

Hilfsmittel für die Gefährdungsidentifikation beim Handhaben brennbarer Stäube

H. Beck

1 Einleitung

Staubexplosionen stellen nach wie vor eine ernst zu nehmende Gefahr dar. Dies belegen die immer wieder aus der Praxis bekannt werdenden Schadenfälle, bei denen es nicht selten zu folgenschweren Personenschäden und beträchtlichen Zerstörungen an Anlagen und Gebäuden kommt (**Bild**). Auswertungen von Schadenereignissen zeigen, dass in vielen Fällen Unkenntnis oder fehlerhafte Einschätzung der Gefährdungen beim Handhaben brennbarer Stäube ursächlich für diese Ereignisse sind.

In der Vergangenheit sind im Rahmen zahlreicher Forschungsvorhaben ständig neue Erkenntnisse über Stoffeigenschaften und Schutzmaßnahmen gewonnen worden. Die Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten und die aus Unfalluntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse stellen eine wichtige Grundlage für das Erkennen und Beurteilen von Gefährdungen sowie für das Abschätzen von Risiken beim Umgang mit brennbaren Stäuben dar.

Die Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben sind ebenso wie die aus Schadenereignissen gewonnenen Erkenntnisse für das Erstellen sinnvoller Sicherheitskonzepte zum Vermeiden von Bränden und Explosionen bzw. für das Begrenzen ihrer Auswirkungen von besonderer Bedeutung.

In mehreren vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit – BIA herausgegebenen Reports werden zum einen die Ergebnisse der Auswertungen von Schadenereignissen im Rahmen der Dokumentation Staubexplosionen und zum anderen eine umfangreiche Zusammenstellung der Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben veröffentlicht. Die Brenn- und Explosionskenngrößen stehen darüber hinaus als Datenbank GESTIS-STAU-EX im Internet zur Verfügung. Diese Informationsquellen stellen in erster Linie ein Hilfsmittel für Experten dar, wenn es darum geht, die Gefährdungen zu beurteilen, die von brennbaren Stäuben ausgehen.

2 Dokumentation Staubexplosionen

Seit nahezu 30 Jahren werden im Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit – BIA Meldungen und Berichte über Staubexplosionen gesammelt und ausgewertet. Über die Ergebnisse der Auswertungen der in Deutschland bekannt gewordenen Ereignisse wurde in zahlreichen Einzelveröffentlichungen [1 bis 14] und in drei BIA-Reports berichtet [15]. Mit den gewonnenen Erkenntnissen zu Ursachen und Auswirkungen von Explosionen sowie den über längere Zeiträume zu beobachtenden Verschiebungen von Schwerpunkten lassen sich oft wertvolle Hinweise zu Einzelfragen in den unterschiedlichen Industriebereichen ableiten.

Zusammenfassung Staubexplosionen stellen nach wie vor eine ernst zu nehmende Gefahr dar. Dies belegen die immer wieder aus der Praxis bekannt werdenden Schadenfälle, bei denen es nicht selten zu folgenschweren Personenschäden und beträchtlichen Zerstörungen an Anlagen und Gebäuden kommt. Auswertungen von Schadenereignissen zeigen, dass in vielen Fällen Unkenntnis oder fehlerhafte Einschätzung der Gefährdungen beim Handhaben brennbarer Stäube ursächlich für diese Ereignisse sind. Die durch Unfalluntersuchungen gewonnenen Erkenntnisse stellen eine wichtige Grundlage für das Erkennen und Beurteilen von Gefährdungen sowie für das Abschätzen von Risiken beim Umgang mit brennbaren Stäuben dar. Ebenso ist die Kenntnis der Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben für das Erstellen sinnvoller Sicherheitskonzepte zum Vermeiden von Bränden und Explosionen bzw. für das Begrenzen ihrer Auswirkungen von Bedeutung. In mehreren vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit – BIA herausgegebenen Reports werden einerseits die Ergebnisse der Auswertungen von Schadenereignissen im Rahmen der Dokumentation Staubexplosionen sowie andererseits eine umfangreiche Zusammenstellung der Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben veröffentlicht. Zurzeit stehen über 4 000 Datensätze mit Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben als Datenbank GESTIS-STAU-EX auch im Internet zur Verfügung (www.hvbg.de/BIA/GESTIS-STAU-EX). Diese Informationsquellen stellen in erster Linie ein Hilfsmittel für Experten dar, wenn es darum geht, die Gefährdungen zu beurteilen, die von brennbaren Stäuben ausgehen.

Aids for hazard identification when handling combustible dusts

Abstract Dust explosions still represent a serious hazard. This is proven repeatedly by incidents, in which severe personal injuries and serious damage to plants and buildings often occur. Evaluations of damage incidents show that in many cases ignorance or faulty estimation of the risks involved in working with combustible dusts contributed to the cause of the incident. The knowledge gained from investigations of accidents represents an important basis for evaluating the hazards and estimating the risks when working with combustible dusts. Also the characteristics of dusts with respect to combustibility and explosibility are essential for developing effective safety concepts for avoiding fires and explosions and minimizing their effects. Some reports issued by the BG Institute for Occupational Safety (BIA) reflect the current evaluation level of the documentation on dust explosions and present a comprehensive overview of combustion and explosion characteristics of dusts. At the time being, combustion and explosion data for more than 4 000 dusts are also available via Internet, address: www.hvbg.de/BIA/GESTIS-STAU-EX. These sources of information are intended primarily as an aid for experts in estimating the risks posed by combustible dusts.

Zweifelsohne sind in den vergangenen Jahren wesentliche neue Erkenntnisse über die Zündempfindlichkeit und das Explosionsverhalten brennbarer Stäuben gewonnen worden. Auch die Weiterentwicklung, insbesondere der Maßnahmen des konstruktiven Explosionsschutzes, hat zu vielfältigen praxisbezogenen Lösungsmöglichkeiten geführt. Die immer wieder neu gemeldeten Ereignisse machen aber deutlich, dass Staubexplosionen nach wie vor eine ernst zu nehmende Gefährdung darstellen. Zwar wird eine absolute Sicherheit vor

Dipl.-Ing. Hartmut Beck,
Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Sankt Augustin.



Schwere Zerstörungen nach einer Aluminium-Staubexplosion.

Staubexplosionen nie zu erreichen sein, die Sicherheitstechnik und der Explosionsschutz müssen jedoch ständig den neuen Entwicklungen bei Produktions-, Transport- und Bearbeitungsverfahren angepasst werden. Noch bestehende oder sich neu ergebende Sicherheitslücken zu erkennen, ist dabei ein Ziel der Dokumentationsarbeit.

Wesentliche Grundlage bilden nach wie vor Meldungen und Unfallberichte der Technischen Aufsichtsdienste der Berufsgenossenschaften sowie von Gewerbeaufsichtsamtern. Hinzu kommen weitere Informationsquellen, z. B. betroffene Firmen oder Berichte in der Fach- und Tagespresse. Ein umfassendes Bild des Staubexplosionsgeschehens in der Bundesrepublik Deutschland lässt sich aus den Auswertungen jedoch nicht ableiten. Hierzu fehlen Vergleichszahlen, die das Verhältnis betroffener Anlagen zu den insgesamt vorhandenen Anlagen und Arbeitsplätzen wiedergeben. Ebenso ist festzustellen, dass die Erfassungsquote relativ gering ist. Ausgehend von Statistiken der Sachversicherer muss in Deutschland im Durchschnitt mit ca. 300 Staubexplosionen pro Jahr gerechnet werden (Ereignisse mit Sachschäden oberhalb von 25 000 €). Hiervon werden lediglich ca. 10 % in der Dokumentation Staubexplosionen erfasst.

Daraus, dass es bei den ermittelten Zahlen betroffener Anlagen und explosionsauslösender Zündquellen zu keinen sprunghaften Veränderungen kommt und eine im Wesentlichen kontinuierliche und größtenteils auch plausible Entwicklung zu beobachten ist, lässt sich unseres Erachtens ableiten, dass die Dokumentation Staubexplosionen einen durchaus repräsentativen Querschnitt des Staubexplosionsgeschehens in Deutschland wiedergibt.

Vorrangiges Ziel der Dokumentationsarbeit ist es, Informationen über Ursachenschwerpunkte zu erarbeiten. So soll beispielsweise gezeigt werden, welche Anlagen und Anlagenbereiche in den einzelnen Industrie- bzw. Gewerbebezügen am häufigsten von Staubexplosionen betroffen sind und welche Randbedingungen zu den jeweiligen Ereignissen geführt haben. Neben den so gewonnenen Erkenntnissen, die bei der Gefährdungsbeurteilung und dem Erstellen von Risikoanalysen eine wertvolle Hilfe sein können, wird auch ein nicht zu unterschätzender Aufklärungseffekt dadurch erreicht, dass die jeweils in Kurzform dargestellten Ereignisse dem Leser eindrucksvoll vor Augen führen, welche Gefährdungen in der Praxis beim Umgang mit staubförmigen, brennbaren Stoffen

in verschiedenen Produktionsbereichen bestehen. Nicht zuletzt können über Vergleiche der bei den geschilderten Ereignissen vorgelegenen Randbedingungen mit denen des zu betrachtenden Falls wertvolle Erkenntnisse gewonnen werden.

Um die für die Dokumentationsarbeit erforderlichen Angaben auf möglichst einfache Weise und einheitlich erfassen zu können, wurden die den Zielvorstellungen entsprechenden Fragen in Erhebungsbögen zusammengefasst. Dies geschah in enger Zusammenarbeit mit dem Arbeitskreis „Explosionsschutz“ der

Sektion Chemie der Internationalen Vereinigung für Sozialen Sicherheit (IVSS). Die Erhebungsbögen können beim Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit – BIA angefordert werden.

Für die Auswertungen wurde die bewährte Einteilung in die Staubgruppen Holz/Holzprodukte, Papier, Kohle/Torf, Nahrungs- und Futtermittel, Kunststoffe, Metalle und Sonstige beibehalten. Im weitesten Sinne ist damit auch bereits eine Zuordnung zu bestimmten Industrie- und Gewerbebezügen gegeben. Innerhalb dieser Staubgruppen werden die Anteile der betroffenen Anlagen und der explosionsauslösenden Zündquellen dokumentiert, so dass die unterschiedlichen Ursachenschwerpunkte erkennbar werden.

Die Häufigkeit, mit der verschiedene Anlagengruppen an den insgesamt erfassten Ereignissen beteiligt waren, zeigt **Tabelle 1**. Die Rangfolge der von Explosionen betroffenen Anlagenarten hat sich gegenüber früheren Auswertungen nicht verändert. Nach wie vor ist die am häufigsten betroffene Anlagengruppe die der Silos und Bunker mit einem Anteil von 19,4 %. Die Entstaubungsanlagen und Abscheider folgen mit 17,5 %. Ihr Anteil hat in der Vergangenheit ständig zugenommen. Dieser Trend ist sowohl in der Gesamtübersicht als auch in den einzelnen Staubgruppen erkennbar. So ist beispielsweise in den Gruppen Holz/Holzprodukte und Kohle/Torf eine Zunahme von ca. fünf Prozentpunkten gegenüber dem Auswertungsstand von 1980 zu beobachten (das entspricht einer Zunahme von fast 30 % bei Holz bzw. von über 160 % bei Kohle/Torf). Eine separate Betrachtung der in den letzten zehn Jahre erfassten Fälle zeigt darüber hinaus, dass Entstaubungsanlagen und Abscheider in diesem Zeitraum mit über 23 % sogar die mit Abstand am häufigsten betroffenen Anlagen waren.

Zweifelsohne ist diese Zunahme auf die ständig steigenden

Tabelle 1 | Anteil der Anlagengruppen an den ausgewerteten Staubexplosionen.

Anlagengruppe	Anteil in %
Silos/Bunker	19,4
Entstaubungsanlagen/Abscheider	17,5
Mahl- und Zerkleinerungsanlagen	13,4
Förderanlagen	11,0
Feuerungsanlagen	4,5
Mischanlagen	4,3
Schleif-, Polier- und Mattieranlagen	3,7
Siebanlagen (Sichter)	2,7
Sonstige	14,5

den Anforderungen des Arbeits- und Umweltschutzes zurückzuführen, die vermehrt immer hochwertigere Entstaubungsanlagen erforderlich machen. Gerade der Einsatz filternder Abscheider beinhaltet ein nicht zu unterschätzendes Staubexplosionsrisiko. Es fällt auf, dass die Zunahme in den Industriebereichen, in denen in der Vergangenheit relativ geringe Anforderungen an die Staubabscheidung gestellt wurden, besonders ausgeprägt ist. In Bereichen, in denen schon immer hohe Anforderungen hinsichtlich des Erfassens und Abscheidens von Stäuben zu erfüllen waren, z. B. in der chemischen Industrie, sind dagegen verhältnismäßig geringe Anteiländerungen zu verzeichnen.

In anderen Fällen ist aber auch ein umgekehrter Trend zu beobachten. So ist z. B. der Anteil der Schleif-, Polier- und Mattieranlagen in der Staubgruppe Metalle im letzten Beobachtungszeitraum um fast vier Prozentpunkte, d. h. um etwa 17 %, zurückgegangen. In erster Linie ist diese Abnahme wohl darauf zurückzuführen, dass infolge einer schweren Aluminiumstaubexplosion im Jahre 1979, bei der acht Tote zu beklagen waren, eine Richtlinie für das Bearbeiten von Aluminium erlassen wurde, deren Umsetzung von den Aufsichtsbehörden sehr konsequent verfolgt wurde [7; 16]. Dies hatte zur Folge, dass nach Herausgabe der Richtlinie im Jahr 1981 das Unfallgeschehen in diesem Bereich abrupt abbrach. Mit Ausnahme eines kleineren Ereignisses 1983 kam es erst im vergangenen Jahr wieder zu einem Schadenfall in einer Aluminiumschleiferei.

Die weiteren Tabellen zeigen die Anteile der explosionsauslösenden Zündquellen – sowohl insgesamt (**Tabelle 2**) als auch auf die verschiedenen Staubgruppen bezogen. In diesem Zusammenhang darf nicht unerwähnt bleiben, dass die Frage nach den Entzündungsursachen bei den Ermittlungen nach einem Ereignis oft nicht eindeutig zu beantworten ist. Dies gilt insbesondere dann, wenn infolge schwerer Zerstörungen keine Spuren mehr erkennbar sind, die Rückschlüsse auf mögliche Zündquellen zulassen würden. In derartigen Fällen wird die Ursache mit dem höchsten Wahrscheinlichkeitsgrad zugrunde gelegt.

Es wird deutlich, dass die mechanischen Zündquellen (mechanische Funken und mechanische Erwärmung) jeweils den größten Anteil aufweisen. Ausgenommen ist hiervon lediglich die Staubgruppe Kohle/Torf. Im Allgemeinen wird die Zündwirksamkeit mechanisch erzeugter Funken stark überbewertet. Sicherlich können Reib- und Schleifvorgänge, bei denen Funkengarben entstehen, auch ursächlich für das unmittelbare Entzünden von Staub/Luft-Gemischen sein; der eigentliche Entzündungsvorgang wird jedoch eher auf die bei Reib- und Schleifvorgängen gleichzeitig auftretenden heißen Oberflächen zurückzuführen sein [17].

Es überrascht nicht, wenn der Anteil dieser Zündquellenart mit ca. 50 % in der Staubgruppe Metalle (**Tabelle 3**) relativ hoch ist, denn die Voraussetzungen zur Funkenbildung sind beim Bearbeiten von Metallen in besonderer Weise gegeben. Der Anteil der mechanischen Zündquellen ist in dieser Staubgruppe allerdings stark rückläufig (Abnahme um ca. 14 %). Möglicherweise ist dieser Effekt auf eine größere Sensibilisierung hinsichtlich der mechanischen Zündquellen in der Praxis zurückzuführen, da diese Zündquellenart in der Vergangenheit stets an vorderster Stelle in den Statistiken auftauchte.

Weniger erfreulich ist, dass sich der Anteil unbekannt gebliebener Zündquellen, d. h. der nicht aufgeklärten Entzündungsursachen, kaum verändert hat. In der Staubgruppe

Tabelle 2 Anteil der Zündquellenarten an den ausgewerteten Staubexplosionen.

Zündquellenart	Anteil in %
Mechanische Funken/Mechanische Erwärmung	32,7
Glimmnest	12,7
Elektrostatische Entladung	8,5
Feuer (Brand, Feuerung etc.)	7,9
Selbstentzündung	6,0
Heiße Oberfläche	4,8
Schweißarbeiten (Flammen, Funken etc.)	4,2
Elektrische Betriebsmittel	3,2
Unbekannt bzw. nicht ermittelt	17,0
Sonstige	3,0

Tabelle 3 Anteil der Zündquellenarten innerhalb der Staubgruppe Metalle.

Zündquellenart	Anteil in %
Mechanische Funken/Mechanische Erwärmung	49,9
Elektrostatische Entladung	6,5
Heiße Oberfläche	2,6
Selbstentzündung	5,2
Feuer (Brand, Feuerung etc.)	2,6
Schweißarbeiten (Flamme, Funken etc.)	1,3
Unbekannt bzw. nicht ermittelt	26,0
Sonstige	6,5

Metalle lässt sich sogar eine Zunahme von fast 11 Prozentpunkten (das entspricht ca. 70 %) feststellen.

Eine Gesamtübersicht mit den in den verschiedenen Anlagengruppen wirksam gewordenen Zündquellen (**Tabelle 4**) macht deutlich, wie groß die Unterschiede der Gefährdungspotenziale in Abhängigkeit von den Anlagenarten und Verfahren sind. So liegt bei den Silos und Bunkern sowie den Trocknern die größte Gefährdung offensichtlich dann vor, wenn mit dem Eintragen oder Entstehen von Glimmnestern gerechnet werden muss.

Während bei Schleif-, Polier- und Mattieranlagen bereits der bestimmungsgemäße, störungsfreie Einsatz mit der Möglichkeit von mechanischen Zündquellen verbunden ist, führen insbesondere bei Mahl- und Zerkleinerungsanlagen häufig erst Fremdkörper, die unbeabsichtigt eingebracht werden, zu mechanischen Zündquellen.

Der im Zusammenhang mit Mischvorgängen ermittelte hohe Anteil der Zündquellenart „elektrostatische Entladung“ unterstreicht deutlich, dass sowohl der Mischvorgang als auch das Befüllen und Entleeren von Mischern mit hohen elektrostatischen Aufladungen verbunden sein kann, was entsprechende Zündgefahren in sich birgt.

3 Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben

Der sichere Umgang mit feinteiligen Feststoffen (z. B. Pulver, Mehl, Staub) setzt voraus, dass ihre die Sicherheit beeinflussenden Eigenschaften bekannt sind. Dies sind neben gesundheitlichen Aspekten auch die Brennbarkeit und die Explosionsfähigkeit. Je umfassender die Kenntnisse über das Brenn- und Explosionsverhalten sind, desto sinnvoller können erforderliche Schutzmaßnahmen getroffen werden.

In Zusammenarbeit mit der Bergbau-Versuchsstrecke (BVS) und mit finanzieller Unterstützung des Hauptverbands der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) wurde be-

Tabelle 4 | Anteil der Zündquellenarten in den Anlagengruppen (Angaben in %).

Zündquellenart	Silos/ Bunker	Entstauber/ Abscheider	Mahl- und Zerkleinerungsanlagen	Förderanlagen	Trockner	Mischanlagen	Schleif-, Polier- und Mattieranlagen	Siebanlagen
Mechanische Funken/ Erwärmung	17,2	41,0	71,3	45,5	1,8	46,1	86,4	12,5
Glimmnest	30,2	10,5	–	9,1	27,8	–	–	6,3
Elektrostatische Entladung	2,6	9,5	3,7	16,7	9,3	34,6	–	12,5
Feuer	6,0	4,8	1,3	–	–	3,9	–	12,5
Selbstentzündung	2,6	6,7	3,7	4,5	18,5	–	–	6,3
Heiße Oberfläche	10,3	–	3,7	4,5	16,7	–	–	–
Schweißarbeiten	7,8	0,9	–	3,0	1,8	3,9	–	–
Elektrische Betriebsmittel	3,5	0,9	–	–	–	–	–	–
Unbekannt	18,1	20,9	12,5	13,6	20,4	11,5	13,6	50,0
Sonstige	1,7	4,8	3,7	3,0	3,7	–	–	–

reits Ende der 70er Jahre ein Forschungsvorhaben zum Bestimmen brenn- und explosionstechnischer Kenngrößen repräsentativer Stäube konzipiert und durchgeführt. Das Ergebnis wurde 1980 als Forschungsbericht veröffentlicht [18]. Für mehr als 800 Stäube und staubförmige Produkte wurden Brenn- und Explosionskenngrößen ermittelt. Wenn auch nicht jeweils alle sicherheitstechnischen Kenngrößen eines Stoffs bestimmt wurden, so stellten die Daten des Tabellenwerks für die Praxis der Arbeitssicherheit doch eine hilfreiche Orientierungsgrundlage dar und wurden insbesondere von Sicherheitsfachkräften und Aufsichtsbehörden dankbar angenommen.

Im BIA-Handbuch bot sich die Gelegenheit, einem häufig vorgetragenen Wunsch nach Veröffentlichung weiterer Kenngrößen Rechnung zu tragen. Neben Daten der Prüfstellen BVS und BIA wurden auch Daten der bei der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten – BGN eingerichteten Prüfstelle aufgenommen, so dass die zweite Ausgabe des Tabellenwerks explosionstechnische Kenngrößen von nahezu 1 900 Stäuben beinhaltete. Neu waren zwei zusätzliche Tabellen mit Angaben über Mindestzündenergien und Sauerstoffgrenzkonzentrationen [19].

In einem von der Kommission der Europäischen Gemeinschaft geförderten Projekt wurden in erheblichem Umfang weitere Datensätze mit von verschiedenen Prüfstellen ermittelten Kenngrößen in das Tabellenwerk integriert. Der Datenbestand wuchs somit auf annähernd 4 100 Staubproben an. Der damit erreichte Umfang des Tabellenwerks sprengt den Rahmen des BIA-Handbuchs, so dass die neueste Zusammenstellung als BIA-Report 12/97 [20] herausgegeben wurde. Eine weitere Ausgabe in englischer Sprache erschien als BIA-Report 13/97 [21]. Diese Datensammlung soll in erster Linie Experten beim Beurteilen von Staubexplosionsgefahren und beim Abschätzen der bei der Handhabung brennbarer Stäube verbundenen Risiken als Hilfsmittel zur Verfügung stehen.

Die an dem EU-Projekt mit Datensätzen beteiligten Institutionen bzw. Prüfstellen waren neben dem BIA die DMT – Gesellschaft für Forschung und Prüfung, Fachstelle für Brand- und Explosionsschutz über Tage – Bergbau-Versuchsstrecke,

Dortmund, die Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten – BGN und die Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V. – FSA, Mannheim, die CHEMSAFE-Datenbank für bewertete sicherheitstechnische Kenngrößen der Deutschen Gesellschaft für Chemisches Apparatewesen, Chemische Technik und Biotechnologie e. V. – DECHEMA, Frankfurt am Main, mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung – BAM, Berlin, und der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt – PTB, Braunschweig, und die Fa. Henkel, TTA-Sicherheitstechnik, Düsseldorf.

Die Datenbank „GESTIS-STAU-EX – Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben“ [22] bietet diese Inhalte kostenfrei über die Homepage des Hauptverbands der gewerblichen Berufsgenossenschaften im Internet an (www.hvbg.de/bia/gestis-staub-ex). Neben einigen Korrekturen wurde die Datenbank inzwischen um einige neue Datensätze ergänzt. Weitere Ergänzungen sowie eine englischsprachige Version sind für die nächste Zeit geplant.

Die Untersuchungsverfahren, die den aufgeführten Kenngrößen zugrunde liegen, sind in verschiedenen nationalen und internationalen Normen beschrieben [23 bis 26]. Die verwendeten Begriffe sind weitgehend den Definitionen der EN 1127-1 [27] angepasst.

Im Internetangebot enthalten sind einige Begriffsbestimmungen sowie eine kurze Gegenüberstellung von Maßnahmen des Staubexplosionsschutzes und der für ihre Umsetzung jeweils erforderlichen Kenngrößen. Die der Datensammlung zugrunde liegenden Untersuchungsverfahren werden ebenso wie verschiedene, das Explosionsverhalten beeinflussende Parameter kurz beschrieben. Alle wichtigen Informationen sind jederzeit aus der Datenbank per Link erreichbar. Des Weiteren wird auf die zu beachtenden Grenzen der Anwendbarkeit der aufgeführten Daten hingewiesen. Hinweise auf die Grundlagen und auf weiterführende Literatur werden gegeben.

Jeder untersuchte Stoff wird zunächst durch eine Stoffbezeichnung sowie mit Angaben zur Korngrößenverteilung und zur Feuchte beschrieben. Die ermittelten Brenn- und Explosionskenngrößen sind die untere Explosionsgrenze UEG,

der maximale Explosionsüberdruck p_{max} , der K_{St} -Wert, die Staubexplosionsklasse bzw. eine allgemeine Aussage zur Staubexplosionsfähigkeit, die Sauerstoffkonzentration SGK, die Mindestzündenergie MZE, die Mindestzündtemperaturen für die Staubwolke (Zündtemperatur ZT) und für eine 5 mm dicke Staubschicht (Glimmtemperatur GT) sowie die Brennzahl BZ .

Der Anwendbarkeit der brenn- und explosionstechnischen Kenngrößen sind Grenzen gesetzt. Sie beruhen vor allem auf den möglichen Unterschieden in der Beschaffenheit von Stäuben (Zusammensetzung, Korngrößenverteilung, Oberflächenstruktur, Feuchte usw.) und den sich daraus ergebenden unterschiedlichen Zahlenwerten für die Kenngrößen. Dem Anwender muss stets bewusst sein, dass die Tabellenwerte beim Auslegen von Schutzmaßnahmen im Einzelfall grundsätzlich nur als Anhalt dienen können. Immer dann, wenn nicht zweifelsfrei alle bedeutsamen Einflussgrößen mit denen im zu beurteilenden Fall vorliegenden Verhältnissen übereinstimmen, wird es notwendig sein, den tatsächlich zu handhabenden Staub genauer zu untersuchen.

In einigen Fällen kann es aber durchaus gerechtfertigt sein, sich anhand einer Vielzahl von Daten eines Stoffes insofern auf die „sichere Seite“ zu begeben, als dass die jeweils schärferen Werte für eine Beurteilung zugrunde gelegt werden. In erster Linie soll jedoch aufgezeigt werden, für welche Stoffe bereits Untersuchungsergebnisse vorliegen, ob die Stoffe im Gemisch mit Luft explosionsfähig sind und in welcher Größenordnung die wichtigsten Daten zu erwarten sind.

Die Kenngrößen sind sowohl untereinander als auch mit anderen, nach den gleichen Verfahren ermittelten Kenngrößen vergleichbar. Nicht vergleichbar sind sie hingegen mit solchen Werten, die nach anderen Verfahren bestimmt wurden.

Im Einzelnen ist zu beachten, dass sich mit abnehmender Korngröße und abnehmender Feuchte höhere Werte für den maximalen Explosionsdruck und den maximalen zeitlichen Druckanstieg bzw. den K_{St} -Wert sowie niedrigere Werte für die untere Explosionsgrenze, die Zündtemperatur und die Mindestzündenergie ergeben können; die Zahlenwerte der Explosionskenngrößen verändern sich in diesen Fällen also zur „gefährlicheren“ Seite.

Die Kenngrößen gelten für die Zustandsbedingungen: Druck von 0,9 bar bis 1,1 bar, Sauerstoff ca. 21 Vol.-% und Temperatur von 0 °C bis 30 °C. Liegen in der Praxis andere als diese so genannten atmosphärischen Bedingungen vor, sind besondere Überlegungen anzustellen und ggf. die Kenngrößen unter den im Betrieb vorliegenden Randbedingungen zu bestimmen. Bei erhöhtem Druck, erhöhtem Sauerstoffgehalt und erhöhter Temperatur ist mit einem kritischeren Brenn- und Explosionsverhalten zu rechnen.

Die Werte können nicht für eine Beurteilung zugrunde gelegt werden, wenn mit hybriden Gemischen, also dem gleichzeitigen Vorhandensein von brennbarem Staub und brennbaren Gasen, Dämpfen oder Nebeln zu rechnen ist.

Literatur

- [1] Kühnen, G.: Lehren aus Staubexplosionen und Folgerungen für die Praxis. Staub – Reinhalt. Luft 31 (1971) Nr. 3, S. 122-125.
- [2] Beck, H.: Dokumentarische Erfassung von Staubexplosionen. Die BG (1974) Nr. 10, S. 405-407.
- [3] Beck, H.: Bekanntgewordene Staubexplosionen der letzten Jahre. In: VDI-Berichte 304. Düsseldorf: VDI 1978, S. 3-12.
- [4] Kühnen, G.; Zehr, J.: Schutz vor Staubexplosionen – Theorie und Praxis. Staub – Reinhalt. Luft 40 (1980) Nr. 9, S. 374-379.
- [5] Beck, H.: Schadenanalyse von Staubexplosionen. Staub – Reinhalt. Luft 42 (1982) Nr. 3, S. 118-123.
- [6] Kühnen, G.; Beck, H.: Grundlegende Fragen der Sicherheitstechnik bei Staubbränden und Staubexplosionen. In: VDI-Berichte 494. Düsseldorf: VDI 1984, S. 25-33.
- [7] Beck, H.; Förster, H.; Faber, M.: Staubexplosionen in Aluminiumschleifereien und Maßnahmen zu ihrer Verhütung. IVSS-Bericht, 9. Internationales Kolloquium für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten in der chemischen Industrie. Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie. Heidelberg 1984.
- [8] Beck, H.: Grundlegende Fragen der Sicherheitstechnik im Hinblick auf Staubexplosionen. Fördern und Klassieren beim Aufbereiten und Verarbeiten von Kunststoffen. Düsseldorf: VDI 1985, S. 165-185.
- [9] Beck, H.; Jeske, A.: Staubexplosionen – Gefahren – Dokumentation – Auswertung. Staub – Reinhalt. Luft 48 (1988), S. 35-39.
- [10] Jeske, A.; Beck, H.: Evaluation of dust explosions in the Federal Republic of Germany. Dust-explosion documentation. Europex Newsletter Juli 1989.
- [11] Beck, H.: Bemerkenswerte Staubexplosionen der letzten Jahre. In: VDI-Berichte 975. Düsseldorf: VDI 1992, S. 47-70.
- [12] Beck, H.: Analyse von Unfällen in Ex-Bereichen. TÜ 37 (1996) Nr. 1/2, S. 32-37.
- [13] Beck, H.: Kleine Ursache – verheerende Wirkung: Staubexplosionen. BIA-Info 6/98. Arbeit und Gesundheit spezial (1998) Nr. 6, S. S24.
- [14] Beck, H.: Dokumentation Staubexplosionen und Untersuchungsergebnis einer Staubexplosion in einer Getreidemühle. Berichtsband zum europäischen Seminar zu „Staubexplosionen“. 13.-15. April 1999 Metz. Hrsg.: INERIS Service Communication, Verneuil-en-Halatte 1999.
- [15] Beck, H.; Jeske, A.: Dokumentation Staubexplosionen, Analyse und Einzelfalldarstellung. BIA-Report 4/82, 2/87 und 11/97. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1982, 1987, 1997.
- [16] Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: Vermeidung der Gefahren von Staubbränden und Staubexplosionen beim Schleifen, Bürsten und Polieren von Aluminium und seinen Legierungen (BGR 109, bisher ZH 1/32). Köln: Carl Heymanns 1990.
- [17] Ritter, K.: Die Zündwirksamkeit mechanisch erzeugter Funken gegenüber Gas/Luft- und Staub/Luft-Gemischen. Dissertation Universität Fridericiana Karlsruhe (TH) 1984.
- [18] Forschungsbericht Staubexplosionen, Brenn- und Explosions-Kenngrößen von Stäuben. Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Bonn 1980.
- [19] Beck, H.: Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben. Sicherheitstechnisches Informations- und Arbeitsblatt 140 260. In: BIA-Handbuch Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz 38. Lfg. X/00. Hrsg.: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit – BIA, Sankt Augustin. Bielefeld: Erich-Schmidt 1985 – Losebl.-Ausg.
- [20] Beck, H.; Glienke, N.; Möhlmann, C.: Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben. BIA-Report 12/97. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, Sankt Augustin 1997.
- [21] Beck, H.; Glienke, N.; Möhlmann, C.: Combustion and explosion characteristics of dusts (Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben). BIA-Report 13/97. Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG), Sankt Augustin 1997.
- [22] Beck, H.: GESTIS-STaub-EX – Brenn- und Explosionskenngrößen von Stäuben im Internet. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 61 (2001) Nr. 3, S. 81-83.
- [23] VDI 2263: Staubbrände und Staubexplosionen, Gefahren – Beurteilung – Schutzmaßnahmen. Berlin: Beuth Mai 1992 und VDI 2263 Blatt 1: Untersuchungsmethoden zur Ermittlung von sicherheitstechnischen Kenngrößen von Stäuben. Berlin: Beuth Mai 1990.
- [24] VDI 3673, Blatt 1: Druckentlastung von Staubexplosionen. Berlin: Beuth Juli 1995.
- [25] ISO 6184/1: Explosion protection systems – Part 1: Determination of explosion indices of combustible dusts in air (1985).
- [26] DIN IEC 31 H (CO) 3, gleichzeitig VDE 0170/0171 Teil 102: Methoden zur Bestimmung der minimalen Entzündungstemperatur von Stäuben. Teil 1: Staubschicht auf einer heißen Oberfläche. Berlin: Beuth.
- [27] DIN EN 1127-1: Explosionsfähige Atmosphären – Explosionsschutz Teil 1 – Grundlagen und Methodik. Berlin: Beuth Oktober 1997.