

Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Flüssiggas

Kurztitel: Flüssiggas
Erstellt von: Referat 10



Haftungsausschluss: Dieses Dokument wurde sorgfältig 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.

Änderungsverlauf:

Version: 4 (März 2024)

Ersetzt: Version 3 (November 2019)

Erste Version: Mai 2007

Wesentliche Änderungen:

- Redaktionelle Änderungen

Anmerkung

Eine Schreibweise, die allen Geschlechtern gleichermaßen gerecht wird, ist wünschenswert. Da aber entsprechende neuere Schreibweisen in der Regel zu großen Einschränkungen der Lesbarkeit führen, wurde darauf verzichtet. So gilt für das gesamte Dokument, dass die maskuline Form, wenn nicht ausdrücklich anders benannt, alle Geschlechter einschließt.

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines	5
1.1. Verwendung	5
1.2. Eigenschaften	5
1.3. Erkennungsmerkmale, Lagerung und Transport.....	6
1.4. Nachweis	7
2. Maßnahmen	7
2.1. Flüssiggasaustritt ohne Brand.....	7
2.2. Flüssiggasaustritt ohne Brand, gewollte Verdampfung der Flüssigphase	8
2.3. Flüssiggasaustritt mit Brand	8
2.4. Umgebungsbrand	9
2.5. Benachrichtigungen	9
2.6. Ausstattung mit Sicherheitsventil / Kühlwasserbedarf	9
2.7. Sicherheitsabstände bei Flüssiggasunfällen und -bränden	10
3. Literaturhinweise	11

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. Propan 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- und Industriebereichen, Campingwagen
- Als Kraftstoff für Verbrennungsmotoren (Gabelstapler, LPG-/Autogas-Kraftfahrzeuge).
- Zum Kochen und Grillen in Gasflaschen oder -kartuschen
- 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!)

1 kg Flüssiggas	entspricht	0,5 kg TNT-Sprengkraft
1 kg Flüssiggas	entspricht	ca. 2 l Flüssigphase
ca. 2 l Flüssigphase	entspricht	ca. 500 l Gasphase
ca. 500 l Gasphase	kann	30.000 l zündfähiges Gas-/Luftgemisch ergeben

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

Tabelle 1: Sicherheitstechnische Kennzahlen

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)

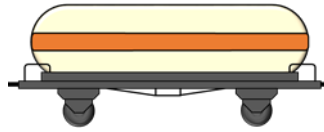


- Gefahrzettel 2.1 (rot mit schwarzem oder weißem Flammensymbol)



- Es gibt keine eindeutige Erkennungsfarbe für Flüssiggas! In der Regel werden die Flaschen über ihre charakteristische Form erkannt. Eine eindeutige Identifizierung ist über die Flaschenbeschriftung möglich.
- Behältergrößen:
 - Feuerzeuge und Kartuschen mit Füllmassen von 100 bis 500 g.
 - Flaschen im Campingbereich mit Füllmassen von 0,45 bis 2,8 kg.
 - 11 kg-Flaschen und weitere Größen zwischen 5 bis 33 kg aus unterschiedlichen Materialien.
 - Tanks in Kraftfahrzeugen mit einem Volumen von 34 bis >200 Litern je nach Einbauart und Fahrzeugtyp (bei Bussen deutlich größer).
 - 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 für verflüssigte Gase sind zusätzlich gekennzeichnet mit einem waagrecht umlaufenden orangen 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 (Kalibrierungsstoff beachten!)
- Prüfröhrchen: Kohlenwasserstoffe

2. Maßnahmen

Grundsätzlich gilt:



Ausreichenden Sicherheitsabstand einhalten!
Windrichtung beachten!
Tiefer liegendes Gelände meiden!
Zündquellen vermeiden!

2.1. Flüssiggasaustritt ohne Brand

- Anfahren möglichst mit dem Wind.
- Absperrn und Sichern des explosionsgefährdeten Bereichs unter Beachtung der vermutlichen Ausbreitungsrichtung.
- Jegliche Form von Zündquellen vermeiden (bspw. elektrische Schalter, offenes Licht, Mobiltelefone, funkenreissende Werkzeuge, etc.)
- Nur Ex-geschützte Geräte im Gefahrenbereich erlaubt.
- 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 3 auf Seite 9) anpassen.
- Gefahrenbereich ist durch Messtrupps unter Mitnahme eines Ex-warngerätes zu erkunden, und alle umliegenden Räume, tiefer gelegenen Schächte, Keller, Kanäle etc. sind ständig auf Ex-Gefahr zu 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.
- 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.: FLÜSSIGGASSICHERHEITSDIENST (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! Kleingebinde, Gaskartuschen und Eisenbahnkesselwagen haben keine Sicherheitsventile!

- Es besteht daher bei direkter Flammeneinwirkung bzw. starker Behältererwärmung die Gefahr eines **„BLEVE“** (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) 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“**.
- Für Großbehälter gilt:
 - Der entstehende Feuerball kann 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.
- Für kleinere Behältergrößen müssen die o.g. Distanzen für Gefahren- und Absperrbereiche lageabhängig angepasst werden. (siehe Tabelle 3 auf Seite 10)

- Fahrzeuge nicht in Senken aufstellen.
- 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.

2.4. Umgebungsbrand

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

Achtung:



Nie eine noch heiße Flüssiggasflasche (Temperatur > 50 °C) bewegen: Beim Bewegen der Druckgasflasche kann "kältere" Flüssigphase an die heißere Wandung der Gasphase kommen, wodurch wieder mehr Flüssigphase verdampft, sich der Behälterdruck erhöht und im Extremfall der Behälter birst.

2.5. Benachrichtigungen

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

2.6. Ausstattung mit Sicherheitsventil / Kühlwasserbedarf

Es besteht die Gefahr, dass Sicherheitsventile nach dem Ansprechen und anschließender Abkühlung nicht mehr dicht schließen!

Erwärmte/heiße Flüssigkeitsflaschen müssen aus sicherer Deckung auf eine Temperatur $T < 50^{\circ}\text{C}$ gekühlt werden. Bei regulärer Füllung ist dann < 95% des Volumens mit Flüssigphase ausgefüllt.

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

Tabelle 2: Kühlwasserbedarf und Sicherheitsventil

2.7. Sicherheitsabstände bei Flüssiggasunfällen und -bränden

Behälter Art	Volumen (m ³)	größte Lagermasse (kg)	Abstand für Einsatzkräfte unter Wärmeschutzkleidung (m)	Gefahrenbereich (m)**	Absperrbereich (m)**
Druckgasflaschen	< 0,08	33	25	50	100
Gasbetriebene KFZ	0,1	40	25	100	200
Private 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.
** Die Entfernungsangaben beziehen sich auf die freigesetzte Wärmestrahlung und Druckwelle. Vereinzelt traten bei Gasflaschen bereits Wurfweiten von Flaschentrümmern bis zu **800 m** auf.

Tabelle 3: Sicherheitsabstände

3. Literaturhinweise

Unfallverhütungsvorschrift der Berufsgenossenschaft: Verwendung von Flüssiggas, DGUV Vorschrift 79 (Bisher BGV D34) vom Oktober 1993 in der Fassung vom 1.1.1997, Stand 01/1997

DGUV Information 205-030 vom Oktober 2018 „Umgang mit ortsbeweglichen Flüssiggasflaschen im Brandeinsatz“

Cimolino (Hrsg.): Einsatzleiterhandbuch Feuerwehr; ECOMED Verlag, Landsberg/Lech, 2019

Staatliche Feuerweherschule Würzburg: Merkblatt Flüssiggas 08/2007

Deutscher Verband Flüssiggas (DFGV): Technische Merkblätter Flüssiggas

Gressmann, Hans-Joachim: Auch „kleine“ BLEVEs können Probleme bereiten, in: BRANDSCHUTZ 6/2001, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2001

Klingsohr, Kurt: Brennbare Flüssigkeiten und Gase, Rotes Heft Nr. 41, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2002

GESTIS-Stoffdatenbank (Institut für Arbeitsschutz der DGUV)