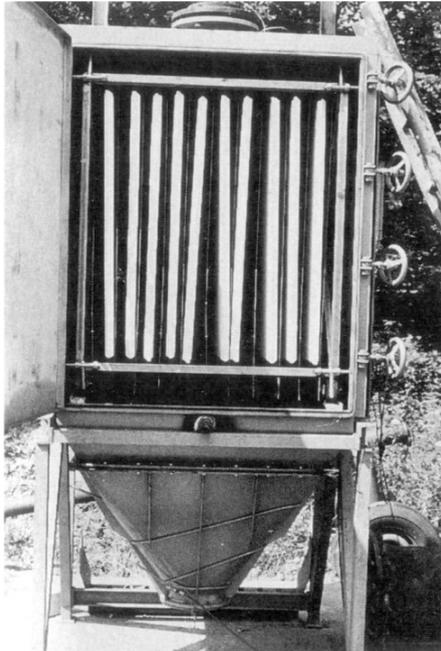


### 3.33 Taschenfilter

Bestätigung fanden zunächst die Erkenntnisse über den Einfluss von Einbauten auf den Explosionsablauf brennbarer Stäube in Behältern (Abb. 4.8 bis Abb. 4.10) durch Untersuchungen in einem explosionsdruckentlasteten 2,4 m<sup>3</sup>-Taschenfilter (Abb. 4.32).



**Abb.4.32:** Explosionsdruckentlastetes 2,4 m<sup>3</sup>-Taschenfilter (Verschlussdeckel entfernt)

Trotz des Vorhandenseins von Explosionsklappen als Entlastungseinrichtung stellte sich mit einem Staub der Staubexplosionsklasse St1 im Filtergehäuse ein um 25 % geringerer reduzierter maximaler Explosionsdruck ein als für homogene Gemische für das Leervolumen erwartet. Da aus diesen orientierenden Versuchen allgemein gültige Rückschlüsse nicht gezogen werden konnten, wurde zu systematischen Explosionsversuchen übergegangen [16].

Das in Abb. 4.33 gezeigte und für Versuchszwecke bestimmte Taschenfiltergehäuse mit 58 Filtertaschen von insgesamt 53 m<sup>2</sup> Oberfläche konnte wahlweise

## Wolfgang Bartknecht

- 44 -            3    Einfluss von Zusatzoberflächen auf die Wirksamkeit konstruktiver Schutzmassnahmen

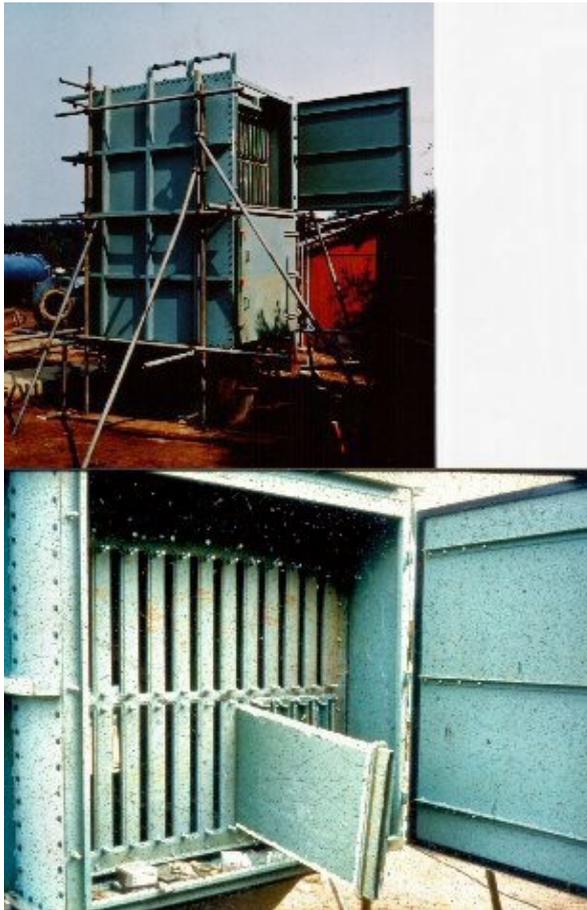
- oben im Deckel,
- seitlich im Rückenteil des Gehäuses sowie
- unten im Konus

über Explosionsdruckentlastungseinrichtungen in Form von Explosionsklappen ( $A_{\text{Klappe}} = 0,25 \text{ m}^2$ , Klappengewicht  $G = 10 \text{ kg}$ , statischer Ansprechdruck  $p_{\text{stat}} = 0,05 \text{ bar}$ ) entlastet werden[16]. Konus und Deckel waren durch einen freien Raum von entsprechend grossem Querschnitt verbunden, so dass die Explosionsdruckentlastung ungehindert vonstatten gehen konnte.

Explosionsfähige Propan/Luft-Gemische wurden im ruhenden Zustand durch eine Induktions-Dauerfunkenstrecke ( $E = 10 \text{ J}$ ) entzündet. Als Zündquelle für die homogenen, nach dem Normverfahren erstellten Staub/Luft-Gemische dienten die üblichen pyrotechnischen Zünder mit einem Energieinhalt von  $E = 10 \text{ kJ}$ . Der Zündort befand sich in Raummitte, und es wurde stets über einen breiten Konzentrationsbereich gearbeitet.

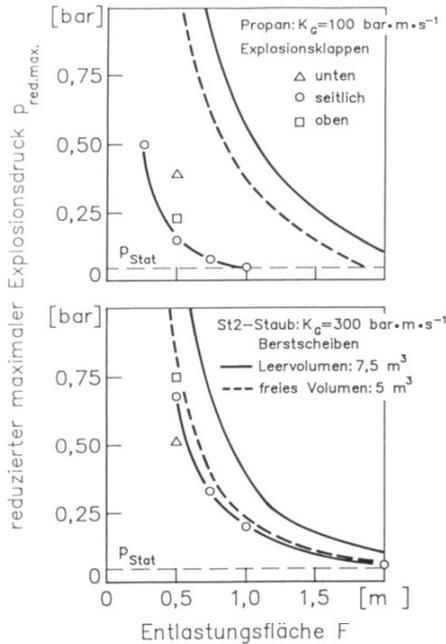
Die aus den Explosionsversuchen resultierenden Druck-Flächenkurven für Propan und einen brennbaren Staub im oberen Grenzbereich der Staubexplosionsklasse St2 sind in Abb. 4.34 wiedergegeben. Sie werden verglichen mit den entsprechenden Kurven, die für kubische Behälter (bezogen auf das Leer- und freie Volumen) erwartet werden, wenn sie über Berstscheiben mit einem statischen Ansprechdruck von  $p_{\text{stat}} = 0,05 \text{ bar}$  entlastet werden.

Wie man erkennt, ist bei Vorhandensein von Einbauten und explosionsfähigen Propan/Luft-Gemischen eine wesentliche Flächenreduzierung selbst dann gegeben, wenn für die Berechnung das freie Volumen (Leervolumen minus Filtervolumen) zugrundegelegt wird. Dies gilt auch dann, wenn die örtliche Lage der Entlastungseinrichtung verändert wird, Günstig ist die seitliche Entlastung an der Rückwand im Zündquellenbereich. Ungünstig ist deren Anordnung unten im Konus. Aber selbst dann liegt der reduzierte maximale Druckwert immer noch ca. 50 % unter der Erwartung,



**Abb.4.33:** Taschenfilter mit Einbauten (Leervolumen:  $V = 7,5 \text{ m}^3$ ; freies Volumen:  $V = 5 \text{ m}^3$ )

Druckreduzierung ist, wenngleich in geringerem Mass, auch im Fall der brennbaren Stäube gegeben und ebenfalls für andere Produkte ( $K_{St} = 90 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  bzw.  $K_{St} = 153 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) gültig. Der Flächenbedarf liegt jedoch nur wenig unter dem, der für das freie Volumen zu erwarten ist. Günstig ist die Anordnung der Entlastung unten im Konus, ungünstig, wenn sie sich im Deckel befindet.



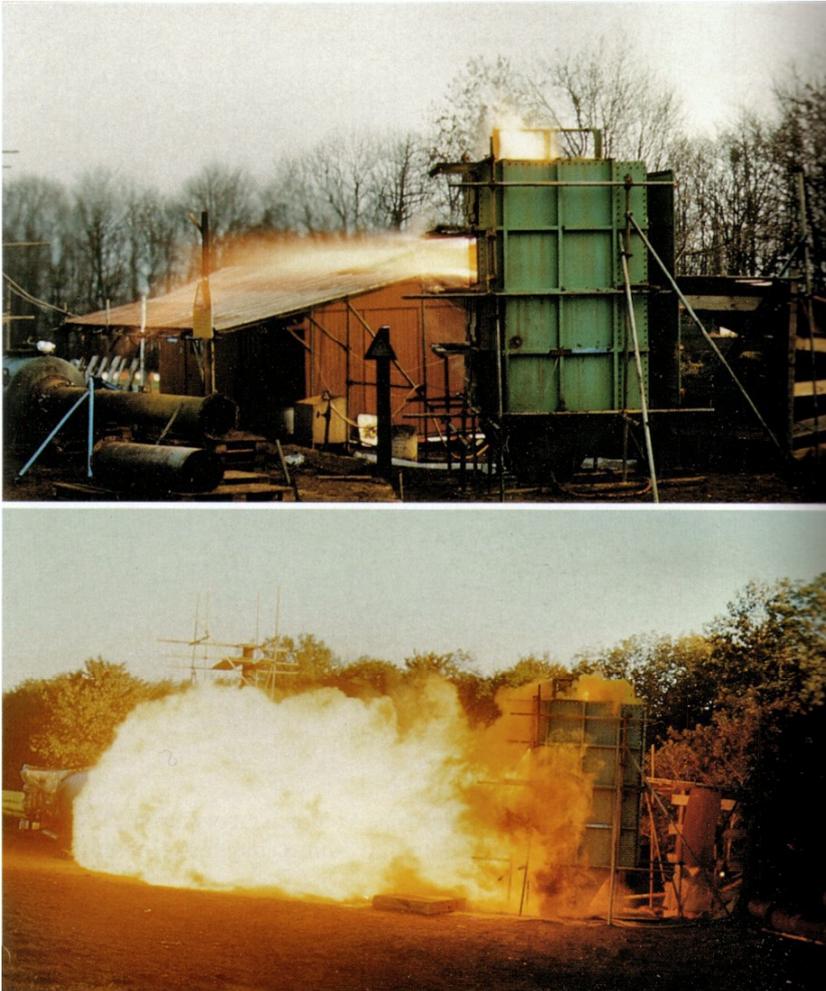
**Abb.4.34:** Druck-Flächen-Kurven des Taschenfilters im Vergleich zum kubischen Behälter ( $p_{stat} = 0,05 \text{ bar}$ )

Die Nichtübereinstimmung der günstigsten Anordnung der Entlastungseinrichtung ist auf unterschiedliches Fortpflanzungsverhalten von Brenngas- und Staubexplosionen im Filtergehäuse zurückzuführen.

In beiden Fällen ist aber zu beachten, dass die Untersuchungen mit relativ schweren Explosionsklappen durchgeführt wurden, die bekanntlich den Entlastungsvorgang nicht unwesentlich behindern. Werden sie durch Berstscheiben mit gleichem statischem Ansprechdruck ersetzt, dann sind speziell für brennbare Stäube deutlich grössere Unterschiede zum Flächenbedarf für das freie Volumen zu erwarten.

Im Gegensatz zu den Brenngasen (Abb. 4.35, oben) ist die Flammenausbreitung im Bereich der Entlastung bei brennbaren Stäuben (Abb. 4.35, unten) besonders bei grosser Entlastungsfläche anhal-

tender und intensiver. Abhilfe kann nur durch Erhöhung der Explosionsfestigkeit des Filtergehäuses und Verminderung der Entlastungsfläche erreicht werden. Der konsequente Schluss ist, dass explosi-



**Abb.4.35:** Propanexplosion  $F = 0,5 \text{ m}^2$  (a) und St2-Staubexplosion  $F = 1 \text{ m}^2$  (b) im seitlich entlasteten Taschenfilter  
onsdruckentlastete Staubabscheidefilter bei Nichtanwendung von

## Wolfgang Bartknecht

- 48 -      3    Einfluss von Zusatzoberflächen auf die Wirksamkeit konstruktiver Schutzmassnahmen

Ausblasrohren (sie erfordern eine erhöhte Gehäusefestigkeit) keinesfalls in den Betriebsraum gehören, sondern ins Freie oder notfalls auf das Gebäudedach unter Beachtung des durch die Entlastung gegebenen Gefahrenkegels.

Die in Kap. 3.31 ausgesprochene Vermutung, dass Einbauten in Staubabscheidern den Explosionsdruck und die Explosionsheftigkeit von Brenngasen und brennbaren Stäuben durch optische Strahlungsabsorption mindern, konnte somit in vollem Umfang bestätigt werden.

Man kann zusammenfassen: Grundsätzlich ist die Höhe des reduzierten maximalen Explosionsdruckes im entlasteten Taschenfilter in gewissem Grad davon abhängig, an welcher Stelle der Oberfläche die Entlastungseinrichtung angebracht ist (Abb. 4.34), konstante Entlastungsfläche vorausgesetzt. In keinem Fall wird der Wert erreicht, der bei freiem Volumen erwartet wird.

Um bei der Projektierung die Dimensionierung der nun einmal ohnehin sehr verkleinerten Entlastungsflächen zu vereinheitlichen und um unabhängig von den genannten Einflüssen zu sein, wird empfohlen, für die Berechnung der Grösse der Entlastungsfläche grundsätzlich das freie Volumen zugrunde zu legen, d. h. das Hüllvolumen der Filterpakete vom Leervolumen abzuziehen.

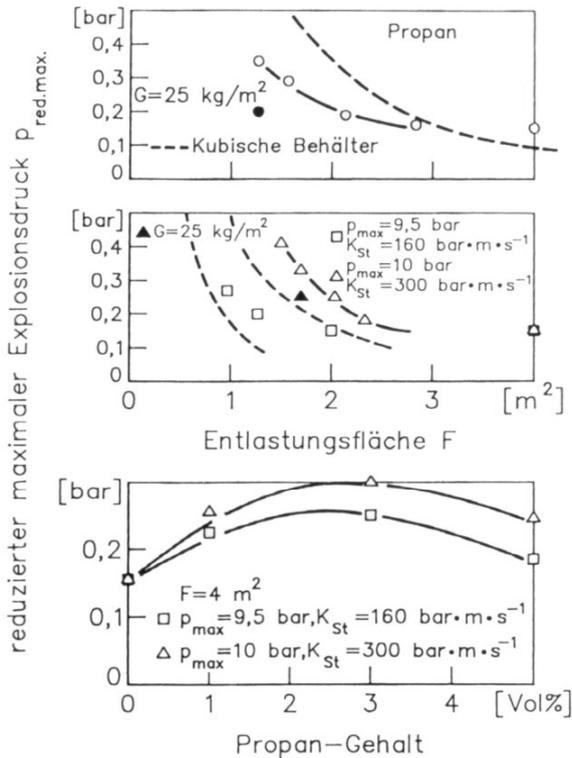
### 3.34 Schlauchfilter

Abbildung 4.36 zeigt ein Schlauchfiltergehäuse mit einem Volumen von  $V = 13,6 \text{ m}^3$ , in das bis zu 100 Filterschläuche (je 50 Filterschläuche



**Abb.4.36:**  $13,6 \text{ m}^3$ -Schlauchfiltergehäuse (a) und mit Plastikfolie überzogene Stützkörbe (b)

che getrennt durch einen Inspektionsgang) auf Stützkörben montiert werden können. Aus Kostengründen wurden anstelle der üblichen Tuchfilter die Körbe mit Plastikfolie überzogen. Die Explosionsdruckentlastung erfolgte über Scheiben in Gummiklemmprofilen mit einem Scheibengewicht von  $50 \text{ kg/m}^2$  und einem statischen Ansprechdruck von  $p_{\text{stat}} = 0,08 - 0,1 \text{ bar}$  [16].



**Abb.4.37:** Leeres 13,6 m<sup>3</sup>-Schlauchfiltergehäuse: Flächenbedarf im Vergleich zum kubischen Behälter und Einfluss von Propan auf die Druckwirkung

Bei Explosionen im leeren Filtergehäuse hat sich ergeben (Abb. 4.37, oben), dass bei Propan ( $K_G = 100 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) der Flächenbedarf geringer, im Fall der brennbaren Stäube Abb. 4.37, Mitte) hingegen etwas höher ist als in gleichvolumigen Behältern, wenn diese über

## Wolfgang Bartknecht

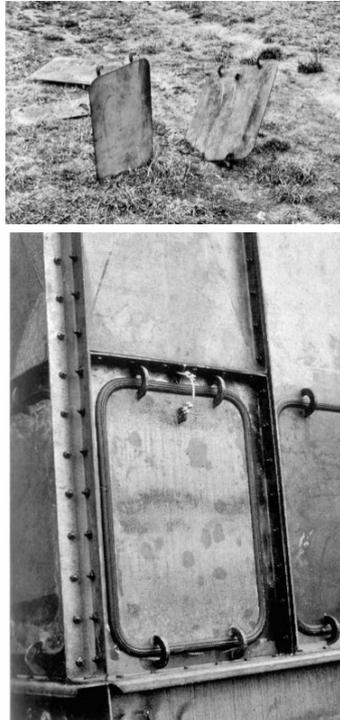
- 50 -

### 3 Einfluss von Zusatzoberflächen auf die Wirksamkeit konstruktiver Schutzmassnahmen

Berstscheiben ( $p_{\text{stat}} = 0,1 \text{ bar}$ ) entlastet werden. Druckreduzierung wird durch Verminderung des Klappengewichtes ( $25 \text{ kg/m}^2$ ) erreicht.

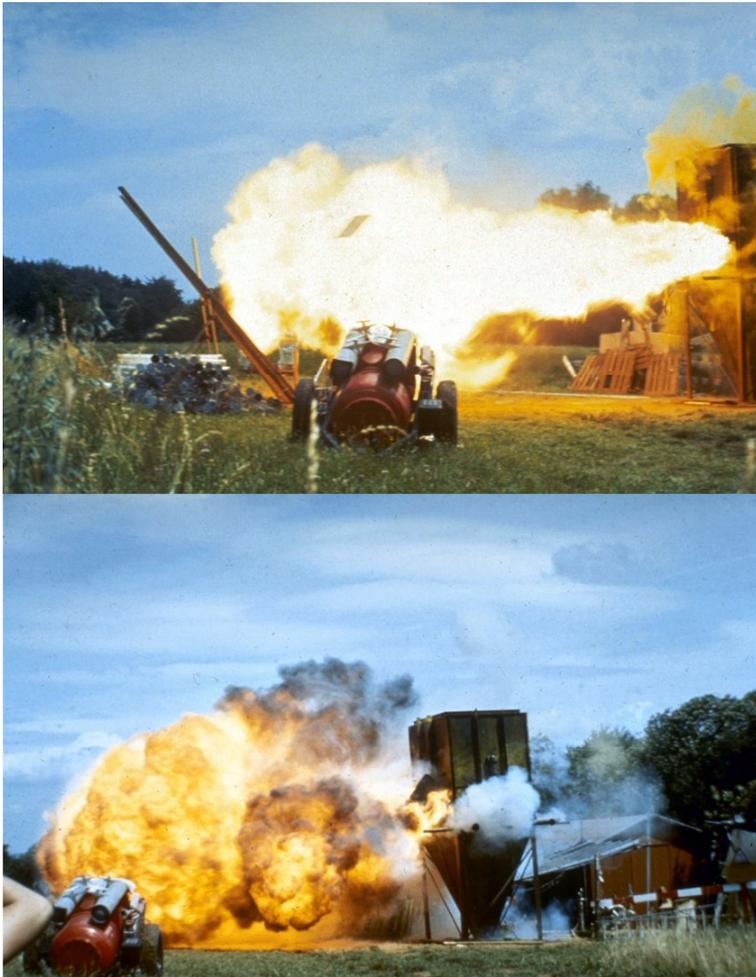
Bei zusätzlich vorhandenem Propan in der Verbrennungsluft (hybride Gemische: Abb. 4.37, unten) wird wegen Verstärkung der Explosionsheftigkeit der brennbaren Stäube (Abb. 1.241) selbst bei grossflächiger Entlastung ( $A = 4 \text{ m}^2$ ) der reduzierte maximale Explosionsdruck  $p_{\text{red,max}}$  ungefähr verdoppelt.

Es hat sich ferner gezeigt, dass die für die Explosionsdruckentlastung sorgenden Scheiben an 8 mm-Stahlseilen zusätzlich zu halten sind, um Sekundärschäden durch Davonfliegen (Wurfweite bis zu 70 m) zu vermeiden (Abb. 4.38).



**Abb.4.38:** Nach Explosion im Filtergehäuse davongeschleuderte (oben) und durch ein 8 mm-Stahlseil abgesicherte Entlastungsscheibe (unten)

Bei Staubexplosionen waren besonders dann umfangreiche Flammenerscheinungen im Bereich der Entlastungsöffnung zu beobachten, wenn sich dort zusätzlich Staubablagerungen befanden (Abb. 4.39). Die Unterkante der Entlastungseinrichtung muss sich also in einem hinreichenden Abstand von der Staubschüttung befinden, die maximal unter Betriebsbedingungen vorkommt.



**Abb.4.39:** Staubexplosion im Filtergehäuse ohne (a) und mit zusätzlichen Staubablagerungen (b) im Entlastungsbereich

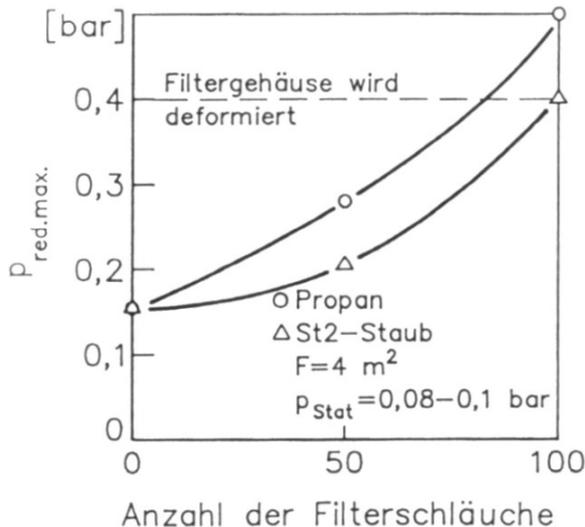
## Wolfgang Bartknecht

- 52 -

### 3 Einfluss von Zusatzoberflächen auf die Wirksamkeit konstruktiver Schutzmassnahmen

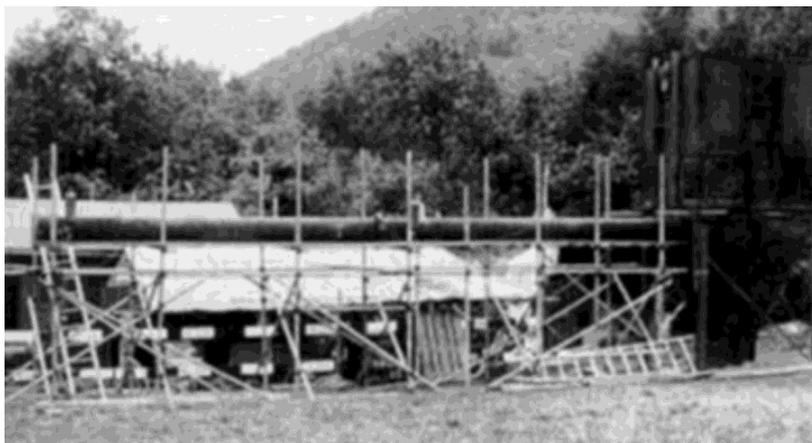
Die Filterschläuche dürfen die Entlastungsfläche weder teilweise noch vollständig abdecken, da in solch einem Fall (Abb. 4.40) trotz Verminderung des freien Volumens mit wachsender Filteranzahl zufolge Behinderung des Entlastungsvorgangs der reduzierte maximale Explosionsdruck  $p_{\text{red,max}}$  im zu schützenden Filtergehäuse so stark angehoben wird, dass es trotz überdimensionierter Druckentlastungsflächen mit niedrigem Ansprechdruck stark deformiert wird. Dies gilt sowohl für die Explosionen von Brenngasen als auch für solche von brennbaren Stäuben.

Wird dagegen der Druckentlastungsvorgang durch die Schlauchfilter nicht behindert, d.h. wird eine Druckentlastungsfläche von  $A = 4 \text{ m}^2$  am freien Volumen des Filtergehäuses angeordnet, so ist die volle Wirksamkeit der angewendeten Schutzmassnahme gegeben. Ein Einfluss der Anzahl der Schlauchfilter auf die Druckwirkung im Filtergehäuse wurde unter den vorliegenden Bedingungen nicht festgestellt [16], weil bei der vorgegebenen grossflächigen Entlastung der horizontale Ast der Druckflächen-Kurven gültig ist (Abb. 4.34, oben), wo weder die Art des Brennstoffes noch die Flächengrösse einen nennenswerten Einfluss auf die Druckentlastung nehmen.



**Abb.4.40:** Reduzierter maximaler Explosionsdruck  $p_{\text{red,max}}$  als Funktion der Anzahl der Filterschläuche bei abgedeckter Entlastung

Die bisherigen Betrachtungen bezogen sich auf Explosionsereignisse, bei denen die Zündquelle in Raummitte des Filtergehäuses wirksam ist. In der Praxis ist jedoch damit zu rechnen, dass eine Explosion aus einer angeschlossenen Rohrleitung heraus in Form einer Flammenstrahlzündung übertragen wird. Um auch diesen Fall zu untersuchen, mündete in den Konus des Filtergehäuses eine Rohrleitung DN 400. Durch entsprechende Wahl ihrer Länge ( $l = 5 - 10 \text{ m}$ ) wurden unterschiedliche Explosionseintrittsgeschwindigkeiten erreicht (Abb. 4.41) und das Filtergehäuse ohne Einbauten senkrecht hierzu entlastet ( $A = 3 \text{ m}^2$ ).



**Abb.4.41:**  $13,6 \text{ m}^3$ -Filtergehäuse mit vorgesetzter Rohrleitung DN 400 (Flammenstrahlzündung)

Der Zusammenhang zwischen der Explosionseintrittsgeschwindigkeit  $v_{\text{ex}}$  und den sich im Filtergehäuse einstellenden reduzierten maximalen Explosionskenngrößen ist in Abb. 4.42 für Propan und homogene Gemische eines Staubes (Normverfahren) der Staubexplosionsklasse St2 dargestellt. Es besteht ein proportionaler Zusammenhang.

Erfolgt eine solche Explosionsübertragung mit langsamer Explosionsgeschwindigkeit ( $v_{\text{ex}}$  einige m/s), dann ist die Entlastung voll wirksam (Abb. 4.43). Völlig andere Verhältnisse liegen aber dann vor, wenn die Explosionsgeschwindigkeit in der angeschlossenen Rohrleitung DN 400 deutlich höher liegt: Die das Anschlussrohr verlassende Flamme trifft im Filtergehäuse auf ein stark turbulentes und unter

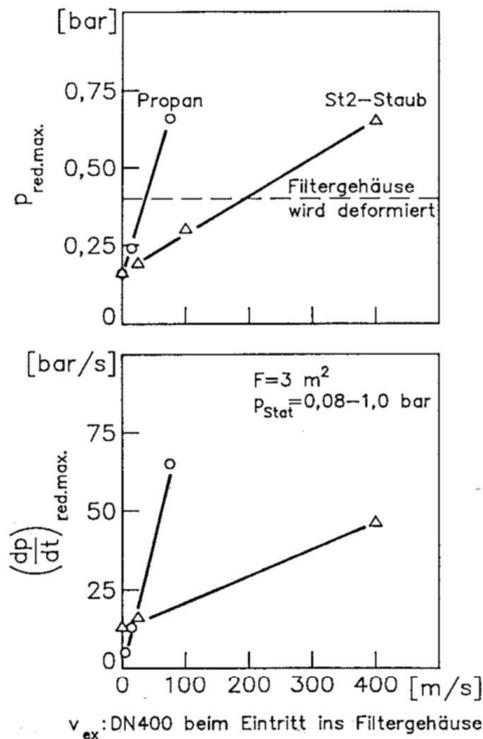
# Wolfgang Bartknecht

- 54 -

## 3 Einfluss von Zusatzoberflächen auf die Wirksamkeit konstruktiver Schutzmassnahmen

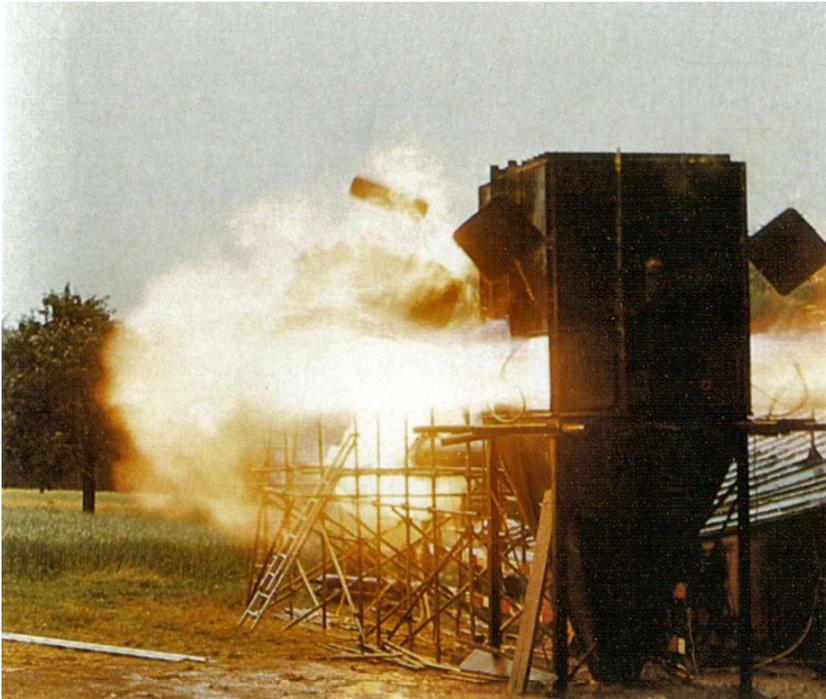
Vorkompression stehendes explosionsfähiges Gemisch, das schlagartig entzündet wird. Die Folge ist eine starke Erhöhung der Abbrandgeschwindigkeit und naturgemäss eine Verstärkung des reduzierten maximalen Explosionsdruckes, der trotz Überdimensionierung der Druckentlastung zur Deformation des Filtergehäuses führt (Abb.2.396).

Bei Brenngasexplosionen wird die Explosionsfestigkeit des vorgegebenen Filtergehäuses mit  $p \sim 0,4$  bar bei sehr viel geringerer Explosionseintrittsgeschwindigkeit ( $v_{ex} = 70$  m/s) überschritten als bei Staubexplosionen ( $v_{ex} = 400$  m/s).



**Abb.4.42:** Reduzierte maximale Explosionskenngrösse im  $13,6 \text{ m}^3$ -Filtergehäuse ohne Einbauten als Funktion der Eintrittsexplosionseingangs- $v_{ex}$

Abhilfe kann nur durch die Anwendung explosionstechnischer Entkopplungsmassnahmen (s. Teil 3.2, Kap. 3.5) zwischen der Rohrleitung und dem zu schützenden Filtergehäuse erreicht werden.



**Abb.4.43:** Propanexplosion bei Flammenstrahlzündung ( $v_{ex} = 10 \text{ m/s}$ )

Eine erfolversprechende Explosionsunterdrückung im vollbestückten Filtergehäuse schien fraglich, da zu vermuten war, dass die Einbauten eine ordnungsgemäße Verteilung des Löschmittels behindern.

Gegenteilig waren die Ergebnisse von systematischen Explosionsunterdrückungsversuchen im  $13,6 \text{ m}^3$ -Filtergehäuse mit blockierten Entlastungseinrichtungen und brennbaren Stäuben im oberen Grenzbereich der Staubexplosionsklasse St1 ( $p_{\max} = 10 \text{ bar}$ ,  $K_{St} = 200 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) und St2 ( $p_{\max} = 10 \text{ bar}$ ,  $K_{St} = 300 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ). Bei Anwendung des 3/4"-Systems (Abb. 2.362: Doppelventil,  $p_{N2} = 120 \text{ bar}$ , Ammonphosphat-Löschpulver, Ansprechdruck  $p_A = 0,1 \text{ bar}$ ) ist innerhalb der Anwendungsgrenzen Explosionsunterdrückung immer

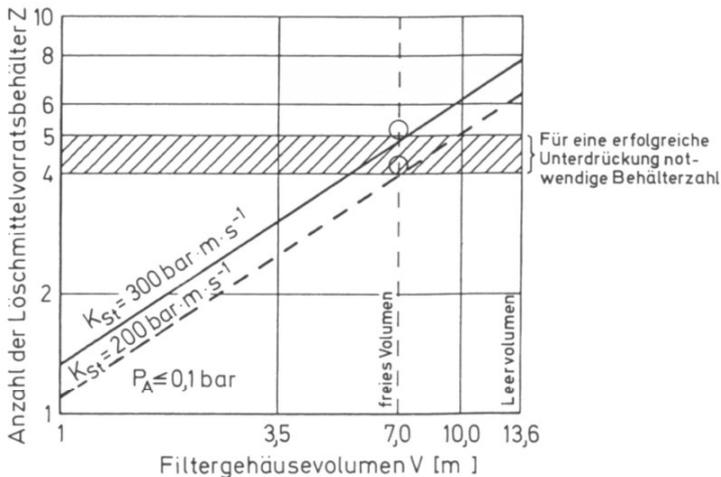
# Wolfgang Bartknecht

- 56 -

## 3 Einfluss von Zusatzoberflächen auf die Wirksamkeit konstruktiver Schutzmassnahmen

dann gegeben (reduzierter maximaler Explosionsdruck  $p_{red,max} \leq 0,4$  bar), wenn das Löschpulver den freien Filterraum, einschl. desjenigen eines eventuellen Montageganges, überstreicht. Der Löschmittelbedarf (die Anzahl  $Z$  der notwendigen 5 l-Löschmittelbehälter) bezieht sich auf das freie Filtervolumen (Abb. 4.44). Es ist zu empfehlen, ihn in der Praxis aus Sicherheitsgründen um 20 % zu erhöhen [16].

Eine wirksame Explosionsunterdrückung gelingt dagegen nicht (Abb.4.45), wenn in dem vollbestückten Filtergehäuse Explosionen von Propan ablaufen. Dies gilt selbst dann, wenn der für das Leervolumen errechnete Löschmittelbedarf verdoppelt und in den Zwischenraum zwischen den Schlauchfiltern eingebracht wird. Wie man Abb.4.45 entnehmen kann, ist zwar der Filterkonus, in dem sich bekanntlich keine Filter befinden, unbeschädigt (das Unterdrückungssystem ist voll wirksam); der obere Teil des Filters wird dagegen durch die Explosion schwer in Mitleidenschaft gezogen, da die Einbauten die Löschmittelverteilung behindern und der Verbrennungsprozess nicht schnell genug unterbrochen werden kann.



**Abb.4.44:** 13,6 m<sup>3</sup>-Filtergehäuse mit Einbauten: Löschmittelbedarf bei Explosionsunterdrückung von Staubexplosionen



**Abb.4.45:** 13,6 m<sup>3</sup>-Schlauchfiltergehäuse mit Einbauten nach Explosionsunterdrückungsversuch mit Propan

### 3.34    Folgerungen

Fasst man das Wissen zur Anwendbarkeit von konstruktiven Schutzmassnahmen an Filtergehäusen (Ausnahme kleinvolumige Schwebstoff-Filter-Gehäuse) zusammen, so ist festzustellen:

- Um die Schutzmassnahmen „Explosionsdruckentlastung“ oder „Explosionsunterdrückung“ anwenden zu können, ist eine ausreichende Explosionsfestigkeit (Explosionsdruck- bzw. -druckstossfestigkeit) erforderlich, die  $p \geq 0,25$  bar betragen sollte.
- Bei Explosionsdruckentlastung kann die Grösse der erforderlichen Entlastungsfläche auf das freie Volumen bezogen werden. Die Einbauten dürfen den Entlastungsvorgang nicht behindern. Durch Anwendung von explosionstechnischen Entkopplungsmassnahmen ist dafür zu sorgen, dass eine Explosion nicht aus einer angeschlossenen Rohrleitung in das zu schützende Gehäuse übertragen wird.
- Die Schutzmassnahme „Explosionsunterdrückung“ kann innerhalb der Anwendungsgrenzen nur zum Schutz von Filtergehäusen angewendet werden, in denen mit dem Auftreten von Staubexplosionen gerechnet wird; dabei ist der Löschmittelbedarf auf das freie Volumen zu beziehen. Um den Unwägbarkeiten des Explosionsablaufs in der Praxis Rechnung zu tragen, ist eine zusätzliche Löschmittelreserve von ca. 20 % zu empfehlen. Im Fall angeschlossener Rohrleitungen sind wie bei der „Explosionsdruckentlastung“ explosionstechnische Entkopplungsmassnahmen notwendig.

## 4 Staubsauger

Das **Reinhalten von Betriebsräumen**, in denen mit brennbarem Staub gearbeitet wird, ist eine **wesentliche Voraussetzung für die Sicherheit[2]**. Werden abgelagerte Staubschichten aufgewirbelt (z. B. durch Windstoss, Druckwelle oder Druckluftstrahl), können selbst bei sehr dünnen Staubschichten explosionsfähige Gemische entstehen und im Entzündungsfall zu mehr oder weniger heftigen Staubexplosionen führen. Der Beseitigung von Staubablagerungen dienen stationäre Staubabsaugeanlagen und Staubsauger. Man ging davon aus, dass in ihnen explosionsfähige Staub/Luft-Gemische entstehen, die bei Entzündung Staubsauger herkömmlicher Bauart nicht nur zerstören, sondern auch zu einer Sekundärexplosion im Betriebsraum führen können. Scholl [15] führte für die Holzverarbeitende Industrie klärende Untersuchungen mit dem in Abb. 4.46 gezeigten Absauggerät durch.



**Abb. 4.46:** Absauggerät der Holzverarbeitenden Industrie

Es besteht im wesentlichen aus Filtersack (oben), Abscheidesack (unten), Ventilator und einem 3 bzw. 6 m langen Saugschlauch mit Ansaugdüse.

Gearbeitet wurde mit Holz-Feinstäuben ( $p_{\max} = 9,7 - 10,0$  bar,  $K_{St} = 156 - 200 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), nicht explosionsfähigem Sägemehl bzw. Hobelspan und entsprechenden Mischstäuben.

Zum Simulieren der betrieblichen Gegebenheiten befanden sich die Zündquellen unterschiedlicher Energie (pyrotechnische Zünder:  $E = 10$  kJ, Kondensatorentladung:  $E = 100$  J, Induktions-Dauerfunkenstrecke:  $E = 10$  J) im Bereich der Ansaugdüse und des Ventilators.

Um bei konstanter Ansaugleistung ( $0.17 \text{ m}^3/\text{min}$ ) eine gleichmäßige Staubaufgabe zu erreichen, wurde unter der festgesetzten Ansaugdüse eine U-Schiene mit definierter Geschwindigkeit vorbeigezogen. Durch entsprechende Staubbefüllung der Schiene konnte die Staubkonzentration im Ansaugerät im Bereich von  $300-2400 \text{ g/m}^3$  systematisch verändert werden.

**Scholl gelangte zunächst zu der wichtigen Erkenntnis, dass es bei Vorhandensein von wirksamen Zündquellen zu keinen explosionsartigen Verbrennungsvorgängen, sondern nur zu offenen Bränden (Abb. 4.47) oder zu Glimmbränden kommen kann.**



**Abb. 4.47:** Nachbrand im Absauggerät gemäss Abb. 4.46

Während Streumehl und Schleifstaub bei Zündortlage "Ansaugdüse" durch die Kondensatorentladung ( $E = 100 \text{ J}$ ) erst bei Konzentrationen  $\geq 600 \text{ g/m}^3$  entzündet wurden, gelang dies bei Zündortlage "Ventilator" mit Ausnahme eines Versuches (Schleifstaub:  $1200 \text{ g/m}^3$ ) nicht. Im  $1 \text{ m}^3$ -Behälter war hingegen bereits bei einer Staubkonzentration von  $100 \text{ g/m}^3$  eine deutlich merkbare Druckäusserung festzustellen. Wurde die Zündenergie auf  $E = 10 \text{ kJ}$  (pyrotechnische Zünder) angehoben, kam es auch bei Lage des Zündortes im Ventilatorbereich zu einem Brand, der bei keinem der Versuche beobachtet wurde, wenn die Induktions-Dauerfunkenstrecke ( $E = 10 \text{ J}$ ) als Zündquelle eingesetzt wurde.

Bei einer Konzentration von  $2400 \text{ g/m}^3$  und unterschiedlichem Mengenverhältnis liessen sich durch die Kondensatorentladung ( $E = 100 \text{ J}$ ) Mischstäube aus Sägemehl und Holzmehl entzünden, aus Sägemehl und Streumehl hingegen nicht.

Orientierende Versuche mit einem Schleifstaub-Glimmnest auf der U-Schiene als Zündquelle ergaben bei Konzentrationen von 600-

2400 g/m<sup>3</sup> weder einen offenen Brand noch einen Glimmbrand, vermutlich, weil die Glimmnester durch den Ventilator zerschlagen wurden. Lediglich in einem Fall entwickelte sich nach Abschalten des Ventilators ein Glimmbrand im Abscheidesack.

Das Untersuchungsergebnis wurde mit zwei weiteren Absauggeräten ähnlicher Bauform bestätigt.

Scholl kommt zu der Schlussfolgerung, dass in einem ordentlich gewarteten Betrieb in der Praxis 12 mm dicke Feinstaubschichten zum Erreichen einer entzündungsfähigen Mindestkonzentration von 600 g/m<sup>3</sup> im Gerät bei der vorgegebenen Ansaugleistung nicht sehr wahrscheinlich ist. Vom fahrlässigen Ansaugen eines ausreichend grossen Glimmnestes, das sich durch Rauchentwicklung bemerkbar macht, kann ebenfalls nicht ausgegangen werden.



**Abb. 4.48:** 220l-Industriestaubsauger für Zündversuche vorbereitet

Obige Erkenntnisse werden durch Untersuchungsergebnisse bestätigt, die mit einem Industriestaubsauger höherer Ansaugleistung (7 m<sup>3</sup>/min) nach dem gleichen Versuchsverfahren durchgeführt wurden. Das aus Oberteil mit Deckel, Mittelteil und Staubbehälter bestehende Gerät mit Gebläse auf der Reinluftseite (Abb. 4.48) arbeitet nach dem Zyklonprinzip. Um einen möglichen Explosionsablauf zu begünstigen, wurde der Filterkorb mit dem Filtertuch entfernt, so dass ein freies

Volumen von 220 l entstand. Zusätzlich wurden Explosionsdruckmessungen mit hochempfindlicher Gebereinstellung durchgeführt.

Es gelangte ein Farbstoff-Feinstaub hoher Brennzahl ( $p_{\max} = 9,4$  bar,  $K_{St} = 290 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) zur Anwendung, von dem aus anderen Untersuchungen bekannt war, dass er bei Aufwirbeln durch ein Glimmnest leicht entzündet werden kann.

Es wurde wie folgt vorgegangen:

- Vorgabe der für die gewünschte Staubkonzentration halben Staubmenge im Saugergehäuse, Ansaugen der restlichen Staubmenge mit anschließendem Glimmnest von der U-Schiene und einer weiteren Staubschüttung, nicht um eingesaugt zu werden, sondern um bei Rückzündung aus dem Gehäuse eine Sekundärexplosion ausserhalb besser zu erkennen.
- Vorgehen wie oben beschrieben, jedoch ohne Glimmnest, aber Anordnung einer Zündquelle (pyrotechnische Zünder:  $E = 10 \text{ kJ}$ ) in Raummitte des Gehäuses und Aktivierung nach Einsaugen der entsprechenden Staubmenge.

Tabelle 4.3 fasst das Untersuchungsergebnis zusammen.

**Tabelle 4.3:** Untere Explosionsgrenze UEG und Explosionskenngrößen von Farbstoff-Feinstaub bei Betriebsbedingungen im 220 l-Industriestaubsauger bei verschiedenen Zündquellen ( $p_{\max} = 9,4$  bar,  $K_{St} = 290 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )

Zündquelle	UEG [g/m <sup>3</sup> ]	Optimalkonzentration [g/m <sup>3</sup> ]	$p_{\max}$ [bar]	$(dp/dt)_{\max}$ [bar/s]	Bemerkungen
Glimmnest	~ 1500	~ 5500	0.1	~ 1.0	Sekundärexplosionen ausserhalb
E = 10kJ	~ 400	~ 1800	0.1	5.9	-

Während die untere Explosionsgrenze des verwendeten Produkts nach dem Normverfahren UEG = 60 g/m<sup>3</sup> beträgt, müssen ähnlich wie bei den Untersuchungen von Scholl erhebliche Staubmengen, einschliesslich des Glimmnestes, eingesaugt werden, damit eine merkliche Druckäusserung der inhomogenen Gemische (Zyklonprinzip) im Industriestaubsauger überhaupt auftritt. Deutlich höher ist die Optimalkonzentration, bei der sich maximale Explosionskenn-