

Gasexplosionen der anderen Art

Explosionen mit Treibgasdosen

Das IFS führt mehr als 2.000 Brandursachenermittlungen im Jahr durch. Die Untersuchungsergebnisse fließen in die IFS-Brandursachenstatistik ein. Über die Jahre ist ein relativ konstanter Anteil von etwa zwei Prozent der untersuchten Schadenfälle durch ein Explosionsgeschehen charakterisiert. Neben dem seltenen Bersten von Druckbehältern und sehr wenigen Umsetzungen selbst hergestellter Explosivstoffe sind diese Ereignisse in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle auf Gasexplosionen zurückzuführen.

KI-generiert

Bei den untersuchten Gasexplosionen stoßen die Gutachter des IFS dabei immer wieder auf Gasexplosionen, die nicht auf die Erdgasversorgung oder eine Flüssiggasinstallation, sondern auf Treibgase aus „Sprühdosen“ zurückzuführen sind. Im folgenden Beitrag sollen einige Schadenbeispiele vorgestellt und eine Risikoabschätzung über die auftretenden explosionsfähigen Gasvolumina getroffen werden.

Treibgasdosen enthalten neben dem gewünschten Produkt, beispielsweise Lacken, Duftölen und Reinigern, immer auch ein „Treibgas“. Bei den verwendeten Treibgasen handelt es sich um Substanzen, deren Dampfdruck eine Verflüssigung bei moderatem Überdruck zulässt. Dies ist notwendig, um einen genügend großen Treibgasvorrat zur Austragung des Produkts in dem begrenzten Dosenvolumen bevorraten zu können. Die Treibmittel handelsüblicher „Sprühdosen“ bestehen dabei meist aus einem Gemisch von Butan, Isobutan und Propan. Seltener dient auch Dimethylether als Treibgas. Das erstgenannte Gemisch ähnelt chemisch und vom physikalischen Verhalten stark dem im Handel erhältlichen „Flüssiggas“. Das

bedeutet, dass das Treibgasgemisch bei Raumtemperatur und Normaldruck gasförmig ist, es in den „Sprühdosen“ aufgrund des erhöhten Innendrucks jedoch weitgehend verflüssigt vorliegt. Dabei baut sich über den Dampfdruck des Gemischs ein Innendruck von etwa 3 bis 6 bar in den Dosen auf, der geeignet ist, das Produkt bei Betätigung des Spühkopfes auszutreiben. Durch den beim Sprühstoß abfallenden Druck verdampft ein weiterer Teil des noch flüssigen Treibmittels nach, sodass der Innendruck der Dose näherungsweise erhalten bleibt.

Nachfolgend sind vier Schadenfälle dargestellt, um einige Explosions-szenarien mit Treibgasdosen aus der Praxis vorzustellen.

Im Zusammenhang mit Treibgasdosen treten dabei zwei Kategorien von Explosionsereignissen auf. Neben Explosionen im Zuge der Nutzung von Treibgasdosen beobachtet das IFS auch Verpuffungen, die durch eine Zerstörung der Wandung der Treibgasdosen initiiert werden, hierbei handelt es sich um sogenannte Blevé-Ereignisse^[1]. Diese treten in der Regel infolge einer vorgelagerten externen Überhitzung der Dose mit entsprechend steigendem Innendruck auf.

FALL 1

Ausgiebige Nutzung von Treibgasdosen ohne adäquate Lüftung

Verpuffungen / Explosionen bei der Nutzung von Treibgasdosen

In einem Jugendzimmer war es zu einer Verpuffung gekommen, welche die Wand zum Nachbarraum herausgesprengt hatte. Zum Zeitpunkt der Explosion hielt sich der 16-jährige Bewohner mit einem Freund im Zimmer auf. Die Mutter hörte den Explosionsknall und fand die beiden Teenager etwas „desorientiert“ und mit angesenkten Haaren vor.

Neben den Explosionsschäden lag ein lokaler Brandschwerpunkt im Bereich des Kissens auf dem Bett vor. Rund um das Bett war der Teppichflor angesengt. Es war eine Lachenbildung eines brennbaren Gas-Luft-Gemischs im Bodenbereich um das Bett herum aufgetreten, welche bei Zündung zur Explosion führte.

Im Zuge der Ursachenermittlung wurden etwa 20 leere Deodorant Dosen um und unterm Bett aufgefunden. Ursache der Explosion war ein Missbrauch der Deodorants als Betäubungsmittel. Dabei



wurde das Treibgasgemisch der Treibgasdosen über ein Kissen eingeatmet, um die Duftöle zu entfernen.

Im Zuge des Konsums hatte sich eine nicht sichtbare zündfähige Lache des Luft-Gas-Gemisches um das Bett herum gebildet. Als Zündquelle kamen neben Tabakwaren auch eine elektrische oder elektrostatische Funkenbildung in Betracht. Analoge Schadenfälle, teils mit tödlichem Ausgang, sind im IFS auch beim ausgiebigen Verwenden von Lackdosen oder PU-Schaumdosen in Innenräumen bekannt.

FALL 2

Nutzung von Treibgasdosen in kleinen Raumvolumina

Verpuffungen / Explosionen bei der Nutzung von Treibgasdosen

In einem Einfamilienhaus war der Kachelofen explodiert. Das Mauerwerk und die Kacheln waren durch das Wohnzimmer geschleudert worden.

Der Kachelofen war mit einem Heizeinsatz zum Betrieb mit Heizöl ausgestattet.

tet. Der Ofen war dabei etwa eine Minute nach der Inbetriebnahme explodiert. Der Betreiber stand zu diesem Zeitpunkt noch vor dem Ofen.

Im Zuge der Untersuchung wurden keine Hinweise für eine Fehlfunktion des Ofens vorgefunden. Während einer intensiven Befragung zum Hergang wurde seitens des Betreibers dann ergänzt, dass der Ofen kurz vor der Inbetriebnahme gereinigt worden sei. Zur Reinigung sei ein Reinigungsspray verwendet worden. Eine Recherche ergab, dass das Reinigungsspray neben den brennbaren Treibgasen auch noch große Mengen leicht brennbarer Lösemittel enthält, die als Reinigungsmittel dienen.

In der Gesamtschau war die Explosion auf eine Ansammlung von Treibgasen und Lösemitteldämpfen im Brennraum zurückzuführen. Durch die nach der Inbetriebnahme des Ölofens zunächst notwendige elektrische Aufheizung der Ölvorlage erfolgt die Zündung des Ofens erst zeitverzögert nach der Inbetriebnahme. Die Zündung des explosionsfähigen Gas-Luft-Gemischs erfolgt beim ersten elektrischen Zündversuch des Ölheizensatzes nach Abschluss der Vorwärmphase.

FALL 3

Brand mit Sekundärexplosion mit einer Treibgasdose

Explosionen als Folge einer Zerstörung der Treibgasdosen (BLEVE)

In einer Dachgeschosswohnung war es zu einer Explosion im Badezimmer gekommen. Neben einer Anhebung des Daches und dem Herausschleudern von Dachziegeln war auch die Trennwand zwischen Badezimmer und Flur herausgesprengt worden.

Im Zuge der Ursachenermittlung stellte sich das Geschehen etwas komplexer dar. Es war zunächst zu einem lokalen Primärbrand im Mülleimer des Badezimmers gekommen. Aufgefundene Reste deuteten hier auf noch glimmende Shishakohlen als Brandursache hin. ►

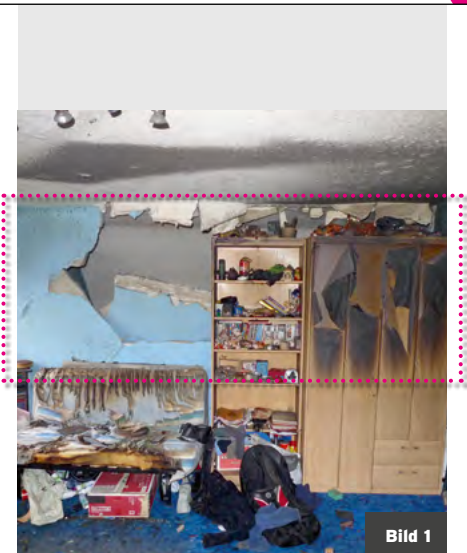


Bild 1

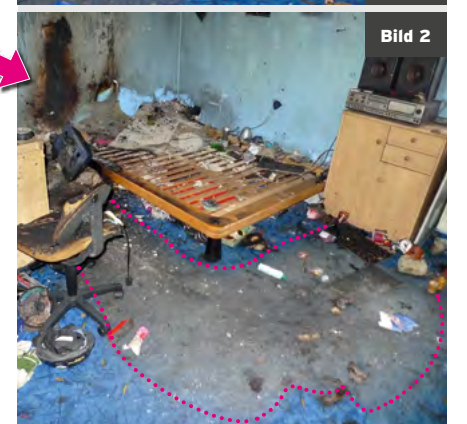


Bild 2

Bild 1 / Blick über das Jugendzimmer auf die durch die Explosion herausgebrochene Trennwand (Markierung) zum Nebenzimmer

Bild 2 / Der Teppichboden im Jugendzimmer war rund um das Bett versengt (Markierung). Hier hatte sich ein explosionsfähiges Gas-Luft-Gemisch angesammelt, das explodiert ist. Auffällig war auch das sehr intensiv abgebrannte Kissen (Pfeil).



Bild 3

Bild 3 / Blick auf das Zentrum des Explosionsgeschehens. Die gemauerten Wärmetauscherzüge des Kachelofens liegen durch die Explosion der Treibgase und Lösemittel geborsten vor.



Bild 4

Bild 4 / Blick vom Flur über die herausgesprengte Trennwand ins Badezimmer: Im Vordergrund verdeckt der nun sichtbare Badheizkörper den weiteren Einblick. **Bild 5** / Die geborstene Treibgasdose aus dem Badezimmer. Infolge der externen Erwärmung durch den Primärbrand wurde die Dose so weit erhitzt, dass der Boden abgerissen ist und der Inhalt schlagartig freigesetzt wurde.



Bild 5



Das lokal begrenzte Brandgeschehen hatte eine im Badezimmer vorhandene Treibgasdose von außen so weit erhitzt, dass es zum Bersten der Dose kam. Das schlagartig verdampfende Treibgas zündete und verursachte die Explosion, durch die der Brand schließlich bemerkt wurde.

FALL 4

Explosion durch Überhitzen einer Treibgasdose

Explosionen als Folge einer Zerstörung der Treibgasdosen (BLEVE)

Im Obergeschoss eines Mehrfamilienhauses kam es im Badezimmer einer Wohnung zu einer Explosion mit substanziellen Gebäudeschäden am Mauerwerk. Auch in diesem Fall sind unter anderem die Trennwand zum Flur herausgesprengt und die massive Außenwand des Badezimmers verschoben worden. Der Bewohner hatte zu Beginn des Duschbads den im Badezimmer an der Wand montierten Quarzheizstrahler in Betrieb gesetzt. Während des Duschens kam es dann zur Explosion. Da der Bewohner vollständig nass war, überlebte er die Explosion nahezu unverletzt.

Bei der Ursachenermittlung wurde dann festgestellt, dass auf dem Wärmestrahler, hinter dem Strahler mit den Heizstäben nicht sichtbar, eine Treibgasdose mit Insektenschutzmitteln gelegen hatte. Die Dose war durch den Quarzheizstrahler bis zum Bersten erwärmt worden. Während der Kopf der

Dose abbrach, wurde der Grundkörper raketenartig beschleunigt und schlug in den Wandputz ein. Das beim Bersten entstehende explosionsfähige Gas-Luft-Gemisch hatte dann an den Quarzheizstäben des Heizstrahlers gezündet.



RISIKOABSCHÄTZUNG

Wie dargelegt enthalten Treibgasdosen meist ein handelsüblichem Flüssiggas sehr ähnliches Gemisch, bestehend aus Butan, Isobutan, Propan oder einem Gemisch aus diesen. Hinzu kommen gegebenenfalls noch weitere brennbare Bestandteile des eigentlichen Wirkstoffs, also von Lacken, Duftölen oder Ähnlichem. Die Dosen sind typischerweise mit dem Gefahrensymbol „hochentzündlich“ gekennzeichnet.^[2] Bei der Freisetzung bilden sowohl die Treibgase als auch die leichtflüchtigen Anteile der Wirkstoffe brennbare Gemische, die schwerer als Luft sind und sich bevorzugt über dem Boden ansammeln. Der maximale Explosionsdruck von Propan-Butan-Luft-Gemischen liegt im Bereich von 6 bis 8,5 bar.^[3] Diese Drücke reichen aus, um beispielsweise Gebäude vollständig zu zerstören. Bereits wesentlich geringere Explosionsüberdrücke von etwa 0,1 bis 0,4 bar können zu substanziellen Überdruckschäden an Gebäuden führen.^[4]

Bei der Risikoabschätzung möglicher Explosionsereignisse mit Treibgasdosen ist darauf hinzuweisen, dass jeweils nicht der gesamte zur Verfügung stehende Raum mit einem explosionsfähigen Gemisch angefüllt sein muss. Um Gebäudeschäden zu verursachen, reicht es aus, wenn nur ein Teilvolumen mit einem zündfähigen Gemisch angefüllt ist. Da die verwendeten Treibgase Gemische bilden, die schwerer als Luft sind, sammeln sich diese meist über dem Boden an.

Welche Volumina an explosionsfähigen Gemischen können auftreten?

Für die erste betrachtete Fallkategorie, den Explosionen bei der Nutzung von Treibgasdosen, wurden in Ausströmversuchen mit Treibgasdosen stark unterschiedliche Freisetzungsraten zwischen 24 g des Doseninhalts bei einem Deodorant und bis zu 198 g bei einem Brennerreiniger pro Minute Betätigung des Sprühkopfes ermittelt (Tabelle 1).

Produkt	Füllmenge	Austritt pro min
Deospray	150 ml	24 g
Haarspray	300 ml	48 g
Lackspray	500 ml	108 g
Brennerreiniger	500 ml	198 g

Tabelle 1 / Austrittsrate einiger typischer Treibgasdosen bei Betätigung des Sprühkopfes



Bild 6 / Blick vom Flur in das Badezimmer: Neben der vollständig herausgebrochenen Flurwand wurde auch die Außenwand strukturell zerstört. Der Heizstrahler (Markierung), auf dem die Treibgasdose lag, ist aus der Verankerung gerissen. Die Flugbahn der geborstenen Dose ließ sich anhand des Einschlags des Dosenbodens in den Wandputz (Pfeil) rekonstruieren.
Bild 7 und 8 / Die für die Explosion verantwortliche Insektiziddose wies einen durch den Überdruck abgerissenen Kopf (1) auf. In der Folge wurde der Grundkörper beim schlagartigen Austreten des Treibgases so weit beschleunigt, dass der Boden der Treibgasdose (2) in den Wandputz der angrenzenden Seitenwand einschlug und dort massiv zusammengestaucht wurde.



Anhand der chemischen Zusammensetzung des Doseninhalts, mit bei den untersuchten Anwendungen etwa 40 % bis 85 % Anteil an Treibgasen und Leichtflüchtern, kann mit Hilfe der idealen Gasgleichung das entstehende Gasvolumen abgeschätzt und über die unteren Explosionsgrenzen der entsprechenden Gas-Luft-Gemische näherungsweise auf das maximal mögliche Volumen des explosionsfähigen Gemischs extrapoliert werden.

Daraus ergibt sich, dass bei der Betätigung der oben genannten Treibgasdosen für eine Minute im ungünstigen Fall maximal zwischen 0,3 und 2,5 m³ explosionsfähiges Gemisch entstehen können (Tabelle 2).

In der zweiten betrachteten Fallkategorie, der Freisetzung des Doseninhalts durch Bersten der Treibgasdosen, wird der gesamte Inhalt auf einmal frei. In diesen Fällen können bei den betrachteten Treibgasdosen mit 150 bis 500 ml Inhalt maximal etwa 2 bis 3,5 m³ explosionsfähiges Gemisch auftreten.

▲ FAZIT

Bei der Betätigung von Treibgasdosen in Innenräumen kann es zur Entstehung zündfähiger Gemische in der Größenordnung von 300 l bis über 2 m³ pro Minute Ventilöffnung kommen.

Schadenbeispiele aus der Praxis zeigen, dass die entstehenden Druckwellen bei Zündung der freigesetzten Gasmengen bei exzessiver Nutzung von Treibgasdosen bereits zu Überdruckschäden an nichttragenden Wänden führen können.

Beim Bersten einer Treibgasdose kann es, abhängig von der Füllmenge und Zusammensetzung, zum Auftreten von explosionsfähigen Volumina in der Größenordnung von 2 bis 3,5 m³ kommen. Schadenbeispiele aus der Praxis zeigen in diesen Fällen, dass die entstehenden Druckwellen beim Bersten von Treibgasdosen zu massiven Überdruckschäden an der Bausubstanz in räumlich begrenzten Volumina führen können. ▲

ERLÄUTERUNGEN | QUELLENANGABEN

- [1] Blevé: Eine Boiling-Liquid-Expanding-Vapor-Explosion ist eine schwere Explosion, die auftreten kann, wenn eine in einem Behälter unter Druck stehende brennbare Flüssigkeit soweit überhitzt wird, dass sie oberhalb ihres Siedepunktes bei Normaldruck vorliegt und es dann durch den mit der Temperatur ansteigenden Innendruck zum Bersten der Behälterwandung kommt. In der Folge verdampfen schlagartig große Mengen brennbaren Gases, die bei einer Zündung zu einer Explosion führen.
- [2] Seit dem 01.06.2015 müssen Spraydosen vom Hersteller verbindlich mit den neuen Gefahrenpiktogrammen nach GHS-Verordnung (CLT) sowie den Gefahrenhinweisen (H-Sätze) und den Sicherheitshinweisen (P-Sätze) gekennzeichnet werden. Typische Kennzeichnungen sind beispielsweise das Piktogramm „Flamme“ und Warnhinweise wie beispielsweise „Gefahr“, „extrem entzündbares Aerosol“, „von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten“, „nicht rauchen“, „nicht gegen offene Flamme oder andere Zündquellen sprühen“, „ohne ausreichende Belüftung Bildung explosionsfähiger Gemische möglich“.
- [3] Steinleitner, H.-D., u. a., „Brandschutz- und sicherheitstechnische Kennwerte gefährlicher Stoffe“, Staatsverlag der DDR, Berlin 1988.
- [4] Steinbach, Puchner, Redmer, van Bebbler, Krönke, Fiedler, „Methodischer Leitfaden zur Brandursachenermittlung“, vdfb 2012.

Dr. Andreas Pfeiffer
 Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung
 der öffentlichen Versicherer e.V.,
 von der Industrie- und Handelskammer zu Wiesbaden öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Brand- und Explosionsursachen, chemische Brandfolgeschäden

Produkt	Füllung in ml	Füllung in g (Dichte etwa 0,6 g/ml)	Anteil Propan/ Butan/Isobutan Dimethylether	Anteil Leichtflüchter (Ethanol etc.)	Abschätzung Anteil Gase und Leichtflüchter	Abschätzung Ex-Gemisch beim Bersten Minimalvolumen in l	Abschätzung Ex-Gemisch beim Bersten Maximalvolumen in l
Deospray	150 ml	90 ml	bis 85 %	--	85 %	334 l	2.295 l
Haarspray	300 ml	180 ml	30 - 50 %	30 - 50 %	80 % (40/40)	625 l	1.992 l
Lackspray	500 ml	300 ml	30 - 50 %	--	40 %	524 l	3.600 l
Brennereiniger	500 ml	300 ml	6 - 20 %	13 - 35 %	40 % (15/25)	464 l	3.464 l

Tabelle 2 / Abschätzung der Volumina explosionsfähiger Gas-Luft-Gemische beim Bersten einiger handelsüblicher Treibgasdosen