

Entwicklungstendenzen des bautechnischen Explosionsschutzes

Dozent Dr. sc. techn. W. Senf, Technische Hochschule Leipzig, Sektion Ingenieurbau

Seit sechs Jahren ist der bautechnische Explosionsschutz in der DDR durch die Vorschrift 58/78 [1] der Staatlichen Bauaufsicht normiert.

Den Gefahren von Explosionen in Gebäuden werden gezielte bautechnische Maßnahmen entgegengesetzt. Dadurch konnte die Sicherheit in explosionsgefährdeten Arbeitsstätten wesentlich erhöht werden. Bei der Anwendung der Vorschrift 58/78 der Staatlichen Bauaufsicht gewonnene Erfahrungen führten darüber hinaus zu neuen Erkenntnissen und Zielstellungen.

So werden z. Z. vom Fachunterausschuß „Bautechnischer Explosionsschutz“ der KDT die Möglichkeiten untersucht, den bautechnischen Explosionsschutz durch eine Differenzierung des Geltungsbereichs weiter zu rationalisieren. Die Klassifizierung der Explosionsgefahr soll exakter gefaßt werden. Weiterhin werden die Erkenntnisse über die Druckresistenz und die Druckentlastung sowie die Auswirkung einer Explosion auf die Umgebung vertieft.

Druckresistenz und Druckentlastung

Da der Explosionsdruck eine dynamische Größe ist, die nach einer Überdruckphase auch eine Unterdruckphase durchläuft, muß die Druckresistenz von explosionsgefährdeten Gebäuden so ausgelegt werden, daß neben einem bestimmten Überdruck auch ein begrenzter Unterdruck aufgenommen werden kann.

Das ist besonders bei kombinierten Werkstoffen, wie Stahlbeton, zu beachten, weil Zugspannungen nur durch entsprechend angeordnete Rundstahlbewehrung aufgenommen werden.

Für die Normierung sind daher Explosionswiderstandsklassen geplant, denen bestimmte durch die Druckentlastung reduzierte Explosionsdrücke zugeordnet sind (Tafel 1).

In [1] wird in Abhängigkeit von der Explosionsgefahrenklasse die Druckresistenz der Haupttragwerke des Gebäudes und die Größe der spezifischen Druckentlastungsfläche je m^3 Rauminhalt direkt festgelegt. Auch der maximale Ansprechdruck wird starr limitiert. Diese vereinfachte Regelung erfolgte im Interesse einer leichten Handhabung der Normierung.

Die bisher mit der Vorschrift 58/78 der Staatlichen Bauaufsicht gewonnenen Erfahrungen zeigen, daß diese vereinfachten, starren Festlegungen bei der praktischen Anwendung zu bautechnischen Schwierigkeiten führen können. Daher sollen die bei der Weiterentwicklung der Normierung zugrun-

Tafel 2. Mindestwerte für die spezifische Druckentlastungsfläche in m^2/m^3 Rauminhalt

EWKL	Rauminhalt m^3	Explosionsgefahrenklasse		
		A	B	C
20	< 500	0,177	0,076	0,040
	500 ... 1 000	0,133	0,051	0,030
	> 1 000	0,106	0,038	0,020
30	< 500	0,139	0,060	0,031
	500 ... 1 000	0,104	0,040	0,024
	> 1 000	0,083	0,030	0,016
50	< 500	0,100	0,043	0,023
	500 ... 1 000	0,075	0,029	0,017
	> 1 000	0,060	0,022	0,011

Tafel 3. Erforderliche Druckentlastungsfläche (DEF) in Abhängigkeit vom gewählten Ansprechdruck p_a

p_a der DEF 50 % der DEF	50 % der DEF	erforderliche DEF im Verhältnis zu den Werten der Tafel 2 %
kPa	kPa	%
III 1	III 1	80
III 1	III 5	90
III 1	III 10	100
III 5	III 10	130
III 10	III 10	200

de liegenden Wechselbeziehungen dem Anwender frei verfügbar gemacht werden.

Dabei handelt es sich um folgende Größen:

- maximaler Druckanstieg des Mediums $(dp/dt)_{max}$ in MPa/s
- Druckresistenz der Hauttragwerke des Gebäudes p_r in kPa
- Ansprechdruck der Druckentlastungskonstruktion p_a in kPa
- spezifische Druckentlastungsfläche f in m^2/m^3 Rauminhalt.

Eine exakte Quantifizierung der Wechselbeziehungen erfolgt für die praktische Anwendung in der Normierung durch Tafeln. Der maximale Druckanstieg des Mediums $(dp/dt)_{max}$ wird in der Normierung durch die Explosionsgefahrenklasse zum Ausdruck gebracht. Für die Druckresistenz p_r werden Explosionsgefahrenklassen eingeführt. In Abhängigkeit von der Explosionsgefahrenklasse können die Explosionswiderstandsklasse und die spezifische Druckentlastungsfläche für das konkrete Investitionsobjekt optimiert werden.

Je höher die Explosionswiderstandsklasse gewählt wird, um so geringer wird die erforderliche Druckentlastungsfläche (Tafel 2).

Auch der Ansprechdruck p_a kann in Zukunft flexibel gehandhabt werden; er wird dann in Beziehung zur erforderlichen Druckentlastungsfläche gebracht. Je höher der Ansprechdruck der Druckentlastungskonstruktion gewählt wird, um so größer wird die erforderliche Druckentlastungsfläche (Tafel 3).

In den letzten Jahren wurde durch praktische Erfahrungen deutlich, daß hohe Ansprechdrücke zu unwirtschaftlichen Lösungen des bautechnischen Explosionsschutzes führen, weil sie eine hohe Druckresistenz der Haupttragwerke des Gebäudes erfordern. Druckentlastungskonstruktionen mit Ansprechdrücken von 10 kPa werden daher in der Zukunft an Bedeutung verlieren.

Tatsächlich sind solche hohe Ansprechdrücke i. allg. auch nicht notwendig. Die Federarretierung von Druckentlastungsflügeln kann z. B. auf beliebige Werte < 1 kPa eingestellt werden. Die wissenschaftlich-technische Entwicklung in den nächsten Jahren wird sich vor allem auf die Entwicklung verbesserter Druckentlastungskonstruktionen konzentrieren. Zielstellung dieser Entwicklung ist, die Ansprechdrücke auf Werte < 2,5 kPa zu senken und dafür Explosionswiderstandsklassen bis herab zu 5 kPa zu ermöglichen. Bevorzugt werden Druckentlastungskonstruktionen, die zerstörungsfrei öffnen. Bei Berstkonstruktionen wird angestrebt, daß die entstehenden Splitter für Menschen eine möglichst geringe Gefährdung ergeben.

Ein erstes Ergebnis dieser Entwicklung ist eine modifizierte Befestigungskonstruktion für Stahl-PUR-Stahl-Elemente. Der Ansprechdruck dieser Modifikation kann von 6,5 kPa auf Werte zwischen 1 kPa und 2,5 kPa herabgesetzt werden.

Für Industriewerke mit hoher Korrosionsgefahr wurde eine modifizierte Arretierung von Druckentlastungsflügeln entwickelt. Der geringe Ansprechdruck von Stahlfedern hängt von den Wartungsmaßnahmen ab (gegenüber einer gefetteten Feder ist der Ansprechdruck einer ungefetteten Feder etwa doppelt so hoch, eine leicht korrodierte Feder bewirkt bereits den drei- bis vierfachen Ansprechdruck, eine stark korrodierte Feder kann zur Blockade von Druckentlastungsflügeln führen). Die an der Technischen Hochschule Leipzig entwickelte Arretierung von Druckentlastungsflügeln mit Hilfe von Aluminiumdrahtsicherungen funktioniert unabhängig von Korrosionseinflüssen.

Nebenbedingungen der Druckentlastung

Neben den erläuterten Hauptbedingungen der Druckentlastung sind noch einige Nebenbedingungen zu beachten. In [1] sind solche Nebenbedingungen nur teilweise erfaßt. Die wichtigsten Nebenbedingungen, die auch Eingang in die Normierung finden werden, sind

- Größe des Raumes und seine Proportionen
- Verhältnis von explosionsgefährdeter Zone zum Rauminhalt
- Verteilung der Druckentlastungsfläche über die Hüllkonstruktion des Raumes
- Verhältnis von Sperrern im Raum zur Druckentlastungsfläche.

Der Einfluß der Raumgröße auf die Explosionswirkung im Inneren des Raumes ist zwiespältiger Natur. Mit wachsender Raumgröße wächst u. U. das Volumen des zur Zündung kommenden explosiblen Gemisches. Wachsende Abmessungen des Rau-

Tafel 1. Reduzierte Explosionsdrücke in Räumen mit Explosionsgefahr

Impulsbelastung	Explosionswiderstandsklasse (EWKL)		
	50	30	20
zu berücksichtigender Überdruck in kPa	50	30	20
zu berücksichtigender Unterdruck in kPa	16	10	6

mes können auch dazu führen, daß die Entfernungen wachsen, die die Gasmassen vom Zündpunkt im Raum bis zur Druckentlastungsfläche zurücklegen müssen. Bei Ausdehnung des Raumes über 100 m erhöht sich die Gefahr, daß eine Gasexplosion zur Gasdetonation durchgeht. Mit wachsender Raumgröße erhöhen sich i. allg. die Kosten für die Grundmittel, die im explosionsgefährdeten Raum einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind. Unter all diesen Aspekten wirkt sich eine Vergrößerung des Raumes negativ aus. Daher wird in der Normierung die Größe von explosionsgefährdeten Abschnitten begrenzt.

Andererseits vermindert sich aufgrund des kubischen Gesetzes mit wachsender Raumgröße die Gefahr des Überdrucks. Die spezifische Druckentlastungsfläche kann bei steigender Kubatur herabgesetzt werden. Während sich in einem kubischen Raum die Flammenfront einer Explosion relativ gleichmäßig entfalten kann, prallt sie in einem gestreckten, prismatischen Raum schon bald gegen Wände und Decken, reflektiert dadurch und knittert auf. Das erhöht den chemischen Mengenumsatz im Oxydationsprozeß und bewirkt eine heftige Steigerung des Druckanstiegs. Sind die Raumproportionen sogar röhrenartig schlank, bilden sich während des Explosionsvorgangs in den Gasmassen Axialströmungen aus, die den Druckanstieg gefährlich erhöhen. Daher sollten in der Bautechnik, wie das im Apparatebau bereits geregelt ist, Räume vermieden werden, deren größte Seitenlänge mehr als das Fünffache der kleinsten Seitenlänge beträgt. Das Volumen des explosiblen Gemisches bei einer Explosion ist nur im Extremfall mit dem Volumen des Raumes identisch. Bei Dampf- und Staubexplosionen darf man zumeist voraus-

setzen, daß nicht der gesamte Inhalt des Raumes mit explosiblem Gemisch gefüllt ist. In vielen explosionsgefährdeten Arbeitsstätten wird die gefährdete Zone nach Standard TGL 30042 nur mit einem Bruchteil des Rauminhalts ausgewiesen. Die quantitative Bewertung dieses Umstands für den bautechnischen Explosionsschutz kann nur mit Vorsicht angegangen werden, weil sich im Havariefall die gefährdete Zone unvorhersehbar vergrößern kann. In der Normierung des bautechnischen Explosionsschutzes wird daher vorgesehen:

- Bei einer gefährdeten Zone nach Standard TGL 30042 von < 5% des Rauminhalts erfolgt die Einstufung in eine niedrigere Explosionsgefahrenklasse.
- Bei einer gefährdeten Zone nach Standard TGL 30042 von < 1% des Rauminhalts erfolgt außerdem eine Verminderung der erforderlichen Druckentlastungsfläche auf 50%.

Die Verteilung der Druckentlastungsflächen über die Hüllkonstruktion sollte möglichst gleichmäßig erfolgen. Bei Räumen in Gebäuden bleibt aber häufig nur eine Außenwand, also ist nur eine einseitige Druckentlastung möglich. Bei einer Explosion bewirkt das starke Rückstoßkräfte auf die der Druckentlastungsfläche gegenüberliegende Wand. Werden die Druckentlastungsflächen nur in zwei einander gegenüberliegenden Wänden angeordnet, so muß während des Explosionsvorgangs auf eine Zeitphase starken Überdrucks mit Ausstoß der Gasmassen aus dem Raum eine Zeitphase starken Unterdrucks folgen. Diese Bedingungen müssen im Rahmen des bautechnischen Explosionsschutzes beachtet werden, eine Berücksichtigung in der Normierung wird angestrebt.

Die Betrachtung der Druckentlastungsvor-

gänge setzt eigentlich einen idealen, leeren Raum voraus, der der Flammenfront und den sich bewegenden Gasmassen keine Hindernisse setzt. In der Praxis ist aber der explosionsgefährdete Raum zumeist mit technischer Ausrüstung und bautechnischen Einbauten, wie Stützen und Bühnen, gefüllt. Diese Einbauten wirken als Sperrern gegen den Druckentlastungsvorgang. In Bewegung geratene Gasmassen werden durch diese Sperrern aus der Strömung heraus in Turbulenz versetzt. Die Verbrennung turbulenter Gasmassen bewirkt eine Erhöhung des Druckanstiegs und kann das Mehrfache des normalen Druckanstiegs erreichen. Ein quantitatives Bewertungsverfahren wurde am Institut für Bautechnisches Ingenieurwesen Moskau entwickelt.

Schlußbemerkung

Die o. g. Schwerpunkte wurden in den letzten Jahren intensiver untersucht und wiederholt im Fachunterausschuß „Bautechnischer Explosionsschutz“ der KDT beraten. Gesicherte Zwischenergebnisse sollen 1985 in eine aktualisierte Fassung der Vorschrift 58/78 der Staatlichen Bauaufsicht eingebracht werden. Die wissenschaftliche Bearbeitung von Schwerpunkten wird an der Technischen Hochschule Leipzig und am Institut für Bergbausicherheit Leipzig fortgesetzt. Endergebnisse gehen in den langfristig geplanten Standard TGL 38281 „Bautechnischer Explosionsschutz“ ein.

Literatur

- [1] Vorschrift 58/78 Bautechnischer Explosionsschutz Staatliche Bauaufsicht, Berlin 3 (1979) 1.

A 4323

Entstaubung als Maßnahme des Staubexplosionsschutzes in der Getreidewirtschaft und artverwandten Betrieben der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft

Dipl.-Ing. W. Thöns, VEB Wissenschaftlich-technisch-ökonomisches Zentrum der Getreideverarbeitungsindustrie Berlin

Dipl.-Ing. M. Leja, VEB Ingenieurbüro der VVB Saat- und Pflanzgut Quedlinburg

1. Einleitung

Der im Verarbeitungsprozeß getreidewirtschaftlicher Betriebe und anderer Zweige der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft anfallende Staub pflanzlicher oder tierischer Herkunft ist durchweg brennbar und somit auch explosibel. Dabei kommt der Staub prozeßtechnisch bedingt i. allg. sowohl in schwebender als auch in sedimentierter Form vor, wobei die anfallende Staubmenge, die z. T. erheblich ist, in einer direkten Wechselbeziehung zu den jeweiligen anlagentechnischen und betriebsorganisatorischen Gegebenheiten steht und folglich auch vielfach begrenzenbar ist. Die allg. Notwendigkeit hierfür liegt auf zwei Ebenen des Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutzes, einerseits die Staubbegrenzung aus arbeitshygienischer Sicht (Einhaltung der MAK-Werte) und andererseits aus sicherheitstechnischer Sicht zur Vermeidung von Explosionen. Hieraus resultiert zwangsläufig die For-

derung nach der Errichtung von Entstaubungsanlagen, die in der Getreidewirtschaft und z. B. auch im Saatgutwesen eine wesentliche Position des Grundmittelbestands darstellen (rd. 20 % des umbauten Raumes, rd. 10 % des Ausrüstungsaufwands, rd. 15 % der jährlichen Energiekosten).

Hinzu kommt, daß sich bei kritischer Wertung der Funktionstüchtigkeit der Entstaubungsanlagen in der Getreidewirtschaft zeigt, daß ihre Wirksamkeit in einigen Bereichen noch unzureichend ist (rd. 20 % der Arbeitsstätten in der Getreidewirtschaft müssen nach Standard TGL 30042 als staubexplosionsgefährdet eingestuft werden). In anderen Bereichen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft ist der Anteil staubexplosionsgefährdeter Arbeitsstätten z. T. noch erheblich größer.

Die Wirksamkeit der Entstaubungstechnik wird sowohl durch objektive als auch durch subjektive Faktoren beeinflusst. Von entschei-

dender Bedeutung ist hierbei die Qualität der Projektierung, der Montage, der Inbetriebnahme und der Einstellung, der Betriebsführung sowie der Durchsetzung einer planmäßig vorbeugenden Instandhaltung. Die z. T. sehr unbefriedigenden Ergebnisse von Objekt- und Anlagenüberprüfungen waren dem VEB Wissenschaftlich-technisch-ökonomisches Zentrum (WTÖZ) der Getreideverarbeitungsindustrie Berlin Veranlassung, ein Forschungsthema mit dem Ziel aufzunehmen, die Entstaubungstechnik und den Umgang mit ihr in diesem Wirtschaftszweig zu verbessern.

Im einzelnen gliedert sich die Themenstellung in eine Betriebs- und Berechnungsvorschrift, die zu einer Vereinheitlichung der gegenwärtig bei den Spezialprojektanten und Ausrüstungsbetrieben bestehenden Vorschriften führen soll sowie die Aufgabe hat, bei staubintensiven Maschinen neue Lösungen einzuführen. Eingeschlossen sind dabei