

Staubexplosion und deren Zündung

HARTWIG STRAUB

Wenn in Filteranlagen explosionsfähige Stäube auftreten, sind Explosionen nicht auszuschließen. Verschiedene Schutzmaßnahmen müssen getroffen werden. Hier werden die sicherheitstechnisch relevanten Begriffe für explosible Stäube und die Explosionsschutzmaßnahmen vorgestellt. Außerdem wird über die Ergebnisse verschiedener Explosionsversuche berichtet, bei denen Sternfiltereinsätze als Flammensperre wirken.

Voraussetzung für die Planung von Schutzmaßnahmen ist die Ermittlung der sicherheitstechnisch relevanten Stoffdaten für die Stäube.

Sicherheitstechnische Kenngrößen

Zu den wichtigsten sicherheitstechnischen Kenngrößen und Eigenschaften für abgelagerten Staub gehören Brennzahl, Glimmtemperatur, Selbstentzündung und exotherme Zersetzung. Für aufgewirbelten Staub sind es Staubexplosionsfähigkeit, maximaler Explosionsdruck, maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit [Kst-Wert], Explosionsgrenzen, Mindestzündenergie, Zündtemperatur, Sauerstoffgrenz-Konzentration sowie Brennbarkeit des Schwelgases und Schwelppunkt. Nähere Angaben zur Ermittlung der sicherheitstechnischen Kenngrößen finden sich in den VDI-Richtlinien »VDI 2263 Verhütung von Staubbränden und Staubexplosionen« und in »VDI 3673 Druckentlastung von Staubexplosionen«.

Staubexplosions-Fähigkeit

Staubexplosionsfähigkeit ist gegeben, wenn in einem Staub/Luftgemisch nach Zündung eine Flammenausbreitung auftritt, die im geschlossenen Behälter mit einer Drucksteigerung verbunden ist. Experimentell wird sie festgestellt mit Hilfe einer Zündquelle von ausreichender Energie (bis maximal 10 kJ) in einer Staubwolke von genügender Ausdehnung. Der Explosionsdruck P_{ex} und der zeitliche Druckanstieg dp/dt beschreiben die Heftigkeit, mit der Staub/Luftgemische beliebiger Konzentration im Falle einer Zündung reagieren. Höchstwerte (maximaler Explosionsdruck P_{max} , maximaler zeitlicher Druckanstieg $(dp/dt)_{max}$ –

auch maximale Druckanstiegsgeschwindigkeit genannt) ergeben sich aus Untersuchungen über einen breiten Konzentrationsbereich. Der maximale Explosionsdruck wird in der Regel in einer 20-Literkugel mit in der Mitte angeordneter Zündquelle ermittelt. Der maximale zeitliche Druckanstieg ist dagegen volumenabhängig. Er nimmt mit steigendem Volumen nach dem »kubischen Gesetz« ab, wobei der Kst-Wert eine staub- und prüfverfahrensspezifische Kenngröße und unabhängig von der Behältergröße ist. Das kubische Gesetz gilt ebenfalls für Volumina 20 dm³. Die Kst-Werte sind in folgende Staubexplosionsklassen eingeteilt:

Kst [bar · m · s⁻¹]: Kst I > 0 ... 200,
Kst II > 200 ... 300, Kst III > 300.

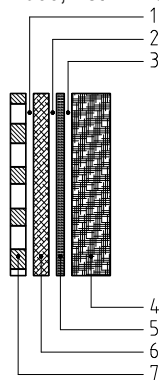


Bild 1: Filtratbildung: die Positionen 1, 2, 3 bezeichnen die Zwischenräume, die bei der Regeneration der Filterfläche entstehen, 4 ist der Filterkuchen, 5 die Filterhilfsschicht, 6 das Filtermedium und 7 der Stützträger. Das Filtermedium ist in vielen Fällen nicht leitend, der Stützträger ist leitend. Im Regenerierungsfall mit Druckluft kommt es zur Ablösung und zur Zwischenraumbildung. Im Falle von leitendem Filtermedium kann es zur Funkenbildung im Zwischenraum 1 kommen und das Filtermedium somit zur Zündquelle werden. Das Gleiche geschieht beim Ablösen der Filterhilfsschicht vom Filtermedium im Zwischenraum 2. Hier kann es bei leitendem Filtermedium zur Funkenentladung kommen. Im Zwischenraum 3 ist eine Entladung nicht zu erwarten. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass leitendes Filtermedium das Explosionsrisiko erhöht.

Explosionsgrenzen

Die Explosionsgrenzen (Zündgrenzen) beschreiben den Konzentrationsbereich der Stäube im Gemisch mit Luft, innerhalb dessen Explosionen möglich sind. Bestimmt wird gewöhnlich die untere Explosionsgrenze. Grundsätzlich kann die untere Explosionsgrenze von Staub/Luftgemischen entweder experimentell

durch Explosionsversuche bestimmt oder durch thermochemische Berechnungen ermittelt werden.

Mindestzündenergie

Die Mindestzündenergie eines brennbaren Staubes im Gemisch mit Luft ist nach der festgelegten Arbeitsweise (Richtlinie zur Bestimmung der Mindestzündenergie von Staub/Luftgemischen) der ermittelte niedrigste Wert der kapazitiv gespeicherten Energie, die bei der zeitlich gedehnten Entladung über eine Funkenstrecke ausreicht. Das zündwilligste Staub/Luftgemisch zündet bei 1 bar und bei Raumtemperatur. Für die Entzündung eines explosionsfähigen Gemisches ist nicht nur die Mindestzündenergie die entscheidende Größe. Insbesondere bei Stäuben spielen auch andere Parameter z. B. Zündquelle, Stoffe, Turbulenz des Staub/Luftgemisches und Temperatur des Staub/Luftgemisches eine wesentliche Rolle. Deshalb kann die mit der vereinbarten Methode gemessene Mindestzündenergie wohl auf betriebliche Verhältnisse übertragen werden, bei denen Kondensatorentladungen vorliegen. Nicht ohne weiteres aber ist eine Übertragung für andersartige Zündquellen wie z. B. elektrostatische Entladungen von Isolatoren oder mechanische Funken möglich. Die Kenngröße Zündtemperatur beschreibt das Zündverhalten des aufgewirbelten Staubes an heißen Flächen. Sie ist definiert als die niedrigste Temperatur einer erhitzten Fläche, an der das entzündlichste Gemisch des betreffenden Staubes mit Luft gerade noch zur Entzündung gebracht wird. Die zur Verfügung stehenden Apparaturen können teilweise auch Schwelgasreaktionen mitefassen.

Sauerstoff-Grenzkonzentration

Die Sauerstoff-Grenzkonzentration in einem Staub/Luft-Inertgas-Gemisch wird experimentell als diejenige Sauerstoffkonzentration bestimmt, bei der gerade keine Staubexplosion mehr möglich ist. Sie ist eine für den Staub und das Inertgas spezifische temperaturabhängige Größe. Die Sauerstoff-Grenzkonzentration kann durch Explosionsversuche bestimmt werden. Aus der experimentell ermittelten Sauerstoff-

Grenzkonzentration ergibt sich für die Praxis – durch Einbeziehung einer Sicherheitsspanne – die höchstzulässige Sauerstoffkonzentration.

Explosionsschutz-Maßnahmen

Bei den Schutzmaßnahmen wird zwischen den vorbeugenden und den konstruktiven Explosionsschutzmaßnahmen unterschieden. Zu den ersteren gehören alle Maßnahmen, die die Bildung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre verhindern oder einschränken (primäre Explosionsschutz-Maßnahmen) und die Maßnahmen, die eine Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre vermeiden (Vermeiden von Zündquellen). Konstruktive Explosionsschutz-Maßnahmen lassen Explosionen im Innern einer Apparatur zu, beschränken aber deren Auswirkungen auf ein unbedenkliches Maß (vgl. Explosionsschutz-Richtlinie der Berufsgenossenschaft, Kap. E 1, E 2 und E 3). In Bezug auf Staubexplosionen sind vorbeugende und konstruktive Explosionsschutz-Maßnahmen gleichwertig. Bei der Auswahl der zu treffenden Schutzmaßnahmen können unter anderem auch wirtschaftliche Gesichtspunkte ausschlaggebend sein.

Die Schutzmaßnahme Inertisierung verhindert bei sachgemäßer Anwendung das Entstehen von Explosionen. Der höchste zulässige Sauerstoffgehalt ist produktspezifisch. Bei organischen Stäuben sind Staubexplosionen bei einer Sauerstoffkonzentration von unter 8 Vol.-% und bei Metallstäuben von unter 4 Vol.-% im Allgemeinen ausgeschlossen. In Zweifelsfällen oder bei der Notwendigkeit, die angegebenen Werte zu überschreiten, sind die genauen Sauerstoff-Grenzkonzentrationen zu bestimmen. Der höchstzulässige Sauerstoffgehalt sollte mindestens 2%-Punkte unter der ermittelten Sauerstoff-Grenzkonzentration liegen.

Die Inertisierung ist zu überwachen. Dies kann geschehen durch kontinuierliche oder intermittierende Messung. Vorher sind in einer ausreichend langen Fahrperiode sichere Betriebsbedingungen für die Inertisierung festzulegen. Nach jeder Änderung an der Anlage ist erneut sorgfältig der Inertisierungsgrad der in Frage kommenden Anlagenteile zu ermitteln, bei allen bekannten Betriebszuständen. Bei Ausfall des Inertisie-

rungsgases wird automatisch der Alarm ausgelöst. Durch die hier beschriebene Inertisierung können Brände nicht in jedem Falle ausgeschlossen werden. Gegen thermische Zersetzungen bzw. Deflagration ist Inertisierung keine wirkungsvolle Schutzmaßnahme.

Vermeiden von Zündquellen

Zu unterscheiden ist hier zwischen üblichen Zündquellen (Schweißen, Schleifen, Rauchen) und den bei Störungen nicht auszuschließenden Zündquellen (Fremdkörper in Mühlen, Stiftbruch). Erstere werden durch organisatorische Maßnahmen (z. B. Erlaubnisscheine) sicher ausgeschlossen. Lassen sich auch die betrieblichen Zündquellen, die aufgrund ihrer Eigenschaften (z. B. Energie, Temperatur, Zeitverlauf) in der Lage sind, Staub/Luftgemische zu entzünden, sicher ausschließen, so wird dies einhellig als ausreichende Schutzmaßnahme gegen Staubexplosionen angesehen. Besondere Vorsicht bei der Anwendung dieser Schutzmaßnahme ist bei Stäuben mit sehr niedriger Mindestzündenergie (nicht größer als 10 mJ) und bei hybriden Gemischen geboten. Als bedeutsame Zündquellen für Staub/Luftgemische sind zu beachten: heiße Oberflächen, Flammen und heiße Gase, mechanisch erzeugte Funken, nicht explosionsgeschützt ausgeführte elektrische Anlagen, Entladungen statischer Elektrizität, stark exotherme chemische Reaktionen und Glimmnester.

Die Zündfähigkeit mechanischer Funken aus rotierenden Stahlteilen unter folgenden Bedingungen für die Relativgeschwindigkeit geführt: $v < 1$ m/s wird nicht als zündfähig angesehen, dagegen bei $v = 1 - 10$ m/s müssen von Fall zu Fall Überlegungen angestellt werden, bei denen produkt- und materialspezifische Daten zu berücksichtigen sind, und bei $v > 10$ m/s wird in jedem Fall dieses als zündfähig angesehen. Über Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen siehe Richtlinie TRBS 2153 »Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen« Aufgrund aller bisherigen Erfahrungen und neuen Erkenntnissen aus Versuchen entzünden nach dem heutigen Stand der Kenntnisse Büschelentladungen, wie sie im Betrieb auftreten können, Staub/Luftgemische nicht. Im Folgenden wird ein Kunststoff dann gefährlich hoch aufladbar

genannt, wenn Gleitstielbüschel-Entladungen entstehen können. Die Unterschreitung der unteren Explosionsgrenze kann in besonderen Fällen eine ausreichende Schutzmaßnahme sein (z. B. Abströmseite von Abscheidern, Objektabsaugung). Es ist jedoch zu beachten, dass abgelagerter Staub aufgewirbelt werden kann.

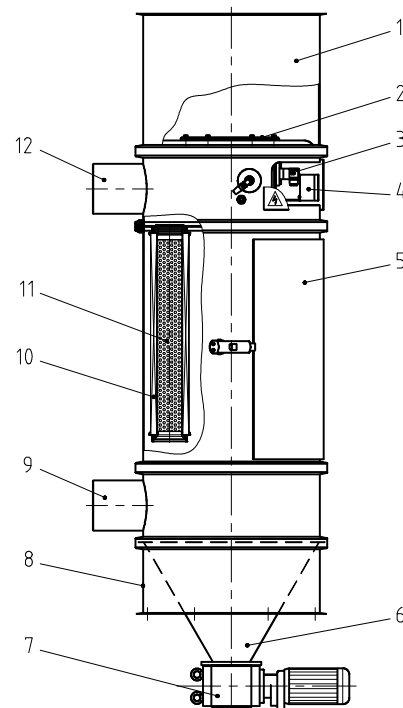


Bild 2: Produktabscheider mit Zellenradschleuse, Bersteinrichtung und Entlastungsschlot: Einsatz bei Stäuben der Kst-Klasse III, $> 300 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, beispielsweise Pulverlack, Aluminiumstäube, Farbpigmente, Stärke, Kohlenstaub, etc. (1 Entlastungsschlot, 2 Bersteinscheibe, 3 Ex-Servoventile, 4 Ex-Verteilergehäuse, 5 Rohgaskammer mit Wartungsöffnung, 6 Abscheidetrichter, 7 Zellenradschleuse, 8 Befestigungs- und Aufsatzring, 9 Rohgaseinführung, 10 Sternfilter, 11 Stützrohr, 12 Reingasabführung)

Konstruktive Explosionsschutz-Maßnahmen

Bekannt sind explosionsdruckfeste und -druckstoßfeste Bauweisen für den maximalen Explosionsdruck. Die nach dieser Schutzart ausgelegten Apparate widerstehen dem maximalen Explosionsdruck. Dieser beträgt bei organischen Stäuben bis zum 10fachen, bei Metallstäuben bis zum 15fachen des Ausgangsdruckes. Die Auslegung der Apparate erfolgt für die explosionsdruckfeste Bauweise nach den AD-Merkblättern. Diese Bauweisen sind besonders bei Explosionsgefahren von gesundheitsgefährdenden, toxischen oder die Umwelt schädigenden Produkten einsetzbar.

Nicht für den maximalen Explosionsdruck ausgelegte Apparate sind bei Staubexplosionsgefahr nur in Verbindung mit Schutzmaßnahmen, wie Inertisierung, Vermeiden von Zündquellen, Explosions-Druckentlastung, Explosionsunterdrückung oder Explosionssperren anzuwenden.

Explosions-Druckentlastung

Eine Druckentlastungseinrichtung gibt nach Erreichen eines bestimmten Ansprechdruckes definierte Öffnungen so rechtzeitig frei, dass unverbranntes Gemisch und Verbrennungsgase in die Atmosphäre entlassen werden. Dadurch wird der Explosionsdruck auf einem niedrigeren Wert gehalten als dem maximalen Explosionsdruck entspricht. Er wird »reduzierter Explosionsdruck« genannt. Die experimentelle Erfahrung hat gezeigt, dass eckige, für den drucklosen Zustand konzipierte Apparate bis zu einem Volumen von einigen Kubikmetern Inhalt in der Regel einem Explosionsüberdruck von P_{red} bis 0,2 bar ohne bleibende Verformung widerstehen und rund konzipierte Apparate über 0,2 bar widerstehen. Die Apparate sind explosionsdruckfest oder explosionsdruckstoßfest für den zu erwartenden reduzierten Explosionsdruck auszulegen. Bei der Anwendung von Ausblasleitungen ist deren Einfluss auf die Anhebung des reduzierten Explosionsdruckes zu berücksichtigen (vgl. auch Richtlinie »VDI 3673 Druckentlastung von Staubexplosionen Pkt. 7.2«).

Explosionsunterdrückung

Bei der Anwendung dieser Schutzmaßnahme werden Explosionsflammen bereits im Anfangsstadium einer Explosion durch rasche Eingabe von Löschmitteln abgelöscht und Auswirkungen auf das Innere von Behältern beschränkt. Wie bei der Schutzmaßnahme Druckentlastung wird auch hier der Aufbau eines unzulässig hohen Explosionsdruckes verhindert. Da hier jedoch bei einem Ereignis keine Flammen oder verbrannte bzw. unverbrannte Produkte aus der Apparatur austreten, ist diese Schutzmaßnahme auch bei toxischen oder umweltschädigenden Produkten anwendbar. Die Wirksamkeit dieser Schutzmaßnahme ist jedoch in Bezug auf Produkteigenschaften, Explosionsheftigkeit und Löschmittel für jedes Produkt experimen-

tell nachzuweisen. Die Apparatur sollte bei Anwendung dieser Schutzmaßnahme mindestens einem Explosionsüberdruck von 1 bar standhalten.

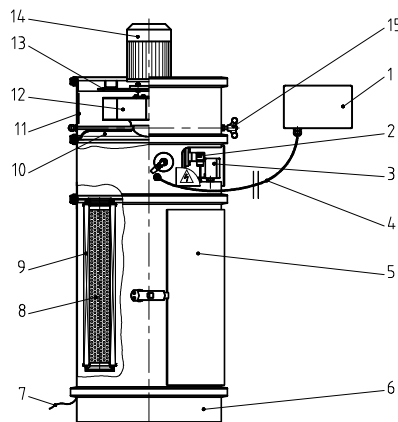


Bild 3: Aufsatzfilterapparat mit Ventilator: Einsatz bei Stäuben der Kst-Klasse III, $> 300 \text{ bar} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, beispielsweise Pulverlack, Aluminiumstäube, Farbpigmente, Stärke, Kohlenstaub, etc. (1 Steuerung in nicht Ex-Zone, 2 Ex-Servventile, 3 Ex-Verteilergehäuse, 4 Verbindungskabel, 5 Rohgaskammer mit Wartungsöffnung, 6 Befestigungs- und Aufsatzring, 7 Masseerdung, 8 Stützrohr, 9 Sternfilter, 10 Einströmdüse Ventilator, 11 Wandauskleidung für Ventilator-Laufrad, 12 Ventilator-Laufrad, 13 Griffschutz-Scheibe für Ventilator-Laufrad, 14 Ex-Motor für Ventilator-Direktantrieb, 15 Luftmengen-Regulierung für Ventilator)

Explosionssperren

Die Anwendung von Explosionssperren ist immer dann sinnvoll, wenn der konstruktiv ungeschützte Teil einer Fabrikationsanlage von einem konstruktiv geschützten Teil, in dem mit dem Auftreten von Explosionen zu rechnen ist, sicher zu trennen ist oder wenn Behälter durch Rohre untereinander verbunden sind, in denen – bedingt durch Vorkompression und Flammenstrahlzündung – im Falle einer Explosion überhöhte Druckspitzen auftreten. Besonders wenn die Behälter von unterschiedlichem Volumen sind, muss ein Explosionsübertritt vom größeren in den kleineren Behälter verhindert werden. Als Explosionssperren werden eingesetzt: automatische Löschmittelsperren, Schnellschluss-Ventile, Schnellschluss-Klappen, Schnellschluss-Schieber mit Schließzeiten in einer Größenordnung von 50 ms und Zellenrad-schleusen. Derartige Explosionssperren müssen z. B. im Hinblick auf die Gesamtschließzeit (Ansprechzeit und Absperrzeit) und den Einbauort für den jeweiligen Anwendungsfall geprüft und im Betrieb entsprechend gewartet werden.

Entkoppeln von Anlagen durch Entlastungsschlote

Der Entlastungsschlot besteht aus Leitungsteilen, die durch ein spezielles Rohrstück miteinander verbunden sind. Den Abschluss gegen die Atmosphäre bildet eine Abdeckplatte oder Berstscheibe. Eine Explosionsübertragung vom zuführenden Leitungsteil in den abführenden Leitungsteil soll durch Änderung der Strömungsrichtung um 180° bei gleichzeitiger Explosionsdruckentlastung infolge Öffnens der Entlastungseinrichtung verhindert werden. Wegfliegende Teile müssen durch einen Schutzkorb aufgefangen werden. Die Entlastung muß grundsätzlich in eine ungefährliche Richtung erfolgen, z. B. nicht in Betriebsräume und Verkehrswege. Durch diese Konstruktion kann die Explosionsübertragung nicht immer zuverlässig verhindert werden. Es wird jedoch die Ausbreitung der Flammenfront so gestört, dass in dem nachgesetzten Leitungsteil nicht mit einer Flammenstrahlzündung, sondern höchstens wieder mit einem langsamen Anlaufen der Explosion zu rechnen ist.

Beurteilung von zu schützenden Apparaturen

Die nachfolgenden Ausführungen gelten für die Verarbeitung staubexplosionsfähiger Produkte. Wie bereits dargelegt, ist bei der Anwendung der alleinigen Schutzmaßnahme Vermeidung von Zündquellen bei einer sehr niedrigen Mindestzündenergie unter 10 mJ und bei hybriden Gemischen besondere Vorsicht geboten. Dabei ist zu beachten, dass mit steigender Temperatur des Produktes die Mindestzündenergie abnimmt. Hohe Gas- und Wärmefreisetzung können weitergehende Schutzmaßnahmen erfordern. Bei der Anwendung der alleinigen Schutzmaßnahme – Vermeiden von Zündquellen – ist jeweils neben der Untersuchung der betroffenen Apparate auf Zündquellen auch die Möglichkeit des Eintrages von Glimmnestern aus vorangeschalteten Anlagenteilen zu prüfen. Unter Beachtung der elektrostatischen Erdungsmaßnahmen sind pneumatische Förderleitungen keine Zündquellen. Elektrostatisch gefährlich hoch aufladbare Auskleidungen sind unzulässig. Elektrostatisch nicht leitfähige Kunststoffrohre mit Wanddicken unter 8 mm dürfen

wegen der Gefahr von Gleitstielbüschel-Entladungen nicht verwendet werden.

Entstaubungsanlagen

Einzelentstaubungs-Anlagen sind Zentralentstaubungs-Anlagen vorzuziehen. Ventilatoren von Entstaubern sollten in den Reinfluftstrom hinter einem Staubabscheider (Filter, Zyklon) eingebaut werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Staubabscheider durchschlägt und gleichzeitig ein Gebläserad schleift und dadurch zur Zündquelle wird, ist außerordentlich gering. Unter Umständen ist zu empfehlen, einen Ventilator außerhalb des Verkehrsbereichs, z. B. auf einem Dach aufzustellen oder über eine Staubmessung die ordnungsgemäße Arbeitsweise des Staubabscheiders zu überwachen. Örtliche offene Absaugungen z. B. an Abfüllstellen sollten von geschlossenen Entstaubungssystemen von Produktionsanlagen getrennt werden. Werden jedoch offene und geschlossene Absaugungen zusammen auf einen gemeinsamen Staubabscheider geführt, sind gegebenenfalls die einzelnen Absaugstellen gegen Rückschläge aus dem Sammelssystem zu schützen, z. B. durch Schnellschluss-Schieber oder Schnellschluss-Ventile (Ventex-Ventile). Gewebe- oder Sternfilter scheiden im Allgemeinen als mögliche Zündquelle aus, wenn alle leitfähigen Teile der Anlage elektrostatisch geerdet sind und die Regeneration der Filter pneumatisch erfolgt. Schärfere Maßstäbe sind anzulegen, wenn Stäube mit sehr niedriger Zündenergie oder hybride Gemische vorliegen. Mechanisch betätigte Abrütteleinrichtungen können zur Zündquelle werden. Beim Einsatz elektrostatisch leitfähiger Filtergewebe muss gewährleistet sein, dass auch unter langzeitiger betriebsüblicher Handhabung (Verschmutzung und häufiges Waschen) die Ableitung elektrostatischer Aufladungen erhalten bleibt. Metallisierte Fasern, einfach eingelegte dünne Drähte oder aufgesprühte Antistatikmittel erfüllen diese Forderung nicht. Zur Beurteilung der Leitfähigkeit sind Messungen nach DIN 54 345, Teil 5 erforderlich.

Der Einsatz von elektrostatisch leitfähigen Filtergeweben ist nur beim Umgang mit hybriden Gemischen erforderlich, nicht jedoch bei Staub/Luftgemischen ohne Lösemittelanteile. Bei der Anwendung der Schutzmaßnahme Inertisierung

erübrigt sich die Verwendung von elektrostatisch leitfähigen Filtergeweben.

Bei dem Einsatz elektrostatisch nicht leitfähiger Filtergewebe sind Stützkörbe und Befestigungsteile zu erden. Stützringe aus Metall in der bisher üblichen Ausführung stellen im Allgemeinen bei Schlauchdurchmessern unter etwa 200 mm Durchmesser wegen ihrer geringen Kapazität keine Zündgefahr dar. Das gleiche gilt für Schlauch- und Taschenfilter. (Bild 1)

Explosionsversuche

Bei explosionsfähigen Stäuben in Filteranlagen sind Staubexplosionen mit Sicherheit nicht auszuschließen. Die konstruktive Explosionsmaßnahme, hier die Druckentlastung, verhindert den Aufbau des Explosionsdruckes auf einen unzulässig hohen Wert. Die rechnerische Festlegung der Filterapparate-Festigkeit und deren Verbindungselemente bereitet Schwierigkeiten. Aufgrund der kurzzeitigen dynamischen Einwirkung einer Explosion liegt oftmals die tatsächliche Belastbarkeit oberhalb der statischen Belastbarkeit. Es wurden Explosionsversuche mit Aluminiumstaub in druckentlasteten Apparaten durchgeführt. (Bilder 2 und 4) Die Druckentlastung erfolgte über die Abluftseite direkt ins Freie. Die Versuchsergebnisse erbrachten, dass bei den eingesetzten Apparaten die mechanische Festigkeit der Konstruktion von den Baureihen nicht überschritten wurde. Die Durchführung der Explosionsversuche erfolgte in Anlehnung an das VDI-Verfahren. Das Einblasen des Staubes geschah mit einem Staubbehälter mit 5,4 Liter Inhalt, einem Überdruck von 20 bar und einer Zündverzögerung zwischen 0,6 bis 0,3 Sekunden bei einer Zündenergie von 10.000 J. Der Aluminiumstaub hatte einen Kst-Wert von 625 bar·m·s⁻¹. Bei den Tests wurden Sternfiltereinsätze eingesetzt. Sie wirkten als Flammensperre. Die beschriebenen Versuche wurden von der ts-systemfilter gmbh durchgeführt. Sie zeigten, dass Sternfilter eine Flammensperre darstellen und den Explosionsdruck trotzdem durchlassen. Dadurch ist es möglich, den Filterapparat im Arbeitsraum zu betreiben und über den Entlastungsschlot die Druckwelle abzuleiten. Weitere Tests und die Anwendungserfahrung zeigen auf, dass elektrisch leitfähiges Filtermedium in der

Praxis eher als Zündquelle in Erscheinung tritt als nicht leitendes Filtermaterial in einem Pulver-Luft-Gemisch.

Heute ist man zu der Erkenntnis gelangt, dass Filterapparate mit diesen Konstruktionsmerkmalen sicher in der Anlage angewendet werden können. Für die Zukunft wünschenswert bleibt die Untersuchung der elektrostatischen Vorgänge in der Praxis – eine preiswerte Sensorik zur Erfassung von kritischen Situationen.

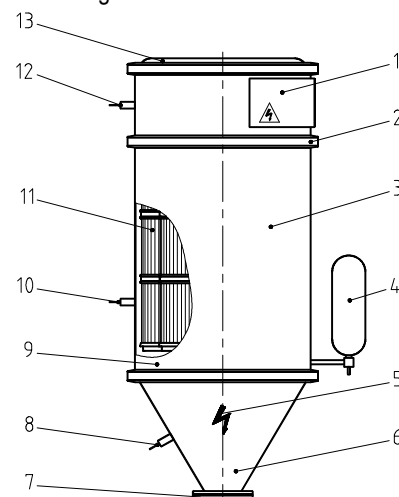


Bild 4: Testaufbau zur Prüfung der Explosionsfestigkeit bei Druckentlastung auf der Abströmseite (1 Regenerierungseinheit mit Ventilen und Elektroniksteuerung, 2 Trennkante zwischen An- und Abströmseite, Sternfilter-Halteplatte und Reinigungsdüsen-Halteplatte sind hier eingebaut, 3 Rohgaskammer mit den Sternfiltern, 4 Staubeinblasbehälter, 5 Zünder, 6 Abscheidetrichter, 7 Bodenflansch, 8 Druckaufnehmer, 9 Absetzkammer-Rohgaskammer, 10 Druckaufnehmer, 11 Sternfilter bestaubt, 12 Druckaufnehmer, 13 Deckel mit Bersteinrichtung)

Schutzziele:

Bei Zone 20 sind zwei unabhängige Schutzmaßnahmen erforderlich. Wir realisieren dies mit **Zündquellenfreiheit** und der **Regeneration** der Filterfläche mittels sequenziellen Druckluftstößen. Bei einer Druckdifferenz gesteuerter Regeneration der Filterfläche mit sequenziellen Druckluftstößen, unter Ausschluss einer **Zonenverschleppung** vom Rohgasraum in den Reingasraum und einer bestimmungsgemäßen Verwendung entfallen die Anforderungen an die Gerätekategorie. Durch den Prozess wird der notwendige Sicherheitsabstand zur UEG eingehalten und die Zonenfreiheit des Abluftstroms auf der Reingasseite sicher gestellt.

Quelle: VDMA-Positionspapier ATEX-Richtlinie – Filternde Abscheider, Stand Februar 2017