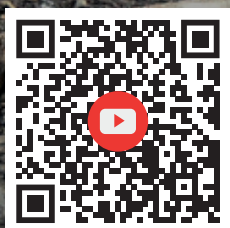




SÜDAFRIKA:

MEGAEX



→ [www.youtube.com/
watch?v=nYhArZXSP2Y](https://www.youtube.com/watch?v=nYhArZXSP2Y)

EXPLOSION

Für den Transport gefährlicher Stoffe gibt es international ein enges Korsett von Richtlinien und gesetzlichen Vorgaben. Sie haben allesamt zum Ziel, Unfälle mit Gefahrstoffen zu vermeiden sowie deren Auswirkungen zu minimieren. Einige Zusammenhänge lassen sich aber vermutlich auch mit den strengsten Richtlinien nicht regeln: menschliche Fehler. Ein Beispiel dafür ist die katastrophale Explosion eines Flüssiggas-Lkws in Boksburg (Südafrika).

ABI DIPL.-ING. DR. HANNES KERN

F

lüssiggas ist im Zuge der derzeitigen Energiesituation in aller Munde. In der öffentlichen Diskussion ist damit hauptsächlich verflüssigtes Erdgas (LNG) gemeint. Während verflüssigtes Erdgas im Straßentransport nach wie vor eher selten anzutreffen ist, ist der Transport von verflüssigtem Propan- oder Butangas (LPG) deutlich häufiger. Größere Mengen an Flüssiggas werden mit Eisenbahn-Kesselwaggons transportiert, die Bedienung von Endverbrauchern oder Füllstellen erfolgt mittels Straßentankfahrzeugen. Erdgas wird in der Regel kalt verflüssigt. Das Gas wird dabei auf eine Temperatur von mindestens $-161\text{ }^{\circ}\text{C}$ gebracht und geht dann in den flüssigen Zustand über. Die Verflüssigung von Propan oder Butan erfolgt durch Überdruck. Sowohl LNG als auch LPG werden als Flüssiggase bezeichnet. Propangas wird bei $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ und bei einem Druck von etwas mehr als sieben Bar flüssig. Steigt die Temperatur, steigt auch der Druck in einem Flüssiggasbehälter schnell an. Bei $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ erreicht der Behälterdruck (Dampfdruck) über 15 bar.

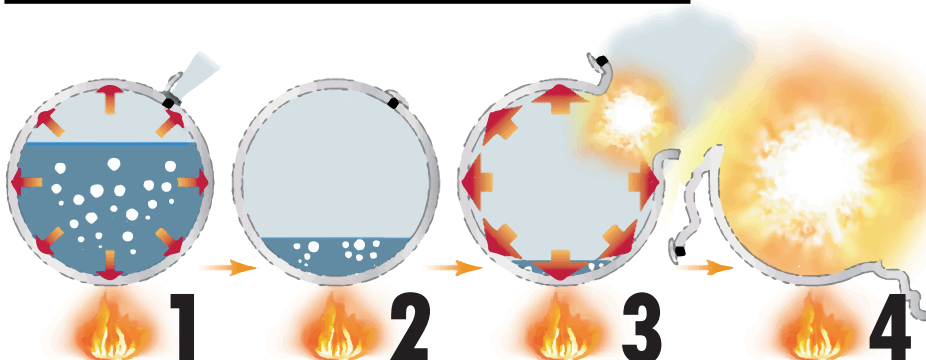
Gefährliches Zeitfenster. Die Sicherheitsventile von Propan-/Butan-Flüssiggasbehältern sprechen in der Regel zwischen 15 und 16 bar an. Sie sind dafür ausgelegt, unzulässige Überdrücke abzuführen und betroffene Anlagenteile damit zu schützen bzw. eine weitere Eskalation zu verhindern. Ausgenommen davon ist allerdings die direkte Beflammung bzw. Befeuerung von Behältern. Sicherheitsventile verhindern also nicht, dass Behälter bei direkter Flammeneinwirkung bersten können. Bei handelsüblichen Gasflaschen ist diese Tatsache gut bekannt, sie gilt aber auch für größere Behälter. Die Berstgefahr besteht schon wenige Minuten nach der direkten Flammeneinwirkung. Je nachdem, wie intensiv die Beflammung erfolgt und welche Menge an Flüssiggas sich im Behälter befindet, variiert auch die Zeitdauer, bis es zum Bersten des Behälters kommt. Untersuchungen der deutschen Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung zeigten jedoch, dass ein sich im Feuer befindlicher Flüssiggastank innerhalb von ca. zehn Minuten versagt; ein Eisenbahn-Kesselwagon innerhalb von ca. 15 Minuten. Natürlich hängt der Zeitraum stark von den Umgebungsbedingungen ab, es handelt sich aber um genau jenes Zeitfenster, in dem auch die Feuerwehr gerade eintrifft oder mit der Entwicklung eines Angriffes beginnt.

BLEVE: Tödlicher Feuerball. Die Gefahr, die von Explosionen ausgeht, ist im Feuerwesen grundsätzlich gut bekannt: Trümmerflug, Druckwelle, Wärme- oder Flammeneinwirkung. Die Explosion von unterfeuerten Flüssiggasbehältern stellt



jedoch ein besonderes Szenario dar und wird unter dem Begriff BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) beschrieben. Nicht nur, dass es zur Zerstörung des Behälters kommt, auch der brennbare Behälterinhalt wird schlagartig freigesetzt. Nachdem das brennbare Flüssiggas im Behälter ohnehin unter Druck steht und durch Feuer von außen zusätzlich bis zum Sieden erhitzt wurde, verdampft das Flüssiggas nach der Freisetzung, schlagartig und es entstehen enorme Mengen an brennbaren Dämpfen. Aufgrund der Temperatur steigen diese Dämpfe schnell auf. Der Brand, der das Szenario ursprünglich ausgelöst hat, fungiert nun als Zündquelle. Die freigesetzten Dämpfe entzünden sich und brennen als Feuerball explosionsartig ab. Je nach Lagermenge können diese Feuerbälle einen Durchmesser von mehreren hundert Metern einnehmen und mehrere Sekunden brennen. Die starke Thermik der Verbrennung lässt den Feuerball in große Höhen aufsteigen. Die Wärmestrahlung wirkt dadurch von oben und kann im Nahbereich derart intensiv sein, dass auch eine vollständige Feuerwehrschrutkleidung keinen ausreichenden Schutz bietet. Gegen Trümmerflug und Druckwelle tut sie dies ebenfalls nicht.

DIE DREI STUFEN EINER BELEVE **(BOILING LIQUID EXPANDING VAPOR EXPLOSION)**



- 1:** Behälter wird von außen beflammt, Druck steigt an
- 2:** Flüssigphase verdampft fast vollständig, Druck steigt weiter
- 3:** Behälter birst
- 4:** Behälterinhalt wird freigesetzt und brennt explosionsartig ab



Ein Bild des Gravens: Zum Zeitpunkt der Berichterstattung meldeten die afrikanischen Behörden 34 Todesopfer.

Natürlich könnte eine Kühlung des Behälters ein Bersten verhindern, dies aber nur, wenn auch ausreichend Kühlmittel, also Wasser aufgebracht wird. Bei einer Camping-Gasflasche ist dies deutlich einfacher zu erreichen, als bei einem Flüssiggas-Haustank. Der ÖBFV empfiehlt als erforderliche Kühlmittelmenge für unterfeuerte Kesselwaggons mindestens 4.800 l/min – und das so rasch wie möglich. Diese müsste schon innerhalb der ersten Minuten aufgebracht werden. Einen Straßentankwagen oder Kesselwaggons bei vollständiger Beflammung durch Kühlung zu „halten“, ist somit auf freier Strecke oder auf der Autobahn ohne ausreichende Löschwasserversorgung kaum möglich. Trotzdem entscheiden sich Einsatzkräfte bei solchen Szenarien fast reflexartig dafür, das Ereignis direkt zu bekämpfen. Was selbst unter guten Voraussetzungen meist erfolglos bleibt. Auf besonders tragische Weise „brannte“ sich das am 24. Dezember in das Gedächtnis der Bevölkerung von Boksburg (Südafrika) ein.

Unfallursache: menschliches Versagen.

Gegen 6.15 Uhr verließ ein mit Flüssiggas gefüllter Tanksattelzug einen Lkw-Rastplatz im Stadtgebiet. Der Lenker, der auf dem Rastplatz übernachtet hatte, um seine gesetzliche Ruhezeit einzuhalten, wollte auf die nahegelegene Autobahn auffahren. Aufgrund einer Unachtsamkeit verfehlte er jedoch die Auffahrt und verfuhr sich in eine Seitenstraße nahe eines beliebten Freizeitsees, dem „Boksburgmeer“. Am Nordufer des Sees führt eine Eisenbahnstrecke entlang. Die Hospital Road, auf der sich der Lkw-Fahrer nun befand, führt am westlichen Seeufer vorbei und quert die Eisenbahnstrecke direkt in der Nähe des Sees. Auf der Nordseite der viergleisigen Bahnstrecke befindet sich das Tambo Memorial Hospital, der Namensgeber für die Hospital Road. Das Tambo Memorial ist ein Regionalkrankenhaus mit rund 600 Betten und 1.100 Mitarbeitern. Von den oberen Stockwerken des Krankenhauses hat man über die Gleisanlagen hinweg einen guten Blick auf den See. Sowohl das Krankenaus als auch der Freizeitsee liegen direkt in einem Wohngebiet. Schon Ende der 1950er-Jahre wurde zur Querung der Gleisanlagen und der Begleitstraße unweit des Krankenhau-

ses eine Bahnunterführung errichtet. Wie damals üblich allerdings noch mit der sehr geringen Durchfahrthöhe von 3,60 m und relativ steilen Zu- und Abfahrten. Die nördliche Ausfahrt der Bahnunterführung schließt direkt an die Zufahrt zum Krankenhaus an. Der Unterführungstunnel selbst weist eine Länge von rund 30 m auf. Nur wenige Minuten nachdem der Flüssiggas-Sattelzug die Raststätte verlassen hatte, erreichte er von Süden kommend die Unterführung in der Hospital Road. Obwohl die Beschilderung der Durchfahrt kaum zu lesen war, fiel dem Kraftfahrer die geringe Durchfahrthöhe der Unterführung sofort auf. Laut Zeugenaussagen hielt er das Schwerfahrzeug vor der Unterführung an, um sich ein Bild von der Situation zu machen.

Die Durchfahrthöhe sollte ausreichen, so sein Entschluss – eine verheerende Fehleinschätzung: Der Fahrer hatte nicht bedacht, dass die Durchfahrthöhe zwar ausreicht, um auf ebener Strecke durch die Passage zu kommen, jedoch durch die steilen Zufahrten touchierte der Tankauflieger die Einfahrt der Unterführung, als die Zugmaschine etwa bis zur Hälfte ins Bauwerk eingefahren war.

→



Ein von der Explosion schwerbeschädigtes
Feuerwehrfahrzeug

→ **Befeuert wie in einem Ofen.** Wie bei Tankfahrzeugen üblich, befinden sich auf der oberen Behälterseite Domdeckel und Armaturen. Auch das Sicherheitsventil des Tankaufliegers war in diesem Bereich angebracht. Es wurde durch den Anprall bei der Unterführung so beschädigt, dass nun Flüssiggas unter lautem Zischen ausströmte. Der Fahrzeuglenker reagierte geistesgegenwärtig und informierte umgehend die Polizei. Gemeinsam mit einer Streife der ca. 750 m entfernten Polizeidienststelle begann der Fahrer den Bereich abzusichern und die zahlreichen Schaulustigen davon zu überzeugen, dass sie sich in unmittelbarer Gefahr befinden.

Das ausströmende Gas hatte bisher nicht gezündet, sammelte sich aber in der tiefergelegenen Unterführung an. Nachdem es nicht möglich war auf beiden Seiten der Unterführung gleichzeitig abzusichern versuchten immer wieder noch Personen durch die Unterführung zu spazieren. Der Fahrer und die Polizei hatten größte Mühe, die Leute davon abzuhalten, waren aber in den ersten Minuten auf sich allein gestellt. Die Feuerwehr traf erst später ein. Allen Beteiligten war zu diesem Zeitpunkt nicht klar, dass nicht nur Gefahr von der Zündung des bereits ausgetretenen Gases ausging, sondern eine viel größere Gefahr, der einer möglichen BLEVE, falls der Lkw

in Brand geraten sollte. Augenzeugenberichten zufolge kam es gegen 6.45 Uhr im Bereich der Unterführung zum Brandausbruch. Es dürfte sich dabei um die Zündung des bereits ausgetretenen Gases in der Unterführung gehandelt haben. Augenzeugen sprechen von einer Explosion, der ein Brand folgte. Die Explosion war deutlich wahrnehmbar, was natürlich noch weitere Schaulustige anzog. Kleinere Explosionen, vermutlich durch berstende Lkw-Reifen, folgten. Das Schwerfahrzeug stand indes in Vollbrand. Originalbilder von Passanten bestätigen, dass sich zu diesem Zeitpunkt noch zahlreiche Personen an der Zufahrt zur Unterführung befanden und das Ereignis beobachteten. Wie in einem Ofen steckte der Tankauflieger in der Unterführung und wurde durch die Flammen befeuert.

34 Tote, 320 Verletzte. Die Feuerwehkräfte der nahegelegenen Wache, ca. 1,5 km Fahrtstrecke entfernt, erreichten die Unterführung von Süden her. Wie den Medienberichten zu entnehmen ist, entschied man sich nach der ersten Explosion, direkt zur Brandbekämpfung überzugehen. Ein Trupp nahm darauf eine Löschleitung Richtung Unterführung vor. Zu diesem Zeitpunkt stand das Löschfahrzeug etwa 20 m von der Unterführung entfernt. Immer noch mischten sich Schaulustige zwischen die Einsatzkräfte. Im weiteren Verlauf und nach mehreren kleineren Explosionen wurde das Einsatzfahrzeug etwas weiter Richtung Seeufer zurückgesetzt.

Nachdem die Feuerwehkräfte nur die Südseite des Szenarios im Blick hatten und der Rauch in ihre Richtung zog, sahen sie nicht, dass der Lkw bereits in Vollbrand stand. Aufnahmen von der Nordseite, also jener des Krankenhauses, zeigen dies sehr deutlich. Die Arbeit der Feuerwehkräfte beschränkte sich zu diesem Zeitpunkt darauf, den Behälter zu kühlen bzw. den Brand von der Südseite aus zu bekämpfen. Die Gefahr eines BLEVE wurde eindeutig unterschätzt.

Etwa um 7.30 Uhr nahm das Unheil seinen Lauf: Der Brand hatte den Druck im Behälter so weit steigen lassen, dass er diesem nicht mehr standhalten konnte, die überhitzte Flüssiggasmenge wurde freigesetzt und entzündete sich schlagartig. Aufnahmen von einem nahegelegenen Fußgängerübergang zeigen, dass das freigesetzte Gas durch die Bauart der Unterführung in nördliche und vor allem südliche Richtung gedrückt wurde. Es entstand somit nicht



**»Bei Gefahr eines BLEVE
sind Gefahrenbereiche schnell und
konsequent zu räumen!«**

ABI DI Dr. Hannes Kern

SECHSSTELLIGE SPENDE



Feuerwehrausstatter demonstriert Solidarität

Raketentreffer. Wieder eilen ukrainische Feuerwehren zu einem Hochhaus, das vom russischen Aggressor in Brand geschossen wurde – inzwischen tragische „Normalität“ für die Einsatzkräfte. Diese Rettungs- und Löschnmaßnahmen unterstützt das steirische Unternehmen Feuerwehrausstatter Pfeifer mit 30 Paletten Ausrüstung.

Große Betroffenheit zeigt das steirische Unternehmen Feuerwehrausstattung Pfeifer (Leibnitz) angesichts der humanitären Notlage in der Ukraine: „Kaum vorstellbar, welche unermesslichen Leistungen ukrainische Feuerwehren seit Monaten erbringen müssen, Tag für Tag setzen sie ihr Leben aufs Spiel und kommen kaum zur Ruhe. Wir mussten einfach helfen!“, so Gerhard Pfeifer, Inhaber und Geschäftsführer.

Bereits im Frühjahr hat man in Eigeninitiative mehrere Paletten mit notwendiger Feuerwehrausrüstung an die ukrainischen Feuerwehren gespendet. Im Sommer wurde erneut innerhalb weniger Tage das gesamte Lager geräumt, in Schachteln verpackt, auf Paletten geschichtet und für den Transport in die Ukraine auf Lkw verladen. Das Pfeifer-Team hat es so ermöglicht, dass 30 Paletten mit voll funktionstüchtigen Helmen, Stiefeln, Schutzhandschuhen, Overalls, Anoraks, Thermohosen, Dienst-, Einsatz- und Schutzkleidung, Regen- und Winterkleidung, Softshell-Jacken, Fleece-Westen und Pullovern im Gesamtwert von 194.000 Euro (!) ihren Weg in die Ukraine fanden. Jede Spende leistet einen Beitrag zur Linderung der Not. Jetzt müssen wir zusammenhalten, jetzt müssen wir helfen!“, betont Gerhard Pfeifer.

ein aufsteigender Feuerball wie bei einem BLEVE auf freier Fläche, vielmehr breiteten sich die Flammen entlang der Hospital Road in nördlicher und südlicher Richtung aus. Ein großer Teil der Explosionswirkung wurde durch das Unterföhrungsbauwerk selbst abgefangen, was zum vollständigen Einsturz der Unterföhrung führte.

Jene Einsatzkräfte, die den Angriff von der Südseite her vorgetragen hatten, wurden vollständig von den Flammen eingehüllt. Berichten zufolge kamen sechs Feuerwehrleute zu Tode. Auf der Nordseite, im Bereich des Krankenhauses, waren die Folgen ähnlich drastisch: Elf Mitarbeiter des Krankenhauses wurden bei der Explosion getötet, große Teile des Krankenhauses wurden direkt in Mitleidenschaft gezogen und umgehend geräumt. Derzeit wird von einer Gesamtzahl von 34 Toten ausgegangen, zahlreiche der rund 320 Verletzten ringen aufgrund der schweren Brandverletzungen allerdings noch mit dem Tod. Es kann nur darüber spekuliert werden, wie das Ereignis ausgegangen wäre, wenn die Unterföhrung nicht einen großen Teil der Explosion abgefangen hätte. Hätte sich der Feuerball frei entwickeln können, wären auch die Schäden am Krankenhaus noch deutlich größer gewesen.

Rückschluss. Die Explosion von Boksburg zeigt, dass die Gefahr, die von unterföhrten Flüssiggasbehältern ausgeht, nach wie vor unterschätzt wird. Viel zu schnell geht man bei solchen Ereignissen in den üblichen „Angriffsmodus“ über, man versucht, das Ruder noch herumzureißen, und verspielt wertvolle Zeit. Bei den meisten Ereignissen ist es durch die eintreffenden Kräfte nur schwer abzuschätzen, wie lange und wie intensiv ein Behälter bereits beflammt wurde, die sprichwörtliche Uhr tickt aber von der ersten Minute an. Die Auswertung zahlreicher Unfälle aus der Vergangenheit zeigt, dass vor allem jene Ereignisse ein enormes Schadensausmaß eingenommen haben, bei denen der Gefahrenbereich nicht schnell genug geräumt wurde. Die konsequente Reaktion der ersteintreffenden Kräfte ist hier entscheidend. Dies betrifft sowohl die Feuerwehr als auch Kräfte der Polizei, ohne die eine großräumige Absperrung kaum umsetzbar ist. Ein positives Beispiel dafür ist die Explosion eines Flüssiggastankers in Bologna im Jahr 2018. Noch vor Eintreffen der Feuerwehr begann die Polizei zügig mit der Räumung des Gefahrenbereiches, der einzige Tote blieb der Fahrer des Unfallfahrzeuges. ●



Das Unternehmen Feuerwehrausstatter Pfeifer spendet 30 Paletten Ausrüstung an ukrainische Wehren.



Weitere Infos:
→ www.pfeifer.co.at