

Haftungsausschluss: *Dieses Dokument wurde sorgfältigst von den Experten der vfdb erarbeitet und vom Präsidium der vfdb verabschiedet. Der Verwender muss die Anwendbarkeit auf seinen Fall und die Aktualität der ihm vorliegenden Fassung in eigener Verantwortung prüfen. Eine Haftung der vfdb und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.*

Vertragsbedingungen: *Die vfdb verweist auf die Notwendigkeit, bei Vertragsabschlüssen unter Bezug auf vfdb-Dokumente die konkreten Leistungen gesondert zu vereinbaren. Die vfdb übernimmt keinerlei Regressansprüche, insbesondere auch nicht aus unklarer Vertragsgestaltung.*

Inhalt:

1. Allgemeines	2
1.1 Verwendung	2
1.2 Eigenschaften	2
1.3 Erkennungsmerkmale, Lagerung und Transport	3
1.4 Nachweis	4
2. Maßnahmen bei	4
2.1 Flüssiggasaustritt ohne Brand	4
2.2 Flüssiggasaustritt ohne Brand, gewollte Verdampfung	5
2.3 Flüssiggasaustritt mit Brand	6
2.4 Umgebungsbrand	7
2.5 Benachrichtigungen	7
2.6 Ausstattung mit Sicherheitsventil / Kühlwasserbedarf	7
2.7 Sicherheitsabstände bei Flüssiggasunfällen und -bränden	8
3. Literaturhinweise	8

Vom Präsidium der vfdb freigegeben am 20.05.2007, Redaktionelle Änderungen/Ergänzungen November 2013

**Technisch-Wissenschaftlicher Beirat (TWB)
der Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.
Postfach 1231, 48338 Altenberge**

1 Allgemeines

Unter dem Begriff „Flüssiggase“ versteht man unter Druck verflüssigte niedrig siedende Kohlenwasserstoffe, wie Propan und Butan sowie deren Gemische oder artverwandten Gase, z.B. Propen und Buten.

Im englischen Sprachgebrauch wird Flüssiggas mit dem Begriff LPG (Liquefied Petroleum Gas) zusammengefasst.

Außerdem gibt es eine Vielzahl von Gemischen aus Propan und Butan, deren sicherheitstechnischen Kennzahlen zwischen den Werten von Propan und Butan liegen.

1.1 Verwendung

- Als Heizgas in Wohn-, Industriebereichen, als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren (Gabelstapler, Kraftfahrzeuge).
- Als Treibmittel in Spraydosen
- Als Kühlmittel in Kühlaggregaten
- Als Brennstoff in Feuerzeugen

1.2 Eigenschaften

- Unter Druck (5 – 10 bar) verflüssigtes Gas
- Brennbar und bildet explosionsfähige Atmosphären
- Atemgift mit erstickender Wirkung, ungiftig, mit geringfügiger narkotischer Wirkung bei hoher Konzentration.
- Flüssiggas ist ca. 1,5 - 2,1-mal schwerer als Luft.
→ "Schwergasverhalten", verhält sich wie eine Flüssigkeit!
- Sammelt sich (fließt) in tiefer gelegenen Bereichen wie Kellern, Schächten und Bodensenken!
- Austretende Flüssigphase verdampft zunächst und kühlt sich und die Umgebung dabei sehr schnell auf die Siedetemperatur und darunter ab. Erfrierungsgefahr!
- Eine Vereisung der Bedienelemente ist zu beachten.
- Gas vermischt sich nur langsam mit Luft, bleibt daher auch über eine größere Entfernung noch zündfähig. Eine Durchzündung bis zur Austrittsstelle ist möglich.
- Größere Lachen Flüssiggas können sich als siedende Flüssigkeit längere Zeit in Vertiefungen oder Mulden halten.
- Flüssiggas schwimmt auf Wasser, ist aber wasserunlöslich und verdampft an der Wasseroberfläche. (Ist nicht gewässergefährdend!)

SICHERHEITSTECHNISCHE KENNZAHLEN

Flüssiggasart	Propan	Butan	Normgemisch
Summenformel	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀ /C ₃ H ₈
UN - Nummer	1978	1011	1965
Hommel-Merkblatt-Nr.	164	46	1102; 1103; 1071; 1072; 1095ff
Dichte, flüssig (kg/l)	0,58	0,6	
Dichte, gasförmig (g/l)	2,01	2,71	
Dampfdruck bei 20 °C (bar)	8,4	2,1	
Dichteverhältnis zu Luft	1,55	2,1	
Siedetemperatur (°C)	- 42	- 0,5	
Zündtemperatur (°C)	470	365	
Kritische Temperatur (°C)	97	152	
Geruchsschwelle (Vol.-%)	1,6	0,27	
EX.- Bereich (Vol.-%)	1,7 – 10,8	1,5 – 8,5	
Temperaturklasse	T 1	T 2	T 2
Explosionsgruppe	II A	II A	II A
AGW (ppm)	1000	1000	1000
ETW (ppm)	nicht definiert	nicht definiert	nicht definiert

1 kg Flüssiggas entspricht 0,5 kg TNT-Sprengkraft

1 kg Flüssiggas entspricht ca. 2 l Flüssigphase

ca. 2 l Flüssigphase entsprechen ca. 500 l Gasphase

500 l Gasphase kann 30.000 l zündfähiges Gas-/Luftgemisch ergeben

1.3 Erkennungsmerkmale, Lagerung und Transport

- Als Gas und Flüssigkeit farblos
- Propan und Butan selbst sind geruchlos; der Geruch wird durch Odorierungsmittel hervorgerufen.
- Gefahrnummer: 23 (Entzündbares Gas)
- Gefahrzettel 2.1 (rot mit schwarzem oder weißem Flammensymbol)
- Druckgasbehälter mit einem Inhalt von 0,4 kg - 6,2 kg haben keine einheitliche Farbgebung, insbesondere Spraydosen.
- Druckgasbehälter mit einem Inhalt von 5 kg, 12 kg und 33 kg rote, graue sowie orange Farbgebung. Graue bzw. orange Flüssiggasbehälter sind mit einem roten Farbring zu kennzeichnen. Campinggasflaschen können auch die Farbe blau haben.

- Ortsfeste Behälter mit einem Inhalt bis zu 6,4 m³ auch an Einzelgebäuden, für Gasversorgungsanlagen auch Kugel- oder Erdtanks bis über 600 m³.
- Tankwagen und Eisenbahnkesselwagen mit einem Inhalt bis zu 110 m³.
- Eisenbahnkesselwagen tragen ein waagrecht umlaufendes oranges Band (30 cm Höhe) in Höhe der Behälterlängsachse.
- Ortsfeste Behälter in der Industrie mit ca. 800 m³ - 1500 m³, bei Flüssiggasversorgungsunternehmen bis zu 4000 m³.

1.4 Nachweis

- Ex-Warngerät
- Prüfröhrchen: Kohlenwasserstoffe

2 Maßnahmen

Ausreichenden Sicherheitsabstand einhalten!

Windrichtung beachten!

Tiefer liegendes Gelände meiden!

2.1 Flüssiggasaustritt ohne Brand

- Anfahren möglichst mit dem Wind.
- Absperren und Sichern des explosionsgefährdeten Bereichs unter Beachtung der vermutlichen Ausbreitungsrichtung.
- Kein offenes Licht, nicht rauchen, Zündquellen ausschließen. Schalter, Elektrogeräte und Mobiltelefone innerhalb des Gefahrenbereiches nicht betätigen.
- Fahrzeugaufstellung außerhalb des Gefahrenbereichs.
- Fahrzeuge nicht in Senken aufstellen.
- Änderung der Windrichtung beachten.
- Erkunden, ob Flüssig- oder Gasphase austritt: Bei Austritt der Flüssigphase ist die Ausströmrates höher als bei der Gasphase!
- Behältervolumen, Füllstand und Inhalt erkunden.
- Gasphase kann auch nach Auflösung des "Gasnebels" u.U. mit Hilfe einer Wärmebildkamera gesehen werden.
- Ggf. FLÜSSIGGASSICHERHEITSDIENST hinzuziehen.
- Bei unbekannter Behältergröße Abstand einsatztaktisch so groß wie möglich wählen (mind. 50 m bei Kfz-Anlagen und Gasflaschen; mind. 100 m bei Tankanlagen), nach Erkundung der Behältergröße Sicherheitsabstand (siehe Tabelle Seite 8) anpassen.

- Gefahrenbereich durch Messtrupps erkunden (vorzugsweise mit Ex-Warngerät), und alle umliegenden Räume, tiefer gelegenen Schächte, Keller, Kanäle etc. ständig auf Ex-Gefahr kontrollieren.
- Bei großvolumigem Gasaustritt gefährdete Gebiete warnen ggf. räumen.
- Alle im Gefahrenbereich eingesetzten Kräfte werden unter PA und Wärmeschutzbekleidung eingesetzt!
- Sicherheitstrupps mit Pulverrohren und Wasserwerfern etc. bereitstellen. Ggf. Gaswolken von gefährdeten Bereichen mit Sprühstrahl, Hydroschildern etc. abdrängen.
- Im Gefahrenbereich eingesetztes Gerät muss ex-geschützt sein. Gefährdungsbereich möglichst quer zur Windrichtung räumen. (Auf keinen Fall mit dem Gefälle räumen, da das Gas schwerer als Luft ist!)
- Evtl. vorhandene Berieselungsanlagen (s. Feuerwehr-Einsatzplan, falls vorhanden) in Betrieb setzen.
- Beim Vorgehen unter Vollschutzanzug (z.B. wegen anderer Gefahren) Beschädigung des Anzugmaterials durch Kälteeinwirkung bedenken!
- Keller, tiefer gelegene Räume, Senken, Schächte und Kanäle abdichten.
- Wasser nicht in Flüssigphase oder auf abblasende Behälter spritzen; „Warmes“ Wasser erhöht die Verdampfungsgeschwindigkeit!
- Aufgabe von Mittelschaum bzw. Schwerschaum verzögert, bzw. unterbindet die Verdampfung und verlängert die Zeit der Gasentwicklung. (Der Schaum gefriert und wirkt wie ein „Deckel“.)
- Kleinere Leckagen unter Verwendung von Dichtkissen, Stopfen etc. abdichten, Vereisung der Leckstelle, wenn möglich mittels Sprühwasser nasser textiler Lappen vereisen.
- Rohrleitungen abschiebern; ggf. Tankheizung abstellen.
- Undichte Kleinbehälter ins Freie bringen.

2.2 Flüssiggasaustritt ohne Brand, gewollte Verdampfung der Flüssigphase

Grundsätzlich gelten die gleichen Punkte wie unter 2.1 aufgeführt!
Einige Punkte sind besonders zu beachten!

- Möglichst fachkundigen Rat einholen; z.B.: FLÜSSIGGAS-SICHERHEITSDIENST (FSD)
- Großräumig absperren.
- Permanent, großräumig und umfassend Ex-Gefahr - v.a. in Senken - überwachen!
- Verdampfungsgeschwindigkeit kann durch (vorsichtige!) Zugabe von Wasser in die Flüssiggaslache erhöht werden! Dies ist möglich, wenn dadurch die Umgebung nicht gefährdet wird, bzw. die Gaswolke kontrolliert abziehen kann.

2.3 Flüssiggasaustritt mit Brand

- Achtung: Sicherheitsventile reichen bei direkter Flammeneinwirkung zur Druckentlastung nicht aus! Eisenbahnkesselwagen haben keine Sicherheitsventile!
- Es besteht daher bei direkter Flammeneinwirkung bzw. starker Behältererwärmung die Gefahr eines **"BLEVE"** (**B**oiling **L**iquid **E**xpanding **V**apour **E**xplosion) bzw. Behälterzerknalls:

Verdichtete, druckverflüssigte und unter Druck gelöste Gase werden in Druckbehältern aufbewahrt. Diese Behälter halten einem bestimmten Innendruck stand. Steigt dieser Innendruck durch Erwärmung von außen, kommt es zum Bersten des Behälters. Der gesamte Inhalt wird schlagartig freigesetzt. Handelt es sich bei diesem Vorgang um die schlagartige Freisetzung druckverflüssigter Gase mit Durchzündung des gesamten Inhalts, so bezeichnet man diesen Vorgang als **"BLEVE"**.

- Der entstehende Feuerball kann bei Großbehältern mehrere hundert Meter Durchmesser betragen.
- Dabei können relativ leere Behälter bereits nach kurzzeitiger Brandeinwirkung, ca. 10 Minuten, bersten. (Vollere Behälter benötigen je nach Füllgrad ggf. etwas länger, da mehr Wärme an die Flüssigphase abgegeben werden muss.)
- Größere Behälterteile können mehrere hundert Meter weit, kleinere Teile auch über 1000 m weit geschleudert werden.
- Verbrennungen der ungeschützten Haut durch die Strahlungswärme sind bis zu einer Entfernung von ca. 300 m möglich.
- Es entstehen erhebliche Drücke, die auch im Umkreis von mehreren hundert Metern Zerstörungen verursachen können.
- Fahrzeuge nicht in Senken aufstellen.
- Bei unbekannter Behältergröße Abstand einsatztaktisch so groß wie möglich (mind. 50 m bei Kfz-Anlagen und Gasflaschen; mind. 100 m bei Tankanlagen), nach Erkundung der Behältergröße Sicherheitsabstand (siehe Tabelle Seite 8) anpassen.
- Bevölkerung WARNEN etc.
- Erkunden wie lange der Behälter dem Brand ausgesetzt ist. Gefahr des BLEVE beachten!
- Behälter kühlen. (siehe weiter unten Kühlwasserbedarf)
- Besteht keine Berstgefahr für die Behälter durch Erwärmung bzw. kann dieser ausreichend gekühlt werden, Ausbrennen prüfen, da dadurch die Ex-Gefahr reduziert wird!
- Kühlen und Brandbekämpfung aus Deckung heraus. Wurfweiten von Wasserwerfer und Monitor nutzen.
- Brennende Eisenbahnkesselwagen wenn möglich aus Zugverband herauslösen.
- Aus dem Sicherheitsventil austretendes brennendes Gas (Gasfackel) nicht löschen.

- Bei Löscharbeiten Rückzündungsgefahren beachten.
- Nach dem erfolgreichen Löschen und Abdichten/Abschiebern, Kontrolle aller umliegenden Räume, tiefer gelegenen Schächten, Kellern, Kanälen etc. auf Ex-Gefahr.
- Es besteht die Gefahr, dass Sicherheitsventile nach dem Ansprechen und anschließender Abkühlung nicht mehr dicht schließen!

2.3 Umgebungsbrand

- Explosionsgefahr beurteilen.
- Umgebungsbrand löschen.
- Kleine Gasbehälter in Sicherheit bringen.

2.4 Benachrichtigungen

- Rettungsdienst
- Polizei
- Ordnungsamt
- FLÜSSIGGAS-SICHERHEITSDIENST (FSD)
069/75909-153 (ständig besetzt!)
- Betreiber

2.5 Ausstattung mit Sicherheitsventil / Kühlwasserbedarf

Behältertyp	Volumen	Kühlwasserbedarf (l/min)	Sicherheitsventil
Druckgasflaschen	bis 0,1 m ³	15	Ja
Druckgasbetriebene KFZ	bis 0,1 m ³	15	Ja
Private Versorgungsanlagen	bis 5,0 m ³	180	Ja
LKW, LKW+Anhänger, Sattelzug	bis 36 m ³	1.200	Nein
Eisenbahn-Kesselwagen	bis 110 m ³	2.500	Nein
Speicheranlagen, Binnenschiffe	250 – 1000 m ³	2.000 – 150.000	Nein

2.6 Sicherheitsabstände bei Flüssiggasunfällen und -bränden

Behälter Art	Volumen (m ³)	größte Lagermasse (kg)	Abstand für Einsatzkräfte unter Wärmeschutzkleidung (m)	Gefahrenbereich (m)	Ab-sperrbereich (m)
Druckgasflaschen	< 0,08	33	25	50	100
Gasbetr. KFZ	0,1	40	25	100	200
Priv. Versorgungsanlage/ Kompaktanlage	2,7 – 6,4	1200 - 2900	100*	200	400
Einzel-LKW 5 t Ladegewicht	6 - 11	2500 - 5000	100*	200	400
LKW mit Anhänger/ Sattelzüge	20 - 36	9000 - 16000	200*	400	800
Eisenbahnkesselwagen	von 62 bis 110	26000 46000	300*	600	1200
Speicheranlagen und Binnenschiffe	< 250 < 1000 > 1000	100000 430000 > 430000	>300* > 300* 500*	>600 >600 >800	1500 2000 2500

* Zum Instellungbringen von Wasserwerfern und Monitoren ggf. zu unterschreiten.
Eine Unterschreitung der Sicherheitsabstände bei ausreichender Deckung ist möglich.
Vereinzelt traten bei Gasflaschen bereits Wurfweiten von Flaschentrümmern bis zu 800 m auf.

3 Literaturhinweise

- Cimolino (Hrsg.): Einsatzleiterhandbuch Feuerwehr; Ecomed Verlag, Landsberg/Lech, 2000
- AIR LIQUIDE Deutschland GmbH: 1x1 der Gase; Karten Druck & Verlag GmbH, Mönchengladbach, 2005
- (Ehem.) Bayerisches Landesamt für Brand und Katastrophenschutz: Merkblatt Flüssiggas
- Braun, Johann: Flüssiggastankwagen verunglückt, in: Tagungsband Feuerwehr-Forum, MI, Hürth, 2000
- DVFG: Hinweise für den Umgang mit Flüssiggas, in: Flüssiggas, 5 + 6/2000, Strobel Verlag, Arnsberg, 2000
- Fa. AGA Hamburg: Informationsschrift "Gasflaschen im Brandfall"
- Gressmann, Hans-Joachim: Auch "kleine" BLEVEs können Probleme bereiten, in: Brandschutz, 6/2001, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2001
- HMDI: Einsatz- und Ausbildungsanleitung für die Feuerwehren des Landes Hessen; RL über Gefahren und Gefahrenabwehr bei Lagerung und Transport von Flüssiggas, Wiesbaden, 2002
- Klingsohr, Kurt: Brennbare Flüssigkeiten und Gase, Rotes Heft Nr. 41, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2002
- Unfallverhütungsvorschrift der Berufsgenossenschaften: Verwendung von Flüssiggas, BGV D34 vom Oktober 1993 in der Fassung vom 1.1.1997
- GESTIS-Stoffdatenbank (Institut für Arbeitsschutz der DGUV)