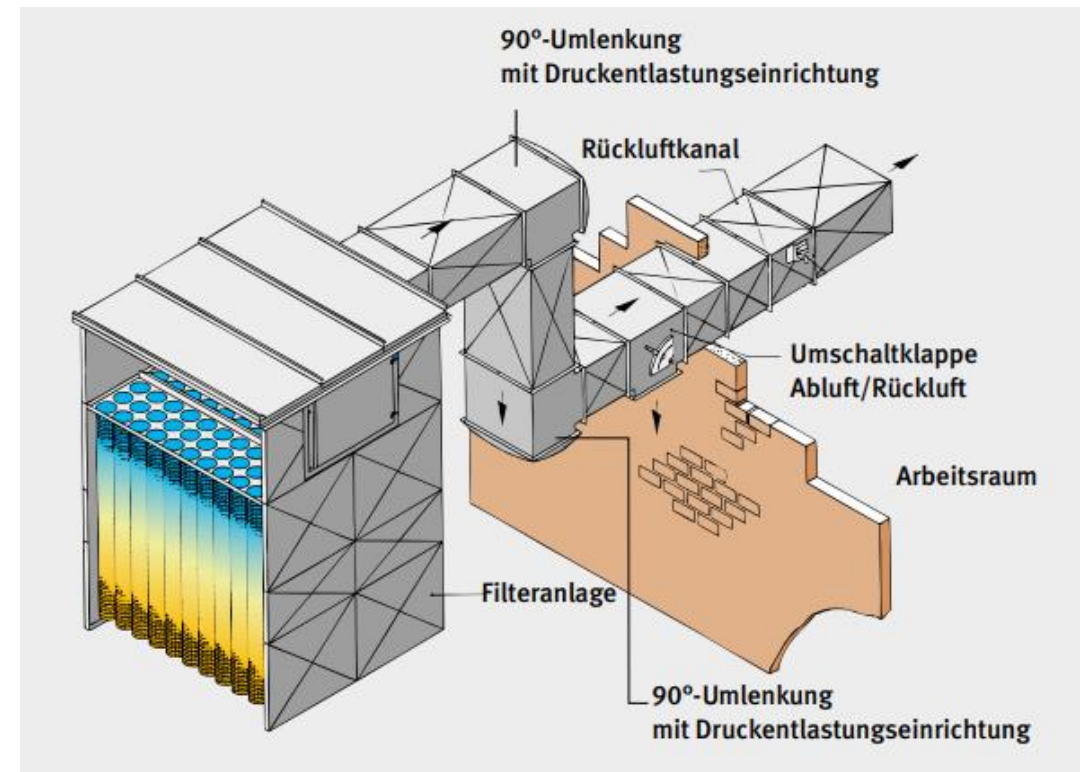
1. Ausgangssituation
2. Ziele
3. Durchführung
4. Erkenntnisse
5. Mögliche Schlussfolgerungen



# Ausgangssituation

## Ausgangssituation

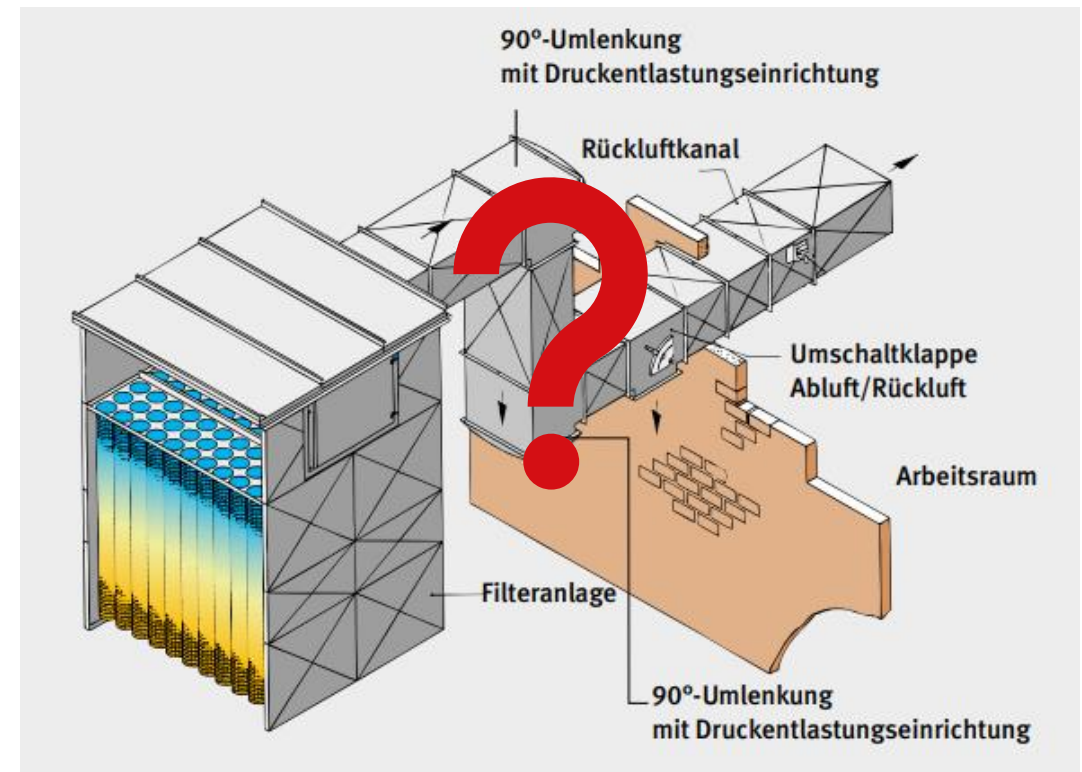
- In der DGUV Information 209-045 beschriebene Druckentlastungen / Berstscheiben im Rückluftkanal umfassen:
  - 1 x 90° - Umlenkung mit Ventilator
  - 2 x 90° - Umlenkung
  - 1 x 180° - Umlenkung
- Grundlage ist die DIN EN 12779:2016-03 „Sicherheit von Holzbearbeitungsmaschinen – Ortsfeste Absauganlagen für Holzstaub und Späne“



Quelle: DGUV-Information 209-045

## Ausgangssituation

- Bislang fehlen systematische Untersuchungen zur Wirksamkeit der empfohlenen Bauteile als Schutzsysteme
- Empfehlung von Bauteilen, die der explosionstechnischen Entkopplung dienen sollen und somit Schutzsysteme im Sinne der ATEX 2014/34/EU darstellen, jedoch nicht nach den Vorgaben einer nach ATEX harmonisierten Norm konzipiert und geprüft wurden



Quelle: DGUV-Information 209-045

## Ausgangssituation

- Druckentlastungssysteme / Berstscheiben dienen primär zur Reduzierung des maximalen Explosionsdruckes an Behältern (z. B. Silos, Filter).
- In der DGUV Information 209-045 ist der Einsatz der Druckentlastungseinrichtungen jedoch als autonomes Schutzsystem im Sinne einer explosionstechnischen Entkopplung (für Flamme und Druck) vorgesehen

Druck

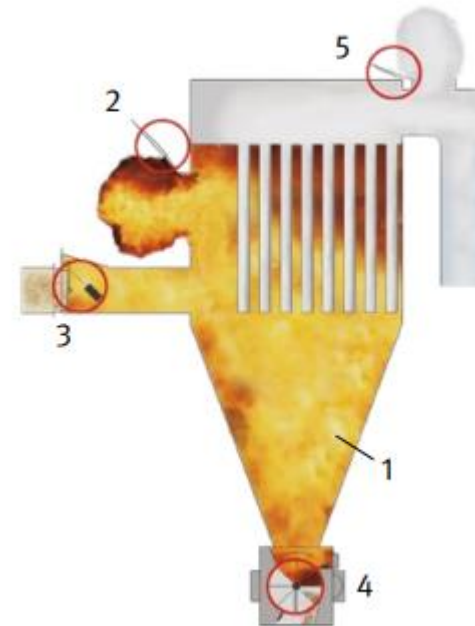


Flamme

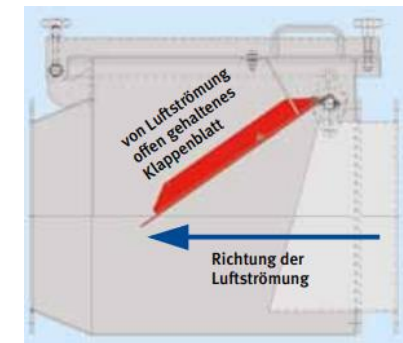


## Ausgangssituation

- Weiterhin stellen Rückschlagklappen (Pendelklappen) im Rohluftbereich des Filters am Anschlussstutzen ebenfalls keine Schutzmaßnahme / Bauteil / Komponente nach ATEX dar
- Wenn sie als Entkopplungseinrichtung gegen Explosionsübertragung verwendet werden, müssen sie ebenfalls geprüfte ATEX-Schutzsysteme sein



Quelle: DGUV-Information 209-045



Quelle: DGUV-Information 209-045

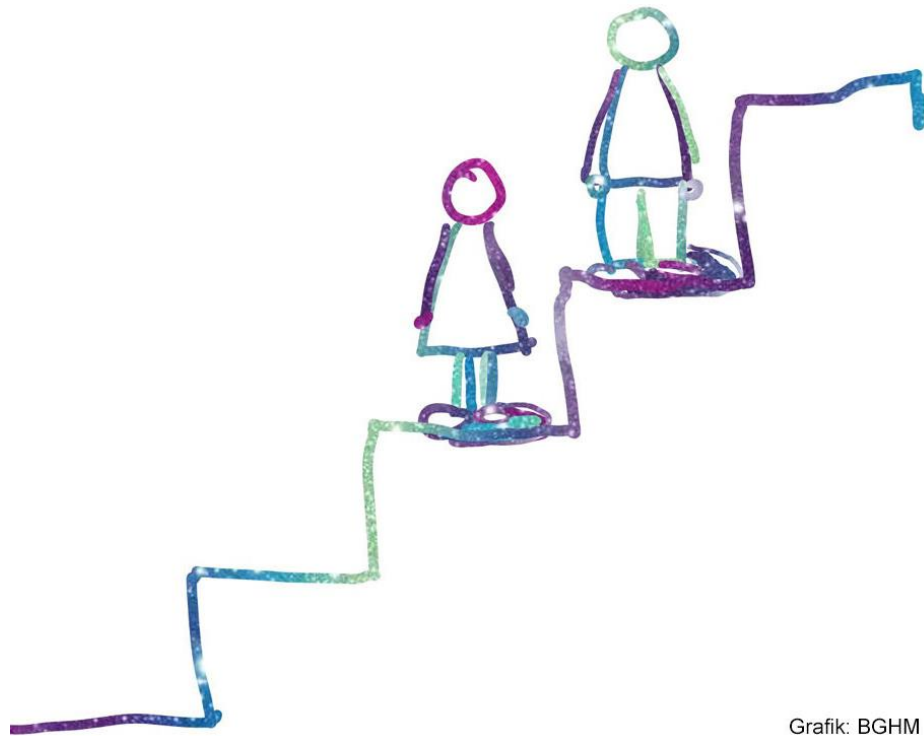


## Ausgangssituation

- Zur Bewertung des Brand- und Explosionsverhalten von Holzstäuben werden unter anderem folgenden Kenngrößen herangezogen:
  - Untere Explosionsgrenze UEG
  - max. zeitlicher Druckanstieg  $K_{St}$ -Wert
  - max. Explosionsdruck  $p_{max}$
  - Mindestzündenergie MZE
  - Mindestzündtemperatur MZT
- Für Holzstäube wird in einer Worst-Case-Betrachtung ein  $K_{St}$  -Wert von max. 200 bar·m/s angesetzt

# Ziele

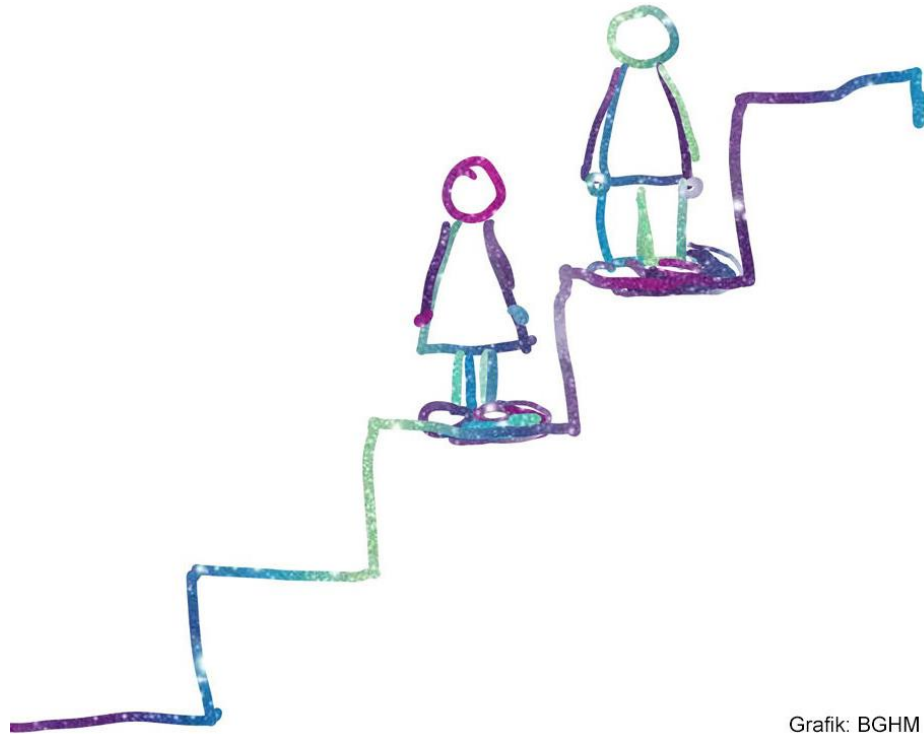
## Ziele



Grafik: BGHM

- Identifizierung und Festlegung von Randbedingungen unter denen eine explosionstechnische Entkopplung der Absauganlage nicht erforderlich ist
- Überprüfung der Wirksamkeit zur explosionstechnischen Entkopplung der in der DGUV Information 209-045 vorgeschlagenen Maßnahmen
- Verhinderung einer Explosionsübertragung gegen die Förderrichtung „zurück“ in den Arbeitsbereich über die Rohluftzufuhr (Absaugleitung)

## Ziele

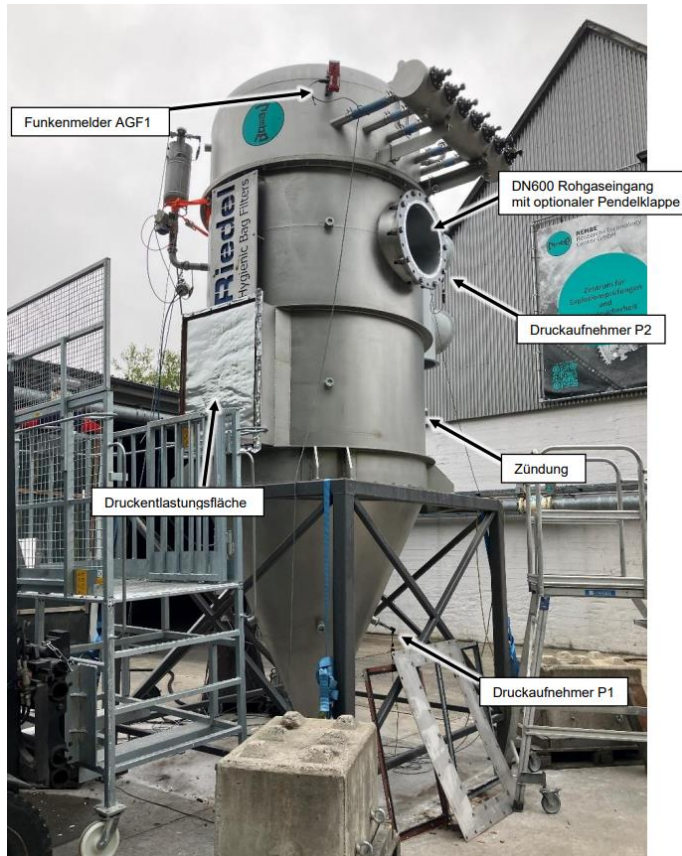


Grafik: BGHM

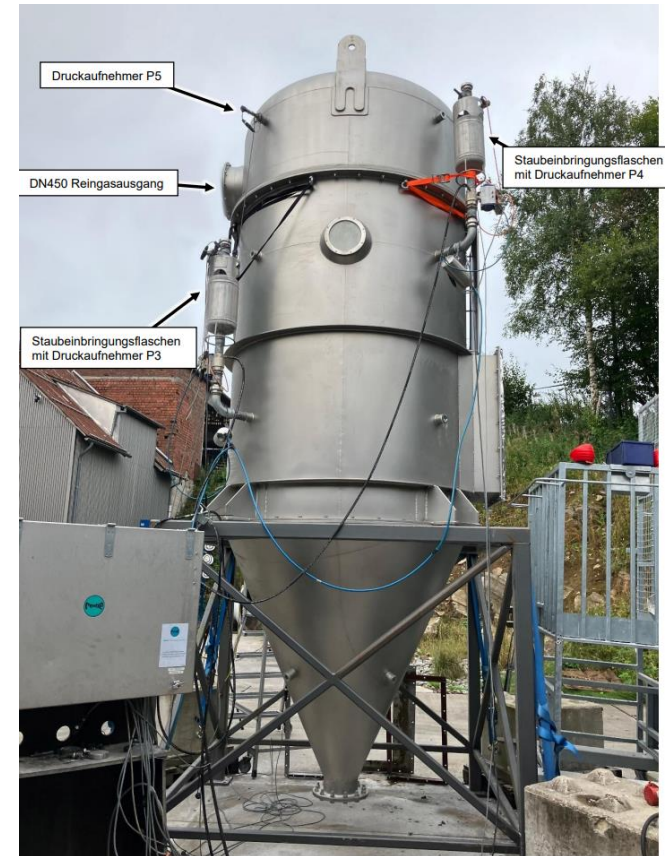
- Rahmenbedingungen für den Weiterbetrieb von Bestandsfilteranlagen, welche ggf. mit geringem Aufwand nachgerüstet werden.
- Verhinderung einer Explosionsübertragung in Förderrichtung in den Reingasbereich – sind die Entkopplungsmaßnahmen nach DIN EN 12779:2016-03 bzw. DGUV Information 209-045 ausreichend?

# Durchführung

# Durchführung – Prüfaufbau



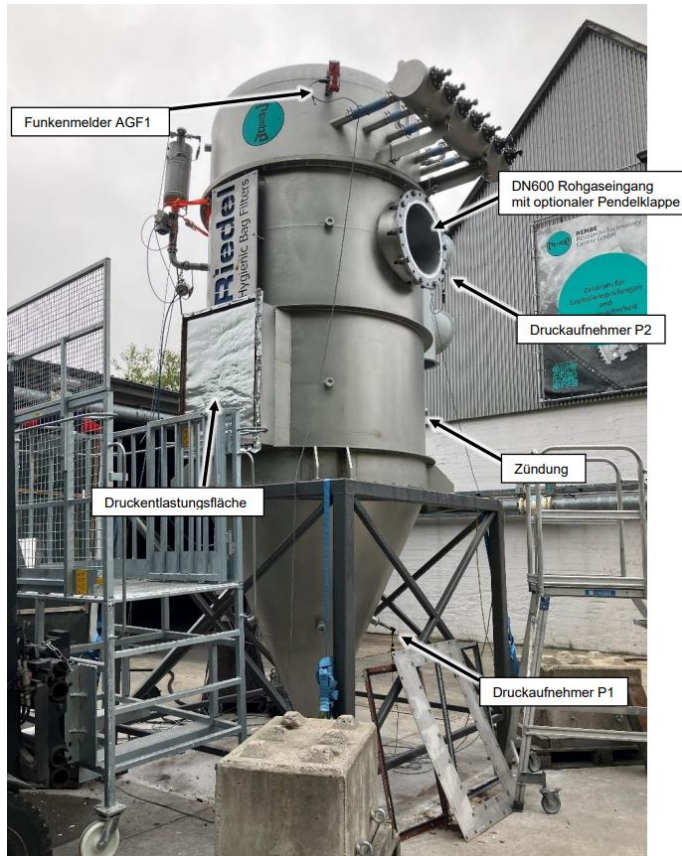
Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Reasearch & Technology Center GmbH



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Reasearch & Technology Center GmbH



# Durchführung – Prüfaufbau



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung BGHM / REMBE® Reasearch & Technology Center GmbH



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung BGHM / REMBE® Reasearch & Technology Center GmbH

## Durchführung – Arbeitspaket 1

- Basisversuche mit zwei unterschiedlichen Prüfstäube mit unterschiedlichen  $K_{St}$  -Werten
- Parameter, wie Konzentration, Zündverzögerung und Größe der Entlastungsöffnung, für die primäre Explosion in der Rohgasseite werden ermittelt
- Über diese Prüfstäube wird der erwartete Wertebereich der  $K_{St}$  -Werte von Holzstaub abgebildet

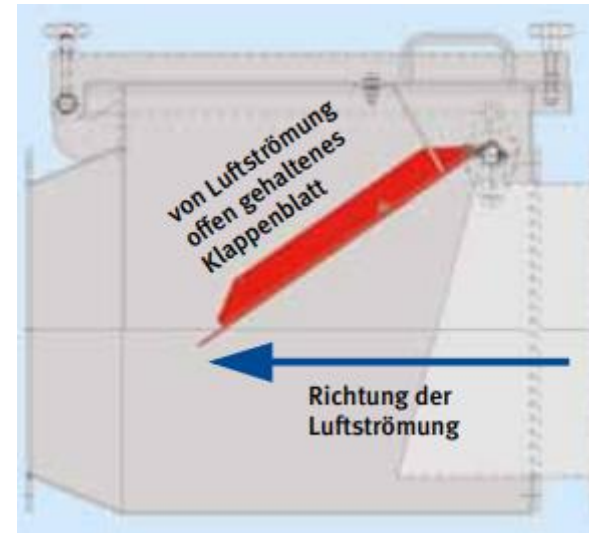


Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH



## Durchführung – Arbeitspaket 1

- Rohluftseitig ist eine, in der Praxis typisch verwendete Pendelklappe (keine ATEX konforme Rückschlagklappe) installiert
- Flammendurchschlag und Druckanstieg der Explosion werden rein- und rohluftseitig messtechnisch erfasst und ausgewertet
- **Explosionsauswirkungen auf den Behälter ohne die o.g. Schutzmaßnahmen werden ermittelt**



Quelle: DGUV-Information 209-045

## Durchführung – Arbeitspaket 2

- Aufbauende Versuche in Abhängigkeit der Ergebnisse der Basisversuche
- Installation einer Rohrleitung DN 450 an Reingasseite
- Länge und Position der 90° - Umlenkungen und der Druckentlastungen werden variiert



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Durchführung – Arbeitspaket 2

T-Stück, 90° mit Druckentlastung und  
verschlossenem Abgang



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Durchführung – Arbeitspaket 2

T-Stück, 90° mit Druckentlastung und geöffneten Abgang



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Durchführung – Arbeitspaket 2

T-Stück, 90° mit Druckentlastung, Abgang  
mit T-Stück und 90° mit Druckentlastung



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH



## Durchführung – Arbeitspaket 2

T-Stück, 90° mit Druckentlastung, Abgang  
mit 3 m Rohr und T-Stück, 90° mit  
Druckentlastung



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Durchführung – Arbeitspaket 2

T-Stück, 90° mit Druckentlastung, Abgang mit 3 m Rohr und T-Stück, 90° mit Druckentlastung, Abgang mit 3 m Rohr



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Durchführung – Arbeitspaket 2

- In den Prüfungen wurde zusätzlich Staub in den Rohrleitungen platziert.
- Die Staubkonzentration wurde variiert und zur Berechnung der Menge wurde das reine Rohrleitungsvolumen verwendet.



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH



# Erkenntnisse

## Erkenntnisse

- Bei Vorhandensein eines oder mehrerer Filterbrüche erfolgt eine Übertragung der Explosion auf die Reingasseite.
- Je nach Anlagen- / Filterkonstruktion kann es dort sogar zu heftigen Drucksteigerungen gegenüber den gemessenen Werten des druckentlasteten Reingasraumes kommen.



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Erkenntnisse

Die Flamme setzt sich mindestens bis zur ersten Druckentlastung (90°-Umlenkung) fort, auch ohne zusätzlichen Brennstoff in der Rohrleitung.



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Erkenntnisse

Bei der gewählten Konstellation ohne zusätzlich Brennstoffeinbringung konnte nach der zweiten Druckentlastung (90°-Umlenkung) keine Flammenfortpflanzung mehr festgestellt werden.



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Erkenntnisse

Bei einem Brennstoffgehalt im Reingasrohr knapp oberhalb der UEG des Brennstoffes (bezogen auf das Rohrvolumen) konnte immer eine Übertragung der Flammen über die Druckentlastung hinaus festgestellt werden. Der Brennstoff lag dabei vor Versuchsbeginn punktuell abgelagert im Rohrleitungsverlauf vor.



002539/004000 S9=1/1 T=1.19907993s  
Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

## Erkenntnisse

Bei nahezu allen Prüfungen konnte ein Flammendurchschlag an der rohgasseitig angeordneten Pendelklappe festgestellt werden.



Quelle: Prüfbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH

# Mögliche Schlussfolgerungen



## Mögliche Schlussfolgerungen

- Die in der DGUV Information 209-045 beschriebenen Druckentlastungen / Berstscheiben im Rückluftkanal und die genannten Pendelklappen können zukünftig nicht in der bisherigen Form verwendet werden
- Es sind zusätzliche Anforderungen hinsichtlich der Sauberkeit in der Reinluftseite sowie dem Rohrabgang eingesetzt werden



Quelle: Zwischenbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH



## Mögliche Schlussfolgerungen

- In allen Prüfungen, bei denen ein „Filterbruch“ vorlag, kam es zur Explosionsübertragung auf die Reingasseite, unabhängig von  $p_{red}$ ,  $K_{St}$  -Wert oder Mindestzündenergie.
- Die Übertragung im weiteren Rohrleitungsverlauf hängt von der Installation der sog. 90° Umlenkungen ab.
- Die Sauberkeit / Abwesenheit von Brennstoff auf der Reingasseite kann zur Minimierung der Flammenübertragung führen



Quelle: Zwischenbericht Experimentelle Versuche zur explosionstechnischen Entkopplung  
BGHM / REMBE® Research & Technology Center GmbH