

Staubexplosionen in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft und prinzipielle Möglichkeiten ihrer Vermeidung

Dozent Dr.-Ing. H. Wolf, KDT, Technische Universität Dresden, Sektion Verarbeitungs- und Verfahrenstechnik

1. Zum Staubexplosionsgeschehen im internationalen Maßstab

Staubexplosionen werden im Zusammenhang mit der Gewährleistung der Arbeits-, Sachwert- und Produktionssicherheit gegenwärtig im internationalen Maßstab noch nicht voll beherrscht. Sie fordern immer wieder Todesopfer und zahlreiche Verletzte, verursachen hohe Sachwertschäden und Produktionsausfälle in den betroffenen Betrieben sowie Folgeverluste in den vom Betrieb beeinflussten Wirtschaftseinheiten. Trotz eines sich ständig erweiternden wissenschaftlichen Erkenntnisstands über Entstehungsmöglichkeiten und -ursachen, über Ablauf und Wirkungen sowie über Möglichkeiten der Verhinderung, der Begrenzung der Ausbreitung und der Verminderung der Auswirkungen von Staubexplosionen mußte in den vergangenen Jahrzehnten bis in die jüngste Zeit hinein in vielen Ländern ein Ansteigen nach Anzahl, Opfern und Schadenswirkungen registriert werden.

An dieser Entwicklung sind Betriebe der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft (LNW) und dabei wiederum der Getreide- und Futtermittelwirtschaft sehr wesentlich beteiligt.

So ergaben langjährige statistische Untersuchungen nach [1], daß in der BRD jährlich rd. 300 Explosionen offiziell registriert wurden. Tafel 1 weist aus, daß bei 291 analysierten Explosionen Nahrungs- und Futtermittelstäube mit 24,0% den 2. Platz einnehmen. Dieser Anteil von Stäuben der LNW am Gesamtexplosionsgeschehen ist auch in anderen Ländern bestätigt worden (USA 30,0% [2], ČSSR 26,2% [3]).

Tafel 2 enthält eine Einteilung bezüglich der an der Auslösung von Explosionen beteiligten technischen Einrichtungen. Hiernach fanden mehr als 70% der Explosionen der LNW in Förderanlagen, Mahl- und Zerkleinerungsanlagen und Siloanlagen statt oder nahmen dort ihren Ausgang (s. a. [3] und [5]).

Bild 1
Zerstörte Getreidesiloanlage bei New Orleans [9]



Der bereits angedeutete Anstieg der Explosionen nach Anzahl und Schwere kann für den Bereich der Getreide- und Futtermittelindustrie der USA mit den Angaben in Tafel 3 belegt werden. Aus der Vielzahl der Staubexplosionskatastrophen, von denen die jüngsten Ereignisse — Siloanlage in Metz, Frankreich, am 20. Oktober 1982 und Rolandmühle in Bremen, BRD, am 6. Februar 1979 — noch in guter Erinnerung sind, sei als Beispiel die Staubexplosion in einer Getreidespeicheranlage in Westwego bei New Orleans, USA, am 22. Dezember 1977 kurz beschrieben. Wie [8] und [9] zu entnehmen ist, handelt es sich um eine verhältnismäßig moderne Anlage mit einem Fassungsvermögen von über 300 000 m³, die mit diversen sicherheitstechnischen Ausrüstungen versehen war (getrennter Staubsammelbehälter, Druckentlastungseinrichtungen in den Bandförderanlagen). Die Explosion nahm ihren Ausgang in dem 40 m hohen Beschickungsturm, dessen oberes Drittel abgesprengt und auf das darunter befindliche Verwaltungsgebäude geschleudert wurde. Die Explosion forderte 36 Tote und zahlreiche Verletzte. Von 73 Silozellen wurden 45 zerstört. Der Schaden betrug über 100 Mill. US-Dollar (Bild 1).

Ursachen für die Entwicklung des Staubexplosionsgeschehens liegen u. a. darin,

- daß beim Übergang zu größeren und leistungsfähigeren Maschinen, Anlagen und Betrieben oftmals Wirkprinzipie und Verfahren übernommen und auf großmaßstäbliche Verhältnisse übertragen worden sind, deren potentiell innewohnende Gefährdungen sich bei der vorangegangenen im Kleinmaßstab betriebenen Produktion nicht oder nur geringfügig bemerkbar gemacht hatten
- daß eine Vielzahl technologischer Prozesse zum Zweck einer Leistungssteigerung zu kritischen Prozeßparametern hin verändert worden ist
- daß im Bereich der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft keine oder nur unzureichende auf den Staubexplosionsschutz gerichtete normative Festlegungen getroffen wurden und außerdem die Kontrolle über die Durchsetzung von Schutzmaßnahmen fehlte
- daß bis in die Gegenwart hinein trotz des fortgeschrittenen Erkenntnisstands auf diesem Gebiet — möglicherweise auch aufgrund der Seltenheit derartiger Ereignisse im eigenen Erfahrungsfeld, mit Sicherheit aber wegen fehlender Sachkenntnis — die möglichen Gefährdungen übersehen, unterschätzt oder ignoriert werden.

Tafel 1. Anteil einzelner Stoffarten an 291 Staubexplosionen in der BRD [1]

Stoffart	Anteil %
Holz	33,7
Nahrungs- und Futtermittel	24,0
Kunststoffe	13,7
Metalle	10,3
Kohle/Torf	9,6
Papier	2,4
sonstige	6,2

Tafel 2. Anteil verschiedener technischer Einrichtungen an Staubexplosionen in der LNW [4]

technische Einrichtungen	Anteil %
Förderanlagen	27,1
Mahl- und Zerkleinerungsanlagen	22,9
Silos und Bunker	21,4
Trockner	8,6
Feuerungsanlagen	2,9
Siebanlagen	2,9
Entstaubungs- und Abscheideanlagen	2,9
sonstige	11,4

Fortsetzung von Seite 240

Herausgegeben von der Zentralstelle für Schutzgüter Dresden, 1977.

- [3] Beck, G.: Staubexplosionsschutz in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft der DDR. Brandschutz, Explosionsschutz — Aus Forschung und Praxis, H. 7, S. 99—127. Berlin: Staatsverlag der DDR 1982.

- [4] Jacobson, M.; Cooper, A. R.; Nagy, J.: Explosibility of agricultural Dusts (Explosionsfähigkeit von landwirtschaftlichen Stäuben). US Bureau of Mines, Report of Investigations, Nr. 5753, 1961.

- [5] Raftery, M.: Untersuchungen von industriellen Stäuben auf Explosionsfähigkeit. Staub, Reinhaltung der Luft, Düsseldorf 31 (1971) 3, S. 141—148.

A 3734

Tafel 3. Staubexplosionen in Speichern, Mühlenbetrieben und Kraftfutterwerken in den USA [6, 7]

	1940 bis 1953		1954 bis 1975		1976 bis 1978	
	absolut	jährlicher Mittelwert	absolut	jährlicher Mittelwert	absolut	jährlicher Mittelwert
Explosionen	129	7,6	188	11,1	23	13,8
Tote	36	2,1	51	3,0	50	29,9
Verletzte	271	15,9	327	19,2	50	29,9

Das verantwortungsbewußte Handeln der Leiter und Werk tätigen in vielen Betrieben hat maßgeblich dazu beigetragen, daß die Anzahl der Staubexplosionen und ihre Schadenswirkungen bisher in der DDR vergleichsweise gering gehalten worden sind. Dennoch zeigen in unterschiedlichen Bereichen der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft durchgeführte Untersuchungen und nicht zuletzt auch einige Vorkommnisse in den letzten Jahren, daß die entsprechenden Bedingungen in einer Reihe von Betrieben der DDR durchaus gegeben sind.

Die Verbindung der Vorzüge des Sozialismus mit den Bedingungen der wissenschaftlich-technischen Revolution muß sich deshalb auf dem Gebiet des Staubexplosionsschutzes in der Weise auswirken, daß durch neue konstruktive und technologische Lösungen vorhandene Explosionsgefährdungen abgebaut, die Entstehung neuer Gefährdungen weitestgehend vermieden und dort, wo dieser Weg objektiv noch nicht beschreibbar ist, entsprechende Maßnahmen zur Begrenzung der Ausbreitung und zur Verminderung der Wirkungen getroffen werden. In einer Reihe von Betrieben lassen sich Effekte bezüglich des Abbaus der Explosionsgefährdung bereits dadurch treffen, daß — aufbauend auf einer soliden Kenntnis der Zusammenhänge über Explosionsbedingungen, -ablauf und -wirkungen — durch Leiter und Werk tätige die erforderlichen (gesetzlich vorgeschriebenen) technisch-organisatorischen Maßnahmen und Verhaltensweisen konsequent durchgesetzt werden.

Die folgenden Ausführungen sollen dazu beitragen, die Kenntnis der Zusammenhänge zu erweitern und zu vertiefen.

Tafel 4. Wichtige sicherheitstechnische Kennzahlen für Stäube und ihr möglicher Größenbereich bei Stäuben der LNW

Bezeichnung	ungefährer Größenbereich
untere Explosionsgrenze	15 ... 200 g/m ³
obere Explosionsgrenze	2 ... 6 kg/m ³
minimale zündgefährliche O ₂ -Konzentration	7 ... 17 %
maximaler Explosionsdruck	≲ 1,1 MPa
maximale Druckanstiegsrate	≲ 25 MPa/s
Mindestzündenergie	10 ... 300 mJ
Zündtemperatur des schwebenden Staubs	350 ... 700 °C
Entzündungstemperatur des lagernden Staubs	150 ... 500 °C

Tafel 5. Einfluß von Prozeßparametern auf sicherheitstechnische Kennzahlen

Kennzahl	Temperatur		Druck		O ₂ -Konzentration		Teilchengröße		Feuchte	
	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
untere Explosionsgrenze	(-)	(+)	-	+	-	+	+	-	+	-
Zündtemperatur	0	0	-	+	-	+	+	-	+	-
Mindestzündenergie	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-
maximaler Explosionsdruck	(-)	(+)	+	-	+	-	(-)	(+)	-	+
max. Druckanstiegs- geschwindigkeit	(+)	(-)	+	-	+	-	-	+	-	+

+ Erhöhung; - Verminderung; () geringe Änderung; 0 keine Änderung

$$v_{ex}(R) = \frac{dR}{dt} = \text{const.}$$

Hierbei liegt v_{ex} im Bereich von 0,1 bis 10 m/s. Bei Rohren oder langgestreckten Räumen ist mit L als charakteristischer Länge

$$v_{ex}(L) = \frac{dL}{dt} = \text{const.}$$

v_{ex} nimmt mit der Länge zu und kann unter ungünstigen Bedingungen Werte über 100 m/s annehmen und — ähnlich wie bei Gasdetonationen — den Größenbereich um 2000 m/s erreichen, wie z. B. in [10] beschriebene Versuche mit Zuckerstaub ergaben.

Der eben beschriebene Ablauf gilt gleichermaßen für Explosionen von Gas-Luft-Gemischen wie von Staub-Luft-Gemischen.

Gegenüber Gasexplosionen bestehen bei Staubexplosionen jedoch einige Besonderheiten, von denen die beiden wichtigsten kurz genannt werden sollen:

- Gegenüber Gasexplosionen (homogene Oxydationsreaktionen in einem moldispersen System) handelt es sich bei Staubexplosionen um heterogene Reaktionen, die in entscheidendem Maß von vielschichtigen Wärme- und Stofftransportvorgängen beeinflusst werden. Im Bereich der Reaktionszone finden in rascher Folge Entgasungsvorgänge der noch unverbrannten Teilchen, Oxydationsreaktionen dieser Entgasungsprodukte mit Luftsauerstoff, Oxydationsreaktionen an der Phasengrenzfläche fest-gasförmig einschließlich der erforderlichen Transportvorgänge statt — verschiedenartige Einzelprozesse also, die wechselwirkend miteinander gekoppelt sind. Die Kompliziertheit ist u. a. ein Grund dafür, daß es bisher nicht gelungen ist, den Ablauf von Staubexplosionen durch physikalisch-mathematische Modelle ausreichend genau zu beschreiben.

- Bei explosionsfähigen Gas-Luft-Gemischen existieren die einzelnen Komponenten meist über einen längeren Zeitraum stabil und in homogener Verteilung nebeneinander. Bei Staub-Luft-Gemischen hingegen kommt es aufgrund des Dichteunterschieds zwischen fester und kontinuierlicher Phase von rd. 3 Größenordnungen zu mehr oder weniger schnellen Entmischungen und zu Absetzbewegungen. Umgekehrt besteht aber die Möglichkeit, daß durch die Einwirkung bereits geringer Energien abgelagerter Staub sehr schnell aufgewirbelt werden kann. Gerade dieser Umstand wird in der Praxis leider oft unterschätzt, obwohl er die potentielle Explosionsgefährdung verstärkt. Beim Herabrieseln oder Aufwirbeln abgelagerter Staubmengen durch eine Zündquelle ausgelöste, örtlich begrenzte Aufflammungen oder Verpuffungen können weiteren Staub aufwirbeln und so z. B. in Arbeitsstätten verheerende Sekundärexpllosionen auslösen. Ähnlich können aus technischen Einrichtungen in Arbeitsstätten hineinschlagende Explosionen oder Verpuffungen großräumige Folgeexplosionen initiieren.

3. Bewertung der Staubexplosionsgefährdung

Zur Beurteilung der Explosionsgefährdung, der Zündbedingungen und der zu erwartenden Explosionswirkungen ist neben einer detaillierten Analyse und Bewertung der technischen,

technologischen und räumlichen Bedingungen vor allem die Kenntnis der Explosionsgefährlichkeit der in der konkreten Produktionssphäre vorhandenen oder möglichen Stoffsysteme wichtig.

Da bisher aus den genannten Gründen die analytische Beschreibung der Gefährlicheitseigenschaften von Staub-Luft-Gemischen und der möglichen Explosionsabläufe auf der Grundlage physikalischer und chemischer Stoffwerte noch nicht gelungen ist, herrschen z. Z. die experimentellen Methoden vor. Mit Hilfe mehr oder weniger einheitlich definierter Verfahren werden Kennwerte (sicherheitstechnische Kennzahlen) ermittelt, die gewisse Aussagen zulassen über

- Zündfähigkeit eines dispersen Stoffsystems
- Zündbedingungen
- energetische Wirkungen.

Wichtige Kennzahlen und ihr möglicher Größenbereich bei Stäuben der LNW sind in Tafel 4 zusammengestellt.

Die in der Literatur (z. B. [11, 12]) angegebenen Werte gelten streng genommen nur für die Versuchsbedingungen, unter denen sie ermittelt worden sind, d. h. für definierte Apparateabmessungen, Teilchengrößenspektren, Luft- und Staubfeuchte, Ausgangsdrücke und -temperaturen (meist annähernd Normbedingungen).

Über den Einfluß dieser Parameter auf die Größe der sicherheitstechnischen Kennzahlen liegen bisher nur bei vergleichsweise wenigen Stäuben Aussagen vor (z. B. [13]), obwohl gerade diese Kenntnisse für die Beurteilung einer technologischen Situation von großer Bedeutung sind.

Aus den bisher in der Literatur enthaltenen Aussagen kann man zumindest tendenzielle Abhängigkeiten entnehmen, die in Tafel 5 für einige ausgewählte Prozeßparameter zusammengestellt sind.

Als Beispiele für derartige Einflüsse seien hier die des Betriebsdrucks p_B und des Raumvolumens V_R auf den erreichbaren maximalen Explosionsdruck p_{max} und auf die maximale Druckanstiegsrate \dot{p}_{max} genannt.

Nach [13] kann die Veränderung des bei einem bestimmten Betriebsdruck erreichbaren maximalen Explosionsdrucks in etwa durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$p_{max B} = p_{max 0} \frac{p_B}{p_0}$$

Indizes B und 0 bezeichnen den Betriebszustand und den Normzustand.

Diese Gleichung gilt für Unter- und Überdrücke und kann annähernd auch für den Zusammenhang der Druckanstiegsraten angesetzt werden.

Das Raumvolumen übt nach [13] bei $V_R > 40l$ auf den erreichbaren maximalen Explosionsdruck keinen signifikanten Einfluß aus. Jedoch nimmt die die Explosionsheftigkeit charakterisierende Druckanstiegsrate nach dem bekannten kubischen Gesetz mit dem Raumvolumen ab:

$$\dot{p} \sqrt[3]{V_R} = \text{const.}$$

4. Prinzipielle Möglichkeiten der Vermeidung von Explosionen

Im Explosionsschutz sind drei Hauptrichtungen möglich:

- Explosionsverhütung
- Begrenzung der Explosionsausbreitung
- Verminderung der Explosionswirkungen.

Sie und die weitere Untersetzung der ersten Hauptrichtung (Vermeidung explosionsfähiger Gemische, Vermeidung von Zündquellen) gelten unabhängig davon, ob es sich bei den explosionsfähigen Stoffen um Gase, Dämpfe, Nebel oder Stäube handelt. Ohne weitere Diskussion wird offensichtlich, daß die erste Hauptrichtung anstrebenswert ist, weil nur sie das höchste Sicherheitsniveau gewährleisten kann. Im folgenden soll kurz erläutert werden, mit welchen prinzipiellen Möglichkeiten die in der ersten Hauptrichtung enthaltenen Schutzmaßnahmen bei Stäuben verwirklicht werden können.

Anwendung nicht explosionsfähiger Stoffe

Diese Schutzmaßnahme ist bei Stäuben im Bereich der LNW indiskutabel, weil es sich bei den in Frage kommenden Stäuben meist um nicht substituierbare Nutzzstäube handelt.

Einhaltung eines ungefährlichen Stoffzustands
Ein ungefährlicher Stoffzustand kann bei Stäuben der LNW durch folgende Möglichkeiten angestrebt werden:

- Zulassung nur grober Teilchen im Teilchengrößenbereich $> 0,4 \text{ mm}$; ständige Entfernung kleiner Teilchen aus dem Gut
- Anwendung von Methoden der Agglomeration, der Staubbindung durch Fixative
- Einhaltung einer hohen Feuchtigkeit des Gutes (> 30 bis 40%).

Begrenzung gefährlicher Stoffansammlungen

Dieser Kategorie von Schutzmaßnahmen sind eine ganze Reihe prinzipieller Möglichkeiten zuzuordnen, die im folgenden kurz für das Innere technischer Einrichtungen und für Arbeitsstätten getrennt angedeutet werden sollen.

Technische Einrichtungen

- Verdünnen der Stoffströme mit Luft (auf Staubkonzentrationen $< 50\%$ der unteren Explosionsgrenze)
- Gewährleistung eines sehr großen Feststoffanteils in Stoffströmen (Staubkonzentrationen sehr viel größer als die obere Explosionsgrenze)
- Verhinderung von Ablagerungen durch konstruktive Gestaltung
- ständige Staubabsaugung im Bereich großer Staubaufwirbelung (möglichst mit voneinander getrennten Staubabsaugungssystemen)
- richtige Dosierung der Stoffströme, um Überfüllungen und Stoffstau zu verhindern
- Drosselung bzw. Umleitung von Stoffströmen im Störfall.

Arbeitsstätten

- Einsatz geschlossener und dichter Anlagen
- Betreiben der Anlagen mit leichtem Unterdruck
- Durchführung von TUL-Arbeiten mit geschlossenen Behältern
- Vermeidung von Ablagerungen durch konstruktive Maßnahmen
- regelmäßige Reinigung zur Beseitigung von Ablagerungen
- Absaugung an Emissionsstellen
- Staubbindung an Emissionsstellen.

Die Mehrzahl der genannten Maßnahmen zielt auf die Realisierung der auch im Standard TGL 30042 [14] festgeschriebenen Erkenntnis hin, nach der eine Staubexplosionsgefährdung nicht gegeben ist, wenn bei vollständiger Aufwirbelung der gesamten in einem betrachteten Raum vorhandenen Staubmasse die Konzentration

Tafel 6. Anteil unterschiedlicher Zündquellen bei Staubexplosionen in der Lebensmittelindustrie [15]

Zündquellenart	Anteil %
Reib-, Schleif- und Schlagfunken	29,2
elektrostatische Entladungen	10,1
Glimmnester	9,7
Reibungswärme	9,4
heiße Apparate und Maschinen	6,0
Selbstentzündung	5,6
Schweißarbeiten	5,2
Rauchen, Feuerreste, elektrische Funken, Gasexplosionen	4,1
ungeschützte und defekte elektrische Kabel	2,2
nicht identifizierte Zündquellen	10,3

von 50% der unteren Explosionsgrenze unterschritten wird.

Analysiert man den gegenwärtigen in der LNW erreichten technologischen Entwicklungsstand auf die Anwendbarkeit und Wirksamkeit der gezeigten Möglichkeiten, so muß man global einschätzen, daß gefährliche Stoffansammlungen vermeidbar sind

- im Innern technischer Einrichtungen nur in wenigen Fällen
- in Arbeitsstätten jedoch in sehr vielen Fällen, entweder durch entsprechende technische und technologische Lösungen oder aber bereits durch geeignete organisatorische Maßnahmen.

Verminderung des Sauerstoffgehalts (Inertisierung)

Die Verminderung der Sauerstoffkonzentration eignet sich als Schutzmaßnahme nicht für Arbeitsstätten, wohl aber unter bestimmten Bedingungen für das Innere technischer Einrichtungen, die verhältnismäßig dicht gehalten werden können. Als Inertisierungsmittel kommen z. B. CO_2 , N_2 , H_2O -Dampf und O_2 -arme Rauchgase in Frage. Mit ihnen wird der Sauerstoffgehalt unter den in Tafel 4 angegebenen Wert der minimalen zündgefährlichen O_2 -Konzentration reduziert. Ökonomisch vertretbare Lösungen sind denkbar, wenn das Inertgas im Prozeß im Kreislauf geführt werden kann (z. B. bei Rauchgastrocknern mit teilweiser Brüdenrückführung).

Wenn die zur Vermeidung explosionsfähiger Gemische aufgeführten Maßnahmen (auch als primärer Explosionsschutz bezeichnet) nicht mit Erfolg angewendet werden können, ist zu klären, ob die Vermeidung von Zündquellen (sekundärer Explosionsschutz) aussichtsreich ist. In Tafel 6 ist der Anteil unterschiedlicher Zündquellen an Staubexplosionen in der Lebensmittelindustrie nach [15] angegeben.

Folgende konstruktiven, technologischen und organisatorischen Möglichkeiten zur Vermeidung von Zündquellen können in Betracht gezogen werden:

- Ausschließen von offenen Flammen, Glutbränden, Schweiß- und Schneidfunken
Hierzu reichen in vielen Fällen bereits die konsequente Durchsetzung und Einhaltung gesetzlicher und betrieblicher Vorschriften aus.
- Verhinderung des Entstehens von Reib-, Schleif- und Schlagfunken durch geeignete Werkstoffpaarungen, Begrenzung der Geschwindigkeit bei Relativbewegungen, Vermeidung des Eintragens metallischer und mineralischer Bestandteile in den Verarbeitungsprozeß. Hierbei muß davon ausgegangen werden, daß Einzelfunken kaum Funkengarben aber sehr wohl in der Lage

sind, Staub-Luft-Gemische mit in der LNW vorkommenden Stäuben zu zünden.

- Begrenzung von Raum-, Oberflächen- und Prozeßtemperaturen. Sie dürfen nur so groß sein, daß sie sicher ($\geq 20\%$) unterhalb der Zündtemperatur möglicher Staub-Luft-Gemische liegen oder daß entstehende Staubschichten auch bei längerer Lagerung und thermischer Beeinflussung nicht entzündet werden können (siehe hierzu Festlegungen in [14]).
- Einsatz geeigneter elektrotechnischer Betriebsmittel. Sie müssen staubdicht sein, und ihre Oberflächentemperaturen dürfen bestimmte Werte nicht überschreiten (ausführliche Darlegung dazu siehe [16]).
- Ableitung elektrostatischer Ladungen, vor allem solcher, die sich auf größeren Anlagenteilen ansammeln und die bei plötzlicher Erdung zu Entladungsfunken führen können. Konsequente und dauerhafte Erdung aller durch Aufladung betroffener Teile erscheint hier als wirksamste Maßnahme.

Bei der Auswahl und Festlegung von Maßnahmen des sekundären Explosionsschutzes ist stets zu beachten, daß aufgrund der sehr geringen erforderlichen Zündenergien (s. Tafel 4) und wegen der oft subjektiv bedingten Zündquellen eine 100%ige Wirksamkeit dieses Maßnahmekomplexes oftmals nicht gegeben ist.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß in allen Fällen, in denen die Explosionssicherheit mit den vorgenannten Maßnahmen nicht erreicht werden kann, die Maßnahmen der Begrenzung der Explosionsausbreitung und der Vermeidung der Explosionswirkungen zur Anwendung gebracht werden müssen.

Literatur

- [1] Beck, A. J.: Bekanntgewordene Staubexplosionen in den letzten Jahren. VDI-Berichte, Düsseldorf (1979) 304, S. 35—40.
- [2] Starch dust blamed in New Jersey disaster. Chemical Engineering, New York (1967) S. 112—113.
- [3] Friš, M.: Současný stav problematiky vybusnosti horlivých prachu (Gegenwärtiger Stand der Problematik der Explosivität brennbarer Stäube). Internationales Symposium über Staubexplosionsgefahr in Bergbau und Industrie, Karlovy Vary 1972.
- [4] Beck, A. J.: Dokumentarische Erfassung von Staubexplosionen. Die Berufsgenossenschaft, Düsseldorf (1977) 7, S. 301—305.
- [5] Vasil'ev, Ja. Ja.; Semenev, L. T.; Komkov, B. D.: Ochrana truda na predpriyatijach po chraneniju i pererabotke zerna (Arbeitsschutz in Betrieben bei der Lagerung und Verarbeitung von Getreide). Moskau: Eigenverlag des ZNIITEL des Ministeriums für Erfassung 1980.
- [6] Theimer, O. F.: Starke Zunahme bei Staubexplosionen in den Vereinigten Staaten. Die Mühle, Detmold 113 (1976) 36, S. 497—498.
- [7] Albertson, J. E.: Grain Elevators Fires and Ex-

plosions. International Symposium on Grain Elevators Explosions, Washington, Juli 1978 (Tagungsmaterialien).

- [8] Three grain elevator explosions kill 50. Engineering News-Records, New York (1978) 5. Januar, S. 9.
- [9] Warters, J.: Explosionen in Getreidesilos. Schadenspiegel, München 22 (1979) 1, S. 12.
- [10] Scholl, E.: Ablauf von Gas- und Staubexplosionen in Behältern und Rohren. Die Berufsgenossenschaft, Düsseldorf (1974) 6, S. 246—254.
- [11] Erläuterungen zur TGL 30042 „Verhütung von Bränden und Explosionen“. VEB Komplett Chemiefabrik, Zentralstelle für Schutzgüte, Dresden 1978.
- [12] Kühnen, G.; Scholl, E.: Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben, STF-Report Nr. 2. Staubforschungsinstitut Bonn und Dortmund 1979.
- [13] Bartknecht, W.: Explosionen, Ablauf und Schutzmaßnahmen. Berlin (West)/Heidelberg/New York: Springer-Verlag 1978.
- [14] TGL 30042 GAB; Verhütung von Bränden und Explosionen; Allgemeine Festlegungen für Arbeitsstätten. Aug. Juni 1977.
- [15] Wasmund, R.: Zündquellen für Staubbrände und -explosionen in der Lebensmittelindustrie. Zuckerindustrie, Berlin (West) 27 (1977) 9, S. 581—589.
- [16] TGL 200-0621/06 Elektrotechnische Anlagen in explosionsgefährdeten Arbeitsstätten; Sicherheitstechnische Forderungen für staubexplosionsgefährdete Anlagen. Aug. Jan. 1978.

A 3735

Eine allgemeine Strategie des Staubexplosionsschutzes in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft

Dipl.-Chem. G. Beck, KDT, Forschungszentrum für Mechanisierung der Landwirtschaft Schlieben/Bornim der AdL der DDR

Es gibt bewährte technische und organisatorische Lösungen, d. h. Schutzmaßnahmen, durch die das Staubexplosionsrisiko auch im Bereich der LNW auf ein vertretbares Maß reduziert werden kann.

Im vorliegenden Beitrag soll dargelegt werden, wie in der Land- und Nahrungsgüterwirtschaft die bekannten technischen und organisatorischen Schutzmaßnahmen einzusetzen sind, damit das notwendige Schutzziel effektiv und mit einem Mindestaufwand zu erreichen ist.

1. Schutzziele

Die wichtigste Zielstellung ist, daß Menschen und Nutztiere durch Staubexplosionen weder verletzt noch getötet werden dürfen. Daraus folgt zwingend als zweite Grundsatzforderung, daß Staubexplosionen in Arbeitsstätten vollständig vermieden werden müssen, d. h., daß sie weder in Arbeitsstätten entstehen, noch aus technischen Einrichtungen herauschlagen und in Arbeitsstätten dringen dürfen. Hieraus leitet sich das dritte Schutzziel ab: Staubexplosionen müssen in technischen Einrichtungen auf die gegenwärtig mögliche Mindestzahl begrenzt werden. Dabei dürfen sie keinen oder höchstens geringfügigen Schaden anrichten.

Aus der für Staubexplosionen in der LNW charakteristischen Kopplung von Seltenheit der Ereignisse und Schwere der Schäden folgt als viertes Schutzziel, daß die angewendeten Schutzmaßnahmen bei voller Wahrung von ausreichendem und zuverlässigem Schutz mit dem kleinstmöglichen technisch-ökonomischen Aufwand realisiert werden. Sie sollen so weit wie möglich auf unbedingt wirkender Sicher-

heitstechnik oder auf sicherheitstechnischen Mitteln und Systemen basieren.

2. Rechtsgrundlagen und Verantwortung

Die einschlägigen Rechtsvorschriften sind einzuhalten. Dabei ist aber zu beachten, daß die Vorschriften grundsätzlich als Mindestforderungen zu verstehen sind. Sie haben den Staubexplosionsschutz gegenwärtig noch nicht in dem sicherheitstechnisch notwendigen Umfang zum Gegenstand, d. h., daß die notwendigen Schutzlösungen z. Z. an einigen Stellen über die einschlägigen Rechtsvorschriften hinausgehen müssen. Die gegenwärtig gültigen Rechtsvorschriften der DDR zum Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz sind in Broschüren zusammengestellt [1, 2]. Rechtsvorschriften der DDR, die den Staubexplosionsschutz in der LNW zum Gegenstand haben bzw. berühren, sind in [3 bis 5] enthalten. An dieser Stelle sei nur kurz auf die wichtigsten Vorschriften eingegangen: Allgemeingültige Rechtsvorschriften, die auch den Staubexplosionsschutz in der LNW implizit vorschreiben, sind die Arbeitsschutzverordnung und ihre dritte Durchführungsbestimmung sowie die Standards TGL 30101 bis TGL 30104. Die wichtigsten konkreten Querschnittsforderungen sind in TGL 30042 enthalten. Sie ist allerdings nur auf Arbeitsstätten beschränkt. Verfahrensspezifische Forderungen enthalten die Standards TGL 30121, 30135 und 30136 sowie einige ABAO. Besonders letztere sind unzureichend. Für Arbeitsmittel und -verfahren spezifische Forderungen erheben z. B. TGL 200-0621 (elektr. Betriebsmittel) und TGL 30170 (Schweißarbeiten...). Das Vorschriften- und das Unter-

zungswerk bedürfen der Vervollständigung, der Vereinheitlichung, der Aktualisierung und größerer Anwenderfreundlichkeit.

Die Verantwortung für den Staubexplosionsschutz in der LNW obliegt im Sinne der ASVO und ihrer dritten Durchführungsbestimmung und in Verallgemeinerung des Standards TGL 30042 dem für Planung, Projektierung, Errichten, Betreiben und Instandhaltung jeweils zuständigen Leiter. In Zweifelsfällen ist die Verantwortung für den Staubexplosionsschutz durch die gleiche Person zu tragen wie die Verantwortung für die Schutzgüte.

3. Realisierung

Gegenwärtig stehen im wesentlichen die Schutzmaßnahmen zur Verfügung, die in den Bildern 1 und 2 aufgeführt sind. Sie setzen sich zusammen aus

- technischen Schutzlösungen (Verfahren, Vorrichtungen und Ausrüstungen, sicherheitstechnische Mittel und Systeme)
- organisatorischen Schutzmaßnahmen einschließlich Verhaltensanforderungen (s. Tafel 1).

Nachfolgend wird dargelegt, wie diese Schutzmaßnahmen sachbezogen festgelegt werden sollen und in welcher Reihenfolge sie anzuwenden sind.

Auswahl und Festlegungen der Schutzmaßnahmen

Grundlage und Ausgangspunkt ist immer die Beurteilung der Staubexplosionsgefährdung bzw. des -risikos. In Arbeitsstätten ist gemäß dem Standard TGL 30042 u. a. die Beurteilung der Staubexplosionsgefährdung, d. h., die Be-