

Sicherer Schutz vor Staubexplosionen

Konstruktive und organisatorische Maßnahmen für den Einsatz von Entstaubungsanlagen

Dipl.-Ing. Klaus Rabenstein

Staubexplosionen sind keine Seltenheit, und in der Statistik der Schadenshäufigkeit stehen Entstaubungsanlagen neben Silos und Bunkern an erster Stelle. Die Entstaubungsgeräte von Herding wirken als filternde Abscheider. Als Filtermedium kommt der Sinterlamellenfilter zum Einsatz. Voraussetzung für den sicheren Betrieb der Anlagen ist die Kenntnis der Brenn- und Explosionskenngrößen der Stäube und der explosionsgefährdeten Bereiche im Entstauber.

Zunächst sind vorbeugende Schutzmaßnahmen zu ergreifen. Dazu gehören das Inertisieren zum Vermeiden einer explosionsfähigen Atmosphäre und die Zündquellen- mit Zündgefahrenanalyse, um wirksame Zündquellen auszuschalten. Als Zündquellen kommen bei Entstaubern heiße Oberflächen oder Partikel, mechanisch erzeugte Funken, elektrische Anlagen, statische Elektrizität und die Selbstentzündung von Stäuben in Betracht. Neben konstruktiven Lösungen – dazu gehören Funkenvorabscheider, die Verwendung von elektrischen und nicht elektrischen Betriebsmitteln in der entsprechenden Gerätekategorie sowie die Zwangserdung von Filterelementen – sind auch organisatorische Maßnahmen anzuwenden. Beispiele sind die Erdung des Filtergeräts mit regelmäßiger Kontrolle und der ständige Staubaustrag zur Reduzierung von Lagermenge und Lagerzeit des Staubes im Filtergerät.

Konstruktiver Explosionsschutz

Kann im Gefahrendreieck das gleichzeitige Vorliegen von Staub, Luftsauerstoff und wirksamer Zündquelle nicht erfolgreich vermieden werden, so kann es zu einem Explosionsereignis kommen. Zum Schutz von Mensch, Maschine, Betriebswirtschaft und Umwelt muss der Betreiber konstruk-

tive Explosionsschutzmaßnahmen vorsehen. Filternde Abscheider sind in explosionsfester Bauweise auszuführen, entweder explosionsdruckfest oder explosionsdruckstoßfest. Im Spannungs-Dehnungs-Diagramm der Metalle wird der Unterschied deutlich. Bei explosionsdruckfesten Behältern ist die Wandstärke und konstruktive Ausführung so gewählt, dass die Druckbelastung durch eine Explosion im elastischen Bereich, bei maximale 2/3 der Fließgrenze liegt. Dadurch wird eine bleibende Verformung ausgeschlossen und der Behälter nicht beschädigt. Bei explosionsdruckstoßfesten Ausführungen ist die Konstruktion und Wandstärke so berechnet, dass die Belastung bei einem Explosionsereignis bis zur Fließgrenze ansteigen

kann. Eine bleibende Verformung ist hier zulässig, der Behälter darf aber nicht aufreißen. Diese beiden Ausführungen können für den maximalen Explosionsüberdruck p_{max} oder auch für einen reduzierten, maximalen Explosionsüberdruck $p_{red,max}$ ausgeführt sein.

Die Filtergeräte von Herding wurden mit Berechnungen und Wasserdruckprüfungen optimiert. Die Druckstoßfestigkeit von 0,7 bar wurde mit Explosionsversuchen nachgewiesen, nicht nur für Einzelgeräte, sondern auch für Modulgeräte für größere Volumenströme. Beide Varianten sind in Normalstahl und Edelstahl erhältlich.

In explosionsdruckstoßfesten Filtergeräten wird der reduzierte, maximale Explosionsüberdruck durch Einrichtungen zur Druckentlastung oder Unterdrückung sowie den Maßnahmen zur Volumenbegrenzung erreicht. Bei der Explosionsdruckentlastung an Filtergeräten baut man in eine Wand eine Entlastungsfläche, z. B. eine Berstscheibe, ein. Diese öffnet bei einer anlaufenden Explosion bei einem geringen Druck von beispielsweise 0,1 bar und lässt die Explosion mit Druck und Flamme aus dem Behälter austreten. Dadurch stellt sich im zu schützenden Filtergerät der reduzierte maximale Explosionsüberdruck $p_{red,max}$ ein. Die Druckentlastung mit dem Druck- und Flammenausstoß nach außen ist nur für eine Aufstellung im Freien und nicht bei toxischen Stäuben zulässig. Sollte das Filtergerät im Inneren eines Gebäudes aufgestellt werden, sind Abblaskanäle zu verwenden, die den Druck und die Flamme nach der Berstscheibe sicher ins Freie ableiten. Ein Sicherheitsbereich ist für die Druck- und Flammenwelle auszuweisen.

Eine weitere Möglichkeit ist die flammenlose Druckentlastung. Durch einen luft-



Mit konstruktiven Schutzmaßnahmen lassen sich die Auswirkungen von Explosionen reduzieren



Die Entlastungsflächen an Filtergeräten öffnen sich bereits bei geringen Drücken und lassen die Explosion aus dem Behälter austreten

durchlässigen porösen Körper hinter der Bertscheibe werden die Flammen adsorbiert und die bei der Explosion entstehenden Gase abgekühlt. Beim Abkühlen verringern sich das Volumen der Gase und dadurch auch der Druck. Im Entstauber stellt sich der reduzierte, maximale Explosionsüberdruck ein und ein Flammen- und Druckausstoß in die Umgebung erfolgt nicht. Die flammenlose Druckentlastung darf ebenfalls nicht bei toxischen Stäuben angewendet werden, ist aber für eine Innenaufstellung im Gebäude konzipiert.

Die Explosionsunterdrückung arbeitet mit Druck- und Flammendetektoren. Bei einer anlaufenden Explosion wird ein Signal an die Steuerzentrale gegeben und dann die Löschmittelbehälter geöffnet. Diese mit einem Druckgas vorgespannten Löscher stoßen schlagartig Löschpulver aus, innerhalb von ca. 80 ms ist die Explosion abgelöscht. Diese Schutzmaßnahme wirkt nicht in die Umgebung, und die Aufstellung am Arbeitsplatz ist möglich. Ferner eignet sich die Unterdrückung für toxische und nicht toxische Stäube.

Kostengünstige Alternative

Druckentlastung und Unterdrückung erfordern zusätzliche Bauteile am zu schützenden Filtergerät. Bei der Volumenbegrenzung haben die installierten Filterelemente eine Doppelfunktion. Zum einen dienen sie bei der bestimmungsgemäßen Verwendung zur Abscheidung der Staubpartikel aus dem Gasstrom, zum anderen erfolgt bei einem Explosionsereignis über sie ein Überströmen der expandierenden Druckgase von der Rohgas- auf die Reingasseite des Filtergeräts. In Explosionsver-



Das Filtergerät mit Sinterlamellenfilter eignet sich bei der Maßnahme der Volumenbegrenzung für toxische und nicht toxische Stäube

suchen ist nachzuweisen, dass die Geometrie und Größenverhältnisse des Roh- zu Reingasraums ausreichend sind. Eine im Filtergerät anlaufende Explosion kann sich nicht weiter entwickeln und der sich im kompletten Filtergerät einstellende Druck liegt unterhalb der Behälterfestigkeit. Dieser Anforderung entspricht die Ausführung des Sinterlamellenfilters als Starrkörperfilter. In speziell konzipierten und geprüften Filtergeräten wurde die Handhabung organischer Stäube der Staubexplosionsklasse St2 mit einem maximalen Explosionsüberdruck vom 10 bar nachgewiesen. Da Druck und Flammen

nicht aus dem Filtergeräte entweichen, eignet sich der so ausgeführte Entstauber auch für die Aufstellung im Betriebsraum.

Zusätzlich zu den Maßnahmen im und am zu schützenden explosionsdruck- oder explosionsdruckstoßfesten Behälter ist eine Explosionsentkopplung zu vor- und nachgeschalteten Apparaturen notwendig. Der Druck und die Flamme sind zu entkoppeln. Eine Explosionsübertragung durch die Roh- und Reingasrohrleitung des Filtergeräts und beim Staubaustrag ist nicht zulässig. Der Sinterlamellenfilter wirkt bei Staubexplosionen nachweislich flammensperrend, weshalb im Reingasraum des Filtergeräts lediglich der reduzierte, maximale Explosionsüberdruck vorliegt. Für diesen Druck ist die nachgeschaltete Reingasrohrleitung und alle ein- und angebauten Apparaturen zu konzipieren.

Beim Staubaustrag ist ein am Filtergerät angebautes, mit gleicher Druckstoßfestigkeit ausgeführter Behälter zu verwenden. Für einen kontinuierlichen Staubaustrag ist eine geprüfte Zellenradschleuse als Schutzsystem anzubauen. Diese muss druckstoßfest und flammendurchschlagssicher ein. Für die Rohgasrohrleitung sind aktive und passive Druck- und Flammenentkopplungssysteme wie der Explosionsschutzschieber, das Explosionsschutzventil und die Explosionsschutzrückschlagklappe bekannt. Diese Einrichtungen sind ebenfalls Schutzsystem gemäß der Atex und müssen baumustergeprüft sei.

Organisatorische Maßnahmen

Zu den organisatorischen Maßnahmen zählt das Verbot offener Flammen. Auch die regelmäßige Reinigung der abzusaugenden Maschine kann Staubexplosionen vermeiden. Staubablagerungen dürfen hierbei nur abgesaugt aber keinesfalls gekehrt werden. Aufgewirbelter Staub kann schnell die Staubkonzentration in der Luft erhöhen und zur Überschreitung der UEG führen. Damit Arbeitnehmer die richtigen Maßnahmen ergreifen, sind Schulungen über Zustandekommen von Explosionen und deren Auswirkungen auf Mensch, Maschine und Umwelt wichtig. Auch die sachgemäße Bedienung von Geräten und Maschinen können Explosionen vermeiden helfen. Zudem müssen Erdungsmaßnahmen durchgeführt und überprüft werden. Funken, die durch statische Aufladung entstehen, können fatale Folgen haben. Die Kennzeichnung explosionsgefährdeter Bereiche hilft ebenfalls Unfälle zu vermeiden.