


GEFAHRGUT

GEFAHRGUT

DER GROSSE GEFAHRGUT REPORT

GEFAHRG REPORT

 *Versuchs-
explosion mit
Maisstärke in
einem 250-m³-
Behälter
(Quelle:
Bartknecht).*

BLAULICHT 12/2006

2

LFR UNIV.-LEKTOR DR. OTTO WIDETSCHKEK, Graz

7 FESTE BRENNBARE STOFFE UND DIE GEFAHREN DER STAUBEXPLOSION

GUT

Tag für Tag müssen unsere Einsatzkräfte Brände und Unfälle mit gefährlichen Stoffen bekämpfen. Die ersten Kräfte vor Ort sind in der Regel keine Spezialisten für radioaktive Stoffe, chemische Substanzen und biologische Agenzien. Es sind Mitglieder von freiwilligen Feuerwehren, die zwar eine gute Basisausbildung besitzen, aber nicht viel über Flammpunkte, chemische Formeln und die Wirkung von Gammastrahlen wissen. Was können sie tun? Gibt es eine Art elementare Einsatztaktik, eine Strategie für jedermann?

In dieser Ausgabe von BLAULICHT beschäftigen wir uns mit den festen brennbaren Stoffen. Sie können vor allem als Stäube eine große Gefahr darstellen und zerstörerische Explosionen hervorrufen. In den internationalen Transportvorschriften werden die festen brennbaren Stoffe der Klasse 4.1 zugeordnet. Brennbare feste Stoffe umgeben uns überall. Als Naturprodukte sind in erster Linie Holz und Kohle zu nennen, welche auch seit jeher als Brennstoffe eine wichtige Rolle erfüllen.

ORGANISCHE UND ANORGANISCHE STOFFE

Im täglichen Leben haben es wir mit vielen festen Stoffen zu tun. Sie können anorganischer und organischer Natur sein. Steine, Erze, Sand und Ziegel gehören beispielsweise in die erste Gruppe und sind vielfach sehr schwer zu entzünden. Holz, Kohle und die breite Palette der Kunststoffe können den organischen Produkten zuge-

ordnet werden und sind in der Regel gut brennbar. Sie beinhalten als Grundsubstanz den Kohlenstoff, welcher auf Grund seiner chemischen Eigenschaften (das Kohlenstoffatom hat vier „Arme“, mit welchen es andere Atome zu binden vermag) eine Unzahl von Verbindungen produzieren kann. Nicht nur die gesamte Kunststoffchemie basiert auf dieser Tatsache, sondern auch Eiweiß, als Grundsubstanz des Lebens, ist eine Kohlenstoffverbindung.

AUF DIE STRUKTUR KOMMT ES AN!

Schon in grauer Vorzeit begann die Erforschung der festen Körper, als der Höhlenmensch Steinwerkzeuge benutzte. Und trotzdem kennen wir die Struktur der Festkörper noch keine fünfzig Jahre. Früher glaubte man, dass die Eigenschaften der festen Körper durch seine chemische Zusammensetzung bestimmt werden. Wie soll man aber damit

Je kleiner ein brennbarer Stoff geteilt wird, umso besser brennt er
(Quelle: Sicherheitsinstitut, Schweiz).



die Härte eines Diamanten (ist übrigens reiner Kohlenstoff und daher brennbar), die Zähigkeit des Leders, die Leitfähigkeit des Kupfers und den Magnetismus des Eisens erklären? Heute wissen wir mehr: Es kommt im Wesentlichen auf die Struktur eines Körpers an, auf die Art und Weise, wie seine Atome angeordnet und miteinander verbunden sind. Wir wissen auch, worauf die Unterschiede zu Flüssigkeiten und Gasen beruhen und warum die festen Körper hart sind: Es ist die Anordnung und dichte Gruppierung der Atome und Moleküle.




DEFINITION

Was sind nun feste Stoffe? Sie liegen bei Raumtemperatur (20 °C) und Normaldruck (1 bar) in fester Form vor. Eine Änderung der physikalischen Bedingungen (Druck, Temperatur) verändert den Aggregatzustand. Steigende Temperaturen und sinkender Druck bewirken den Übergang vom festen in den flüssigen Zustand. Physikalisch entspricht der feste Zustand eines Stoffes dem energieärmsten Zustand, bei dem alle Grundbausteine (Atome, Moleküle) in einer räumlich nahezu starren Anordnung (Kristallgitter) mit festen Abständen der Bausteine zueinander vorliegen.

DIE OBERFLÄCHE IST WICHTIG!

Jeder kennt den elementaren Grundsatz: Je feiner verteilt ein brennbarer Stoff ist, umso besser brennt er! Ein kompaktes Holzscheit kann nicht mit einem Streichholz entzündet werden, hingegen

Korngröße von Teilchen

$V = 1 \text{ cm}^3$	$V = 1 \text{ cm}^3$	$V = 1 \text{ cm}^3$
		
Staubteilchen		
$O = 6 \text{ cm}^2$	$O = 12 \text{ cm}^2$	$O = 24 \text{ cm}^2$

Je feinkörniger brennbare Teilchen sind, umso größer wird ihre Oberfläche und damit ihre Brennbarkeit!

copyright by Dr. Otto Widetschek, Graz owid

Über die Korngröße und die „innere“ Oberfläche von Teilchen.



Demonstration des Verfassers zum Phänomen Staubexplosion mit Bärlappstaub.



Explosion eines 4-kg-Staub-Luft-Gemisches im Freien (Foto: Bartknecht)

gelingt dies sehr schnell, wenn man Späne daraus macht. Eine Weisheit, welche sich noch unsere Großmütter täglich beim Einheizen zunutze gemacht haben.

DIE TEILUNG DES WÜRFELS

Betrachten wir einen Würfel mit 1cm³ Volumen, so besitzt dieser eine Oberfläche von 6 cm². Bei einer Halbierung der Würfelseite ist bei gleichem Volumen bereits eine Oberfläche von 12 cm², also das Doppelte, vorhanden. Dies kann man nun gedanklich immer weiter fortsetzen. Eine Zerteilung in lauter Staubwürfelchen mit einer Kantenlänge von 10 µm (1 Mikro-Meter = 1 Millionstel Meter) würde bereits eine Vertausendfachung der „inneren“ Oberfläche ergeben.

Dass dabei die Brand- und Explosionsgefahr – vor allem bei Verwirbelung dieser kleinen Partikel – stark zunimmt, ist einleuchtend. Ab einer bestimmten Feinverteilung neigen derartige Stoffe an der Luft sogar

zur Selbstzersetzung mit teilweise explosionsartigen Erscheinungen (pyrophore Substanzen).

DIE FENSTER FLOGEN AUS DER BACKSTUBE!

Ursprünglich hatte man angenommen, dass organische Stäube nicht explodieren können. In einer Veröffentlichung aus dem Jahre 1878 war hingegen bereits Folgendes zu finden: „Die Bäcker pflegen sich in den Backstuben der Fliegen und Schaben auf die Weise zu entledigen, indem sie scharf getrocknetes Mehl in die Luft werfen und

die Mehlstaubwolke entzünden!“. Man wunderte sich allerdings dabei, dass häufig die Fenster der Backstube als Folge dieser Verpuffung bzw. Explosion des Mehlstaubes herausgeschleudert wurden.

STAUBEXPLOSIONEN: SEIT 200 JAHREN

Staubexplosionen sind aber schon etwa seit 200 Jahren bekannt. Es begann eigentlich mit der neuen Technik des Vermahlens des Getreides in Windmühlen. Die erste als solche erkannte Staubexplosion ereignete sich nach den Aufzeichnungen der Turiner Akademie für Wissenschaften am 14. Dezember 1785 in Italien.

Es handelte sich dabei um eine Mehlstaubexplosion in Turin. Die erste authentische Fotografie eines Mühlenbrandes nach einer Getreidestaubexplosion stammt aus dem Jahre 1853 aus den USA. Als im Jahre 1887 die neue Wesermühle in Hameln explodierte, schrieb die Zeitschrift des Verbandes Deutscher Ingenieure: „Das Ereignis steht auf dem Kontinent ohne Beispiel da; jede Vorstellung von der gewaltigen, zerstörenden Kraftwirkung fehlte bisher“.

ZUNEHMENDE INDUSTRIALISIERUNG

Mit zunehmender Industrialisierung und als Folge der Umstellung von Klein- auf Großbetriebe stieg die Zahl der Staubexplosionen. So ereigneten sich bis zum Jahre 1922 in den USA und Kanada 217 Staubexplosionen im Zusammenhang mit organischen Stäuben in Mühlen, Elevatoren und Silos, Stärkefabriken, Zuckerraffinerien sowie Anlagen, in denen z. B. Aluminium, Schokolade, Papier, Gummi oder Gewürze verarbeitet wurden. Eine neuere amerikanische Statistik von 1900 bis 1952 weist 769 Explosionen mit einem Schaden von 88 Millionen Dollar aus. Insgesamt waren dabei 464 Tote und 1.229 Verletzte zu beklagen.

ZUCKER- UND KOHLESTAUBEXPLOSIONEN

Aus Deutschland sind zwischen 1890 und 1922 allein 66 Zuckerstaubexplosionen von mittlerem und katastrophalem Ausmaß dokumentiert. Eine der schwersten ereignete sich in Frankenthal am 16. März 1917. Sechs Arbeiter wurden dabei getötet.

Aber auch in anderen Industriezweigen kam es in dieser Zeit häufig zu Staubexplosionen. Über insgesamt 77 Ereignisse im Zusammenhang mit Kohlenstaub, Farbstoff, Ruß und Aluminium liegen Aufzeichnungen vor. Alleine die Kohlenstaubexplosionen forderten 404 Tote und 275 Verletzte.

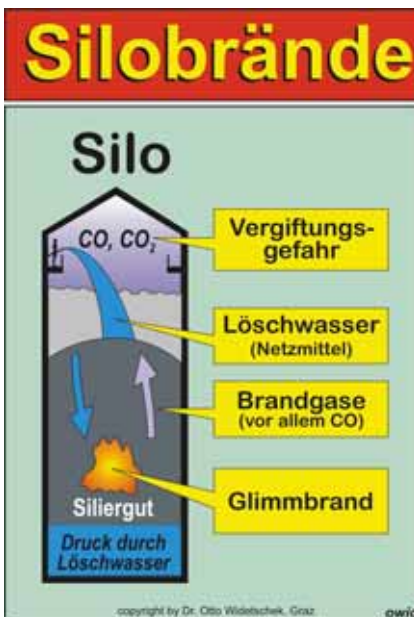
14 TOTE IN DER ROLAND-MÜHLE

Auch in neuerer Zeit kommt es immer wieder zu katastrophalen Staubexplosionen. Ein extremes Beispiel ist dazu die Zerstörung der Rolandmühle in Bremen im Jahre 1979. Damals waren 14 Tote, 17 Verletzte und ein Sachschaden von über 100 Millionen Mark zu verzeichnen. Durch einen Brand wurde dabei Mehlstaub aufgewirbelt, eine erste schwächere Staubexplosion war die Folge. Sie lief über eine Förderbrücke in den Mehlspeicher und führte dort zu einer Kettenreaktion mit Folgeexplosionen in den verschiedenen Gebäudeteilen.

SILOBRÄNDE

Immer wieder ereignen sich auch in Österreich Brände sowie Getreide- und Holzstaubexplosionen in Silos. Dabei kommt es auch teilweise zu mehr oder weniger gefährlichen Verletzungen von Feuerwehrmännern.

Silobrände sind heimtückisch, weil das Brandgut mit dem Löschwasser nur schlecht in Kontakt gebracht werden kann. Außerdem kann das eingebrachte Löschwasser einen gefährlichen Druck im Silo selbst erzeugen, welcher im schlimmsten Fall sogar zur Zerstörung des Bauwerkes führt. Die giftigen Brandgase (vor allem Kohlenmonoxid) steigen auf und stellen für die angreifenden Feuerwehrmänner ohne Verwendung eines geeigneten Atemschutzes ein großes Gefahremoment dar.



Gefahren bei Silobränden (schem. Darstellung).

GEFAHR FÜR DIE EINSATZKRÄFTE!

Ein Beispiel dazu ist der Mitte der Siebzigerjahre in Gratkorn nördlich von Graz aufgetretene, gewaltige Silobrand, welcher bei der Feuerwehr fünf Rauchgasvergiftete forderte. Aber auch beim Ausräumen von Siloanlagen kann es immer wieder zu Staubexplosionen und Brandverletzungen von Feuerwehrmännern kommen, wie zwei Fälle in den letzten 15 Jahren in der Steiermark, Bezirk Fürstenfeld, gezeigt haben.

WELCHE STÄUBE EXPLODIEREN?

Eine Analyse von 599 Schadenseignissen, die in Deutschland von einem Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit durchgeführt wurde, gibt eine gute Übersicht über die an den Staubexplosionen beteiligten Staubarten, Anlagen und möglichen Zündursachen.

Demnach ereignen sich fast ein Drittel aller Staubexplosionen (31 %) im Zusammenhang mit Holzstäuben, jede vierte Explosion ist im Bereich der Nahrungs- und Futtermittelindustrie feststellbar. Metallstäube sind immerhin mit 13 %, Kunststoffstäube mit 12 % und Kohlestaub mit 9 % vertreten. Bei Papierstäuben ist es in 2 % der Fälle zu Explosionen gekommen.

WELCHE ANLAGEN SIND BETROFFEN?

Folgende Anlagengruppen waren dabei beteiligt:

- Silos und Bunker (20 %),
- Entstaubungsanlagen (15 %),
- Mahlanlagen (14 %),
- Förderanlagen (10 %),
- Trocknungsanlagen (8 %),
- Heizanlagen (6 %),
- Schleifeinrichtungen (5 %) und
- Mischanlagen (5 %).

ZÜNDQUELLEN

In der folgenden Abbildung wird eine Übersicht über die Zündquellen bei Staubexplosionen angegeben. Die häufigste Ursache sind demnach mit 28 % mechanische Funken, welche durch Schleif-, Reib-

und Schlagvorgänge erzeugt werden. Es folgen Glimmester (10 %), elektrostatische Aufladung (9 %), Feuer (8 %), heiße Oberflächen (6 %) und Selbstentzündung (5 %). Durch Feuerarbeiten (Schweißen etc.) werden rund 4 % der Staubexplosionen ausgelöst.

festen Aerosole fallen. Ab welcher Korngröße Stäube gefährlich werden, ist umstritten, aber man hat sich in der Literatur auf eine Teilchengröße kleiner als 850 µm (Mikron) geeinigt. Anmerkung: 1 µm (Mikron) = 10⁻⁶ m (1 Millionstel Meter).



Explosionsartiger
Flammdurchbruch bei einem Silobrand.

Rund 36 % aller Staubexplosionen gehen auf menschliches Versagen, Leichtsinns, Fahrlässigkeit oder Gleichgültigkeit gegenüber Gefahren zurück. Dies unterstreicht erneut, wie wichtig der Betriebsbrandschutz heute ist.

WAS IST STAUB?

Stäube kann man als feinverteilte feste Stoffe bezeichnen. Es können darunter Pulver, Mehl, Puder oder

ZUSTANDSFORMEN DES STAUBES

In der Praxis unterscheidet man zwei wichtige Zustandsformen des Staubes:

Staubablagerungen: Das sind Staubteilchen in Ruhe. Es handelt sich dabei um einen „porösen“, festen Körper, der zu Glimmbränden und Selbstentzündungen neigen kann.

Staubwolken: Sie sind ein in Bewegung befindliches Staub/Luft-Gemisch. Beim Vorhandensein der richtigen Konzentration kommt es beim Vorhandensein einer Zünd-



Brandverletzungen nach einer Silo-Staubexplosion (Bezirk Fürstenfeld, Stmk.).

quelle zu einer Staubexplosion.

Diese beiden Zustandsformen gehen ineinander über, d. h., es wird je nach dem Grad der Aufwirbelung und der möglichen Ablagerungszeit Mischformen nebeneinander geben.

BEDINGUNGEN FÜR EINE STAUBEXPLOSION

Man kann auch hier nach dem Schema des Feuerdreiecks vorgehen. Demnach muss der Brennstoff „Staub“ mit einer Konzentration von mindestens etwa 50 g/m³ verteilt in der Luft (Sauerstoffanteil 21 %) vorhanden sein. Das ist die untere Explosionsgrenze (UEG), ab welcher es bei Vorhandensein einer entsprechenden Zündquelle „knallen“ kann. Es entstehen dabei Explosionsdrücke bis zu 10 bar, was

Bedingungen für eine Staubexplosion.




Zündquellen bei Staubexplosionen (nach Bortknecht bzw. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, St. Augustin).

natürlich zum Drucktod von in der Nähe befindlichen Menschen und dem Einsturz von Gebäuden führt.

EINSATZGRUNDSÄTZE

Brennbare feste Stoffe sind im Vergleich zu Flüssigkeiten und Gasen im Feuerwehreinsatz nicht so problematisch. Bei Stäuben muss aber im Einsatz grundsätzlich mit Stichflammen, Verpuffungen und Explosionen gerechnet werden. Vor allem können Silobrände im landwirtschaftlichen Bereich jederzeit auftreten. Hier kann auch der Einsatz von Wasser-Vollstrahlen problematisch sein.

Es ist klar, dass dem Atemschutz und einer geeigneten Schutzbekleidung auch bei Bränden fester Stoffe große Bedeutung beim Einsatz zukommt. Brandgase können stark reizend und giftig sein und man benötigt daher in allen Fällen schweren Atemschutz.

 **Zerstörungen** an einem Futtermittelsilo nach einer Staubexplosion in Hamburg, 1993.



LITERATUR


BARTKNECHT W.: Explosionschutz, Grundlagen und Anwendung; Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 1993.

BECK H. und JESKE A.: Dokumentation Staubexplosionen, Analyse und Einzeldarstellung, BIA-Report Nr.11/97, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz, St. Augustin, 1997.

DEMBECK H.: Chemie-ABC für Feuerwehr- und Sicherheitskräfte; Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 1981.

R. E. LAPP: Die Materie; TIME LIFE BÜCHER, Sachbuch, New York, 1969.

WIDETSCHKE O.: Der kleine Gefahrgut-Helfer – Richtiges Verhalten bei Gefahrgut-Unfällen; Stocker Verlag, Graz, letzte Ausgabe 2005.

 **Merkblatt** für den Einsatz von brennbaren festen Stoffen (Der kleine Gefahrgut-Helfer, 2005)



Kursprogramm (1. Halbjahr)

Das Brandschutzforum Austria (BFA) führt im Jahre 2007 wieder eine Reihe hoch interessanter Kurse und Seminare für Brandschutzbeauftragte (BSB) und Sicherheitsvertrauenspersonen (SVP) durch, welche als ideale Ergänzung zur Feuerwehrausbildung zu sehen sind.

ORT: Seminarhotel Novapark, A-8051 Graz, Fischeraustraße 22.

ANMELDUNG: www.brandschutzforum.at oder über Fax 0316/71 92 11-9.

RÜCKFRAGEN: Tel.: 0316/71 92 11 oder office@brandschutzforum.at.

PROGRAMM :

Jänner-Feber 07
Jänner 2007
 9.–10. 1. 2007
 (Di–Mi) Grundausbildung für Brandschutzbeauftragte – Teil 2

16. 1. 2007
 (Di) Nutzungsbezogenes Seminar für BSB in Betrieben mit besonderer Personengefährdung **NEU!**

30. 1. 2007
 (Di) Seminar für Betreuer von Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Februar 2007



6. 2. 2007
 (Di) Fortbildungsseminar für Brandschutzbeauftragte

13. 2. 2007 Nutzungsbezogenes Seminar für BSB in Betrieben mit erhöhter Brandgefahr **NEU!**

15. 2. 2007
 (Do) Sonderseminar „Das elektronische Brandschutzbuch“

27. 2. 2007
 (Di) Grundausbildung für Brandschutzbeauftragte – Teil 1



Gefahrklasse	Gefahrzettel Codes	Warntafel	Besondere Maßnahmen	Zusätzliche Hinweise
4.1 Entzündbare feste Stoffe	 Weitere Gefahren möglich! → Code F1, F2, F3, FT1, FT2, FO, FC1, FC2, D, DT und SR1, SR2 (siehe Seite 89).	 Hinweis! Bei selbstzersetzlichen Stoffen kann eine Kontrolltemperatur im Frachtbrief angegeben sein!	<ul style="list-style-type: none"> ✗ Atem- und Körperschutz. ✗ Bei Stäuben keine Verwirbelung. ✗ Brandbekämpfung mit Wasser(sprühstrahl) unter ev. Verwendung von Netzmittel 	Achtung! → Stoffe können leicht brennbar und selbstzersetzlich sein! → Bei Silobränden oder Bränden in Mühlen und von landwirtschaftlichen Produkten können Staubexplosionen auftreten! → Bei Ausfall der Temperaturkontrolle Sicherungsmaßnahmen ergreifen (siehe Unfallmerkblatt bzw. Sicherheitsdatenblatt)!
GEFAHREN:				
→ Bei Temperaturüberschreitung ist eine Selbstzersetzung möglich!				
→ Explosionsgefahr bei staubförmigen Stoffen				
→ Brandgase können stark reizend und giftig sein!				