



<u>Veranstaltung:</u>	F-III/IV-GABC-WeFü
<u>Ausbildungseinheit:</u>	Gefahren und Gefahrenabwehr bei Lagerung und Transport von Flüssiggas
<u>Thema:</u>	
<u>Ausgabe:</u>	29.11.2024
<u>Zuständig:</u>	Abteilung 3
<u>Bearbeitet von:</u>	Catherina Volk
<u>Literaturhinweis:</u>	Merkblatt Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Flüssiggas, MB 10-07, vfdb

Inhalt

1	Vorbemerkung.....	3
2	Flüssiggas	3
2.1	Was ist Flüssiggas?	3
2.2	Gewinnung und Verteilung	3
2.3	Sicherheitstechnische Kennzahlen	3
3	Lagerung von Flüssiggas.....	5
3.1	Flaschenlagerung.....	5
3.2	Flüssiggasbehälter	5
4	Transport von Flüssiggas	6
4.1	Flüssiggasbehälter für den Straßentransport	6
4.2	Flüssiggasbehälter für den Schienentransport	6
4.3	Anlagen für den Transport in Rohrleitungen	6
4.4	Kennzeichnung	7
4.4.1	Orangefarbene Tafel	7
4.4.2	Gefahrzettel bzw. Großzettel.....	7
4.4.3	Besondere Kennzeichnung der Eisenbahnkesselwagen	8
5	Flüssiggasbetriebene Fahrzeuge	8
5.1	Allgemeines.....	8
5.2	Kraftstoffversorgung	8
5.3	Der Autogastank	9
5.4	Besondere Gefahren durch Autogasfahrzeuge	9
6	Gefahren durch Flüssiggas an Einsatzstellen	10
6.1	Leckagen ohne Brand	10
6.2	Leckagen mit brennend austretendem Flüssiggas.....	10
6.3	Brandeinwirkung auf Flüssiggasbehälter	11
7	Sicherheitsabstände	12
8	Maßnahmen zur Gefahrenabwehr	13
8.1	Leckagen ohne Brand	13
8.2	Leckagen mit brennend austretendem Flüssiggas.....	14
8.3	Brandeinwirkung auf Flüssiggasbehälter	15
9	Literaturverzeichnis	16
10	Abbildungsverzeichnis.....	16

11	Tabellenverzeichnis	16
----	---------------------------	----

1 Vorbemerkung

Die Verwendung von Flüssiggas im täglichen Leben hat in den vergangenen Jahren beachtlich zugenommen. Die Gründe hierfür liegen im hohen Energiegehalt des verflüssigten Gases, in der vielseitigen Nutzung als Brenn- und Treibstoff, an den schadstoffarmen Verbrennungsprodukten sowie an der problemlosen Anwendung.

Bereiche, in denen leitungsgebundene Energieträger nicht verfügbar oder nicht wirtschaftlich sind oder die Versorgung nur vorübergehend erfolgen soll, wird Flüssiggas eingesetzt.

Transport und Nutzung von Flüssiggas sind normalerweise sicher zu beherrschen.

Kommt es jedoch zu Leckagen oder zum Bersten von Flüssiggasbehältern infolge von Erwärmung, führt dies je nach Gasmenge bei vorhandener Zündquelle zu Explosionen mit erheblicher Tragweite.

Die hier vorliegende Abhandlung soll den Feuerwehren als Ausbildungsunterlage dienen. Sie enthält Hinweise auf gefährdungsmindernde Maßnahmen bei Bränden oder Unfällen an Flüssiggasanlagen oder in deren Nähe.

2 Flüssiggas

2.1 Was ist Flüssiggas?

Flüssiggas besteht aus niedrig siedenden Kohlenwasserstoffen, hauptsächlich Propan und Butan, sowie deren Gemischen. Flüssiggas ist unter normalen atmosphärischen Bedingungen gasförmig, verflüssigt sich jedoch schon bei Raumtemperatur unter relativ geringem Druck. Dieser Besonderheit verdankt das Flüssiggas seinen Namen.

Weil Flüssiggas im flüssigen Zustand nur ca. 1/260 seines Gasvolumens beansprucht, lassen sich große Energiemengen leicht umfüllen, transportieren und lagern.

2.2 Gewinnung und Verteilung

Flüssiggas fällt bei der Rohölverarbeitung in Raffinerien und bei der Förderung von Erdgas und Erdöl an. Es wird in stationären, zylindrischen oder kugelförmigen Druckbehältern zwischengelagert und mit Binnenschiffen, Bahnkesselwagen und Straßentankwagen transportiert.

2.3 Sicherheitstechnische Kennzahlen

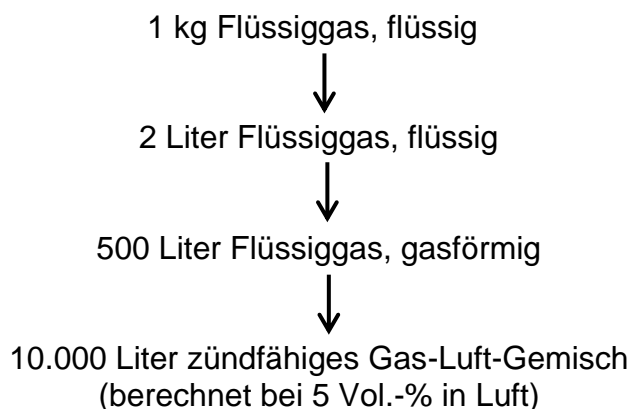
Die sicherheitstechnischen Kennzahlen der Flüssiggase sind in Tab. 1 aufgeführt. Die Zahlenwerte der Gemische aus Propan und Butan liegen zwischen den in Tab. 1 genannten sicherheitstechnischen Kennzahlen der reinen Gase.

Tab. 1: Sicherheitstechnische Kennzahlen

Vergleich: (MB 10-07, 2019, S. 3)

Kennzahlen	Propan C ₃ H ₈	n-Butan C ₄ H ₁₀
Dichte, flüssig	0,58 kg/l	0,6 kg/l
Dichte, gasförmig	1,89 g/l	2,54 g/l
Dichteverhältnis zu Luft (Luft = 1)	1,55	2,1
Dampfdruck (bei 20 °C)	7,35 bar	1,09 bar
Verdampfungswärme (bei 0 °C)	378,58 kJ/kg	383,86 kJ/kg
Siedetemperatur	- 42 °C	- 0,5 °C
Zündtemperatur	470 °C	365 °C
Explosionsbereich	1,7 – 10,8 Vol.-%	1,5 – 8,5 Vol.-%
Kritische Temperatur	97 °C	152 °C
Geruchsschwelle	1,6 Vol.-%	0,27 Vol.-%
Temperaturklasse	T1	T2
Explosionsgruppe	IIA	IIA
Arbeitsplatzgrenzwert (AGW)	1.000 ppm	1.000 ppm
Einsatztoleranzwert (ETW)	nicht definiert	nicht definiert

Mengenangaben zur groben Abschätzung an der Einsatzstelle:



3 Lagerung von Flüssiggas

Flüssiggas wird in den unterschiedlichsten Gebinden und Behältern vom Feuerzeug bis zum Kugelgasbehälter gelagert.

3.1 Flaschenlagerung

Der Handel hält für Kleinverbraucher und Gewerbe Flüssiggas in Stahlflaschen (gängige Größen: 5 kg, 11 kg, 33 kg) vorrätig. Aufgrund der Vielfalt der möglichen Verwendungszwecke sind Flüssiggasflaschen beim Verbraucher an den unterschiedlichsten Orten anzutreffen. Beispiele sind Baubuden, Marktstände, Campingwagen, Gartenhäuschen oder Werkstätten. Im Einzelfall muss mit ihnen auch an Orten gerechnet werden, für die nach gesetzlichen Bestimmungen keine Aufbewahrungserlaubnis besteht, z. B. Kellerräume, Dachgeschosse oder Flure.

Druckgasflaschen haben ein Absperrventil, in dem häufig ein Druckbegrenzungsventil (Sicherheitsventil) eingebaut ist. Dieses Druckbegrenzungsventil öffnet bei 35 + 5 bar (vgl. Prüfdruck von mind. 30 bar).

Flüssiggasflaschen haben keine eindeutige Erkennungsfarbe. Sie sind von der Norm DIN EN 1089-3:2011-10 „Ortsbewegliche Gasflaschen – Gasflaschen-Kennzeichnung) Teil 3: Farbcodierung“ ausgeschlossen. In der Regel ist nur die Flaschenform charakteristisch. Die eindeutige Identifizierung ist über die Flaschenbeschriftung möglich.

3.2 Flüssiggasbehälter

Flüssiggasbehälter sind ortsfeste Behälter zum Lagern von Flüssiggas. Es werden oberirdische, erdgedeckte und halb oberirdische Flüssiggasbehälter unterschieden. Sie werden an ihrem Aufstellungsort durch Straßentankwagen befüllt.

Im privaten Bereich dienen sie zur Speisung häuslicher Verbrauchsanlagen wie z. B. der Heizung über fest installierte Rohrleitungen. Die gängigen Größen im privaten Bereich sind Behälter mit

- 2,70 m³ (Füllmenge = 1.200 kg),
- 4,85 m³ (Füllmenge = 2.100 kg) und
- 6,40 m³ (Füllmenge = 2.900 kg) Rauminhalt.

In Mineralölraffinerien, der Petrochemie und der chemischen Industrie wird Flüssiggas überwiegend in ortsfesten Kugelbehältern mit Volumen von ca. 800 m³ bis 1.500 m³ gelagert.

Für die Lagerung von Flüssiggas bei Flüssiggasversorgungsunternehmen werden in der Regel zylindrische, ortsfeste Behälter bis zu einer Größe von etwa 4.000 m³ verwendet. Bei einem Inhalt von mehr als 3.000 kg handelt es sich um eine genehmigungsbedürftige Anlage nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) und den jeweiligen Landesbauordnungen.

Für die nach Norm festgelegte Ausführung der Flüssiggasbehälter (Materialstärken und Materialkennwerte) ist ein Betriebsüberdruck von 15,6 bar zugelassen.

Ortsfeste Lagerbehälter sind mit einer Druckbegrenzungseinrichtung (Sicherheitsventil oder redundante Überfüllsicherungen und Druckwächter) ausgestattet.

4 Transport von Flüssiggas

4.1 Flüssiggasbehälter für den Straßentransport

Der Straßentankwagen als Transportmittel ist üblich und Stand der Technik. Im Wesentlichen werden unterschieden:

- Tankwagen mit einem Fassungsvermögen bis 11 t (sog. „Kleintankwagen“)
- Sattelaufliieger mit einem Fassungsvermögen bis 22 t (sog. „Großtankwagen“)

Der Sattelaufliieger wird fast ausschließlich für den Transport von Flüssiggas ab der Raffinerie, Straßentankwagen bis 11 t Ladegewicht in der Regel von Flüssiggasversorgungsunternehmen oder deren Liefergesellschaft eingesetzt.

Seit dem 01. Januar 2023 müssen neue Tanks für entzündbare verflüssigte Gase mit Sicherheitsventilen ausgerüstet sein (ADR, 2025, S. 6.8.3.2.9).

Diese Tanks sind mit dem Kennzeichen nach Abb. 1 zu versehen. Das Kennzeichen hat die Größe eines Großzettels. Bei Tanks mit einem Volumen von maximal 3.000 Litern darf die Größe auf 120 mm x 120 mm verkleinert werden. Die Kennzeichen sind an beiden Längsseiten und am hinteren Ende von festverbundenen Tanks (Tankfahrzeugen) und an beiden Längsseiten und an jedem Ende von Aufsetztanks anzubringen.

Ältere Tankfahrzeuge und Tanks haben Bestandsschutz und müssen nicht nachgerüstet werden.

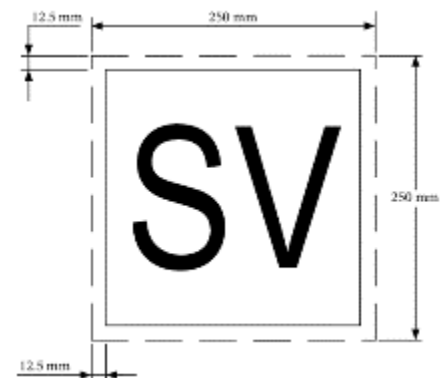


Abb. 1: Sicherheitsventil-Kennzeichen
Quelle: (ADR, 2025, S. 6.8.3.2.9.6.3)

4.2 Flüssiggasbehälter für den Schienentransport

In Deutschland wird Flüssiggas zu den Lagern der Flüssiggasversorgungsunternehmen überwiegend in Eisenbahnkesselwagen angeliefert.

Eisenbahnkesselwagen für Flüssiggas Transporte haben meist einen Rauminhalt von ca. 60 m³ (Lastgrenze ca. 26 t) bis 110 m³ (Lastgrenze ca. 46 t).

Seit dem 01. Januar 2023 müssen auch neue Eisenbahnkesselwagen für entzündbare verflüssigte Gase mit Sicherheitsventilen ausgerüstet sein (RID, 2025, S. 6.8.3.2.9). Bezüglich deren Kennzeichnung gelten die gleichen Vorschriften wie unter Kap. 4.1 beschrieben. Auch hier gilt der Bestandsschutz für ältere Tanks.

4.3 Anlagen für den Transport in Rohrleitungen

Rohrleitungs- und Pipelineanlagen dienen dem -zumeist innerbetrieblichen- Transport von Flüssiggas zwischen Herstellungsort und Speicherbehälter bzw. zwischen Speicherbehälter und Verbraucher. Wichtig für die Feuerwehr ist die Möglichkeit der Abschiebung und damit des Abschneidens einer Schadenstelle vom Flüssiggasnachschub.

4.4 Kennzeichnung

4.4.1 Orangefarbene Tafel

Beim Transport von Flüssiggas in Versandstücken, z. B. Gasflaschen, sind Fahrzeuge im Straßenverkehr bei mehr als 333 kg (Nettomasse) Flüssiggas mit *orangefarbenen Tafeln ohne Kennzeichnungsnummern* zu versehen.

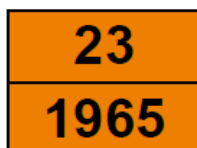
Beim Transport von Flüssiggas in Tankfahrzeugen müssen vorne und hinten am Fahrzeug *orangefarbene Tafeln mit Kennzeichnungsnummern* angebracht sein.

Folgende Gefahr- und Stoffnummern sind möglich:

Tab. 2: Übersicht Gefahr- und Stoffnummern

Vergleich: (ADR, 2025)

Gefahrnummer	Stoffnummer	Bezeichnung
23	1965	Kohlenwasserstoffgas, Gemisch, verflüssigt, N.A.G. - Gemisch C Propan (handelsübliches Propan) - Gemisch A, AO Butan (handelsübliches Butan)
23	1978	Propan (technisch rein)
23	1011	Butan (technisch rein)
23	1077	Propen
23	1010	Butadien (stabilisiert)
23	1969	Isobutan



Hinweis: Zumeist werden Gemisch C Propan und Gemisch A, AO Butan verwendet. Die technisch reinen Gase finden kaum Anwendung.

Abb. 2: Orangefarbene Tafel

Quelle: Eigene Darstellung

4.4.2 Gefahrzettel bzw. Großzettel

Tankfahrzeuge sind mit Großzetteln entsprechend dem Gefahrzettelmuster Nr. 2.1 nach ADR (siehe Abb. 3) zu kennzeichnen. Auch im Eisenbahnverkehr finden diese Großzettel Anwendung.



Abb. 3: Gefahrzettelmuster Nr. 2.1

Quelle: (ADR, 2025, S. 5.2.2.2.2)

Flüssiggasflaschen sind mit einem Flaschenaufkleber gekennzeichnet, der folgende Daten beinhaltet:

- Gefahren- und Sicherheitshinweise gemäß GHS/CLP
- Gefahrzettel nach Gefahrgutrecht (ADR)
- Name, Anschrift, Telefonnummer des Herstellers
- Stoffnummer und Gasbezeichnung gemäß ADR
- Füllmenge

4.4.3 Besondere Kennzeichnung der Eisenbahnkesselwagen

Im Eisenbahnverkehr sind Tanks von Eisenbahnkesselwagen für u. a. verflüssigte Gase durch einen 300 mm breiten orangefarbenen Streifen, der in Höhe der Behälterachse allseitig um den Tank herumführt, gekennzeichnet.



Abb. 4: Kesselwagen mit einem orangefarbenen Streifen (30 cm breit)
Quelle: Eigene Darstellung

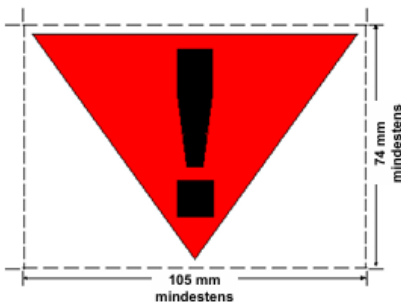


Abb. 5: Rangierzettel Nr. 13
Quelle: (RID, 2025, S. 5.3.4.2)

Eisenbahnkesselwagen werden außerdem mit einem roten Dreieck (Rangierzettel Nr. 13, siehe Abb. 5) für vorsichtig zu rangierende Wagen sowie mit den auch für den Straßenverkehr vorgeschriebenen Kennzeichnungen (Orangefarbene Tafel und Großzettel) ausgestattet.

5 Flüssiggasbetriebene Fahrzeuge

5.1 Allgemeines

Die Diskussionen über die zunehmende Feinstaubbelastung der Bevölkerung und der Umwelt und die damit verbundenen Fahrverbote sowie die stark gestiegenen Ölpreise, lassen die flüssiggasbetriebenen Fahrzeuge zu einer echten Alternative zu den benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeugen werden. Durch die zusätzliche steuerliche Förderung bis zum Jahr 2018 steigt die Zahl der flüssiggasbetriebenen (und erdgasbetriebenen) Fahrzeuge ständig an.

Flüssiggas wird im Zusammenhang mit Fahrzeugen als Autogas bezeichnet. Es sind auch die Abkürzungen LPG (Liquified Petroleum Gas) und GPL (Gaz Petroleum Liquide) gebräuchlich.

5.2 Kraftstoffversorgung

Hinsichtlich ihrer Kraftstoffversorgung lassen sich die AutogASFahrzeuge in zwei Gruppen einteilen:

- monovalente Fahrzeuge, die ausschließlich mit Flüssiggas fahren
- bivalente Fahrzeuge, die neben dem Flüssiggastank weiterhin über den ursprünglichen Benzintank verfügen und somit beide Kraftstoffe nutzen können.

Per Knopfdruck kann bei einem bivalenten Antrieb -auch während der Fahrt- von Autogas- auf Benzinbetrieb gewechselt werden. Damit ist auch bei einem leeren Gastank eine Weiterfahrt ohne Unterbrechung möglich. Der bivalente Antrieb garantiert somit eine deutlich größere Reichweite und wird daher bevorzugt genutzt.

5.3 Der Autogastank

Als Kraftstofftanks für Autogasfahrzeuge werden spezielle Autogastanks - im Allgemeinen Stahlbehälter - verwendet, die mit entsprechenden Absperr- und Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet sind. Die Tanks können innerhalb des Fahrzeugs, z. B. in der Reserveradmulde im Kofferraum oder als Unterflurtanks, montiert sein. Autogas wird unter verhältnismäßig geringen Drücken von 8 bis 10 bar in flüssiger Form im Autogastank gespeichert (zum Vergleich: Erdgas ca. 200 bar). Dies ermöglicht schon mit relativ kleinen Autogastanks große Reichweiten. Mit den gängigen Tankgrößen von ca. 40 bis 70 Litern lassen sich so z. B. je nach Fahrweise und Fahrzeugtyp problemlos 400 bis 600 Kilometer mit einer Tankfüllung zurücklegen.

5.4 Besondere Gefahren durch Autogasfahrzeuge

Autogasfahrzeuge sind als solche äußerlich nicht zu erkennen, da eine besondere Kennzeichnung nicht vorgesehen ist. Eine eventuell vorhandene Kennzeichnung, z. B. durch Aufkleber, geschieht vor allem aus Marketinggründen.

Im Bereich der Sicherheit ist nach Angabe der Fahrzeughersteller kein Unterschied zu konventionellen Benzin- und Dieselfahrzeugen festzustellen. Das Betanken ist genauso einfach und dauert in etwa gleich lang wie bei Benzin oder Diesel.

Die Gastanks verfügen über spezielle Sicherheitsmechanismen, die bei einem Crash die Anschlüsse sofort dicht setzen. Die Tanks sind mit Schmelzsicherungen ausgestattet, so dass im Brandfall das Gas kontrolliert entweichen und abbrennen kann, um ein Bersten des Stahltanks durch den Druckanstieg bei Erwärmung zu vermeiden.

Die Gefahren im Falle eines Unfalls oder eines Brandes sind mit den von Flüssiggasflaschen in gleicher Größe ausgehenden Gefahren zu vergleichen.

Die Technik allgemein sowie die zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen gewährleisten somit auch in Gefahrensituationen einen größtmöglichen Sicherheitsstandard. ADAC und Öko-Test haben die Sicherheit von Autogasfahrzeugen untersucht und bestätigt: Es gibt keine Hinweise aus der Praxis, dass bei diesen Fahrzeugen ein erhöhtes Sicherheitsrisiko besteht. Crash- und Brandtests zeigen, dass mit Autogas betriebene Autos nicht gefährlicher sind als vergleichbare Benzinfahrzeuge.

6 Gefahren durch Flüssiggas an Einsatzstellen

6.1 Leckagen ohne Brand

Durch Leckagen bei Lagerung oder Transport kann Flüssiggas flüssig oder gasförmig austreten.

Die flüssige Phase verdampft bei Entspannung auf Normaldruck rasch und kühlt sich dabei auf mindestens die Siedetemperatur (zwischen - 1 °C (Butan) und - 42 °C (Propan)) ab. Größere Lachen Flüssiggas können sich als siedende Flüssigkeit längere Zeit in Vertiefungen oder Mulden halten. Eine besonders hohe Verdampfungsrate liegt bei Leckagen an der Austrittsstelle der flüssigen Phase sowie auf dem Weg des Strahls durch die Luft vor. Dabei wird die zur Verdampfung benötigte Wärme überwiegend der Flüssigkeit selbst entzogen, wodurch eine rapide Abkühlung stattfindet.

Bei flüssigem Propan können auf diese Weise Temperaturen von - 60 °C und darunter erreicht werden. In jedem Fall besteht bei Kontakt mit ungeschützten Körperteilen Unterkühlungs- und Erfrierungsgefahr.

Eine gewässerschädigende Wirkung durch flüssiges Propan oder Butan ist nicht bekannt. Die Flüssigkeiten schwimmen auf Wasser, sind aber praktisch nicht darin löslich.

Gasförmige Gemische von Propan und Butan haben eine 1,5- bis 2,1-mal größere Dichte als Luft. Sie breiten sich daher am Boden in Gefällerrichtung aus und sammeln sich bei Windstille in Vertiefungen (Schächte, Senken, Gräben). Auch durch weit von der Gasaustrittsstelle entfernte Zündquellen kann es auf diese Weise zur Entzündung ausgeströmten Gases kommen. Propan und Butan bilden in Luft im Bereich von ca. 1 Vol.-% bis 10 Vol.-% Gasanteil explosionsfähige Atmosphären. Flüssiggase besitzen eine erstickende (sauerstoffverdrängende) Wirkung. Die sehr geringe narkotische Wirkung ist ohne Bedeutung, sofern nur kurzzeitig Gas eingeatmet wird.

Die reinen Gase sind farb- und nahezu geruchlos; die technischen Produkte enthalten Geruchsstoffe (Odorierungsmittel). Bei Beginn der Geruchswahrnehmung kann die untere Zündgrenze bereits erreicht sein.

6.2 Leckagen mit brennend austretendem Flüssiggas

Kommt es durch äußere Zündquellen zur Entzündung des aus einem Leck ausströmenden Flüssiggases, müssen die auftretenden Gefahren je nach Lage der Lecköffnung unterschiedlich beurteilt werden.

Bei Leckagen in Druckbehältern wird es aufgrund des Behälterdrucks zur Stichflammenbildung von beträchtlicher Länge kommen. Leckagen in der Flüssigphase müssen als gefährlicher eingestuft werden als solche in der Gasphase:

Die Ausströmrates ist aufgrund der höheren Dichte der Flüssigkeit größer, der Effekt der Eigenaufheizung des Behälters ist in höherem Maße gegeben.

Dennoch ist die Gefahr eines Druckbehälterzerknalls (siehe 6.3 → BLEVE) geringer als bei einem unbeschädigten Behälter. Bei Druckanstieg wird ein einmal bestehendes Leck bestrebt sein, sich selbst zu vergrößern und so eine selbst gesteuerte Druckentlastung bewirken.

6.3 Brandeinwirkung auf Flüssiggasbehälter

Druckgasflaschen, oberirdisch aufgestellte Flüssiggastanks sowie Flüssiggastransportfahrzeuge für Straße oder Schiene sind im Nahbereich eines Brandes stark gefährdet. Wärmezufuhr führt zur Temperatursteigerung der Behälterwandung. Unterhalb des Spiegels der Flüssigphase wird die Behälterwandung von der Flüssigkeit gekühlt, deren Temperatur folglich ansteigt. Entsprechend der Dampfdruckkurve der Flüssiggase steigt der Druck im Innern des Behälters an. Bei unvermindert starker Wärmeeinwirkung kommt es zum Ansprechen des Sicherheitsventils. Da dieses sich grundsätzlich an der höchsten Stelle des Behälters befindet, strömt Gasphase aus. Sollten die ausströmenden Gasmen gen nicht sofort durch den Umgebungsbrand entzündet werden, besteht bei ungenügender Lüftung die Gefahr der Ansammlung größerer Gas-Luft-Gemisch-Wolken im Bereich des Tanks.

Bei den Behältern mit Druckbegrenzungseinrichtung wird der Druck über die Ansprechschwelle des Sicherheitsventils hinaus weiter ansteigen, da bei starker Wärmeeinwirkung der Druckbegrenzungseffekt überlaufen wird. Es muss berücksichtigt werden, dass die Behälterwandung im Bereich der Gasphase kaum gekühlt wird und folglich dort höhere Wandtemperaturen auftreten als im Bereich der Flüssigphase. Mit dem Versagen der Behälterwandung muss daher infolge Festigkeitsverlustes schon vor Erreichen des Zerplatzdrucks gerechnet werden. Versuche und Einsatzerfahrungen haben gezeigt, dass bei ununterbrochener Beflammung und ohne zusätzliche Kühlung dieser kritische Punkt schon nach wenigen Minuten erreicht werden kann, auch wenn das Sicherheitsventil angesprochen hat.

Im Augenblick des Behälterberstens wird das siedende Flüssiggas schlagartig in die Gasphase überführt und verbrennt explosionsartig. Für diesen Vorgang hat sich die aus dem Englischen stammende Abkürzung „BLEVE“ etabliert. Sie bedeutet:

B = Boiling	→	siedend, kochend
L = Liquid	→	flüssig, Flüssigkeit
E = Expanding	→	freiwerdend, sich ausdehnend
V = Vapour	→	Dampf-/Gasphase
E = Explosion	→	Explosion

Die Auswirkungen einer solchen Explosion sind außerordentlich. Beim Bersten eines mit 1.300 kg Propan gefüllten Flüssiggastanks wurde ein ca. 80 m hoher und ca. 50 m breiter Feuerball beobachtet, Tanktrümmer flogen bis zu ca. 500 m weit. Die im Nahbereich einer BLEVE auftretenden Gefahren sind von der Feuerwehr nicht beherrschbar!

7 Sicherheitsabstände

Der Sicherheitsabstand der Einsatzkräfte richtet sich nach dem Ausdehnungsbereich eines möglichen Feuerballes. Zum In-Stellung-bringen von Löschgeräten muss dieser Abstand ggf. unterschritten werden. Die Einsatzkräfte sollen dabei Wärmeschutzbekleidung tragen. Hat das Sicherheitsventil angesprochen oder schlägt die Behälterfarbe Blasen, so ist der Abstand auf die Absperrbereichsgrenze zu vergrößern (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Sicherheitsabstände sowie Gefahren- und Absperrbereiche
Vergleich: (MB 10-07, 2019, S. 8)

Behälterart	Volumen (m³)	größte Lagermasse (t)	Abstand für Einsatzkräfte mit Wärmeschutzbekleidung (m)	Gefahrenbereich (m)	Absperrbereich (m)
Druckgasflaschen	≤ 0,08	0,033	25	50	100
gasbetriebene Kfz	0,1	0,040	25	100	200
private Versorgungsanlagen, Kompaktanlagen	2,7 - 6,4	1,2 - 2,9	100*	200	400
LKW, Einzelfahrzeuge bis 5 t Ladegewicht	6 - 11	2,5 - 5,0	100*	200	400
LKW, LKW mit Anhänger, Sattelzüge	20 - 36	9 - 16	200*	400	800
Eisenbahnkesselwagen	62 - 110	26 - 46	300*	600	1.200
Speicheranlagen und Binnenschiffe	≤ 250	100	> 300*	> 600	1.500
	≤ 1.000	430	> 300*	> 600	2.000
	> 1.000	> 430	500*	> 800	2.500

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

Beispiel: Bei einem Behälter mit 1.300 kg Flüssiggas ergibt sich ein Sicherheitsabstand für Einsatzkräfte mit Wärmeschutzbekleidung von 100 m, ein Gefahrenbereich von 200 m und ein Absperrbereich von 400 m.

8 Maßnahmen zur Gefahrenabwehr

Die Reihenfolge der Maßnahmen kann lageabhängig von den nachstehenden Auflistungen abweichen.

8.1 Leckagen ohne Brand

Bei Undichtigkeiten an Flüssiggasanlagen muss abhängig von der Umgebungs-temperatur, den Windverhältnissen sowie der Lage (Flüssigkeits- oder Gasphase) und der Größe des Lecks für den Zeitraum seit Ereigniseintritt bis zum Eintreffen der Feuerwehr mit größeren Mengen zündfähigen Gas-Luft-Gemisches gerechnet werden.

Von der Feuerwehr sind daher folgende Maßnahmen zu treffen:

- Möglichst mit dem Wind anfahren, Windrichtung immer beobachten.
- Fahrzeugaufstellung außerhalb des Gefahrenbereichs und nicht in Senken.
- Festlegen und markieren des Gefahren- und Absperrbereiches (vgl. Tab. 3).
- Warnen der Bevölkerung im Gefahrenbereich.
- Rettung von Verletzten.
- Räumung des Gefahrenbereiches von Unbeteiligten sowie nicht benötigten Personen und Einsatzkräften quer zur Windrichtung.
- Beseitigung bzw. Vermeidung von Zündquellen, Schließen von Türen und Fenstern sowie Abschalten von Lüftungs- und Klimaanlage.
- Messungen im Gefahrenbereich mit Explosionsgrenzenwarngeräten durchführen.
- Leistungsfähige Wasserversorgung aufbauen, zuerst Kühlung für den Fall der Entzündung sicherstellen.
- Kein Wasser auf den Behälter geben (Gefahr der Aufheizung und Verstärkung des Gasaustritts).
- Pulverlöschgeräte bereitstellen.
- Ventile schließen, Leitungen abschiebern; ggf. Tankheizung abstellen.
- Fachpersonal (z. B. Flüssiggassicherheitsdienst FSD) hinzuziehen.
- Öffnungen zu tiefer liegenden Räumen, Schächten oder Kanälen abdichten.
- Leckage eingehend erkunden (Wärmeschutzkleidung!).
- Gasphase kann nach Auflösung des „Gasnebels“ u. U. mit Hilfe einer Wärmebildkamera gesehen werden.
- Kleinere Leckagen ggf. abdichten (Wärmeschutzkleidung!).
- Nach erfolgreicher Leckabdichtung Kontrolle des Gefahrenbereiches auf Gasreste, insbesondere in tiefer gelegenen Kellern, Schächten und Kanälen mit Messgeräten.
- Lüften der Räume sowie umfüllen des Behälters veranlassen (Fachpersonal und Spezialgerät!).

8.2 Leckagen mit brennend austretendem Flüssiggas

Die Brandbekämpfung und Kühlung der Flüssiggasanlage kann nur aus sicherer Entfernung und Deckung erfolgen. Brennend entweichendes Gas wird nicht abgelöscht bevor Möglichkeiten zur Leckabdichtung sichergestellt sind. Es ist zu prüfen, ob eine Abdichtung des Lecks aus sicherer Entfernung und Deckung möglich ist.

Im Einzelnen gliedern sich die Maßnahmen wie folgt:

- Möglichst mit dem Wind anfahren, Windrichtung immer beobachten.
- Fahrzeugaufstellung außerhalb des Gefahrenbereichs und nicht in Senken.
- Festlegen und markieren des Gefahren- und Absperrbereiches (vgl. Tab. 3).
- Rettung von Verletzten.
- Sind andere Flüssigkeitsbehälter gefährdet, Maßnahmen nach Kapitel 8.3 einleiten.
- Erste Kühlungsmaßnahmen (Schnellangriff) einleiten.
- Behältergröße feststellen.
- Leistungsfähige Wasserversorgung aufbauen.
- Verhalten des Behälters beobachten (Sicherheitsventil, Blasenbildung).
- Behälteroberfläche kühlen (auf Sicherheitsabstand achten), bei Ansprechen des Sicherheitsventils oder Blasenbildung auf der Behälteroberfläche Räumung des Gefahrenbereiches.
- Umgebungsbrand löschen.
- Umgebung sichern.
- Warnung der Bevölkerung im Gefahrenbereich.
- Räumung des Gefahrenbereiches von Unbeteiligten sowie nicht benötigten Personen und Einsatzkräften quer zur Windrichtung.
- Bei Nachlassen des Behälterdrucks (Flammenform wird weich) die Flamme mit Löschpulver löschen.
- Leckage wegen der Gefahr der Rückzündung kühlen.
- Leckage ggf. abdichten.
- Fachpersonal (z. B. Flüssiggassicherheitsdienst FSD) hinzuziehen.
- Behälter durch Fachpersonal restlos entleeren lassen.
- Kontrolle des Gefahrenbereiches auf Gasreste, insbesondere in tiefer gelegenen Kellern, Schächten und Kanälen mit Messgeräten.

8.3 Brandeinwirkung auf Flüssiggasbehälter

Die Maßnahmen werden bestimmt durch die Behälteraufheizung und die dadurch vorhandene BLEVE-Gefahr:

- Fahrzeugaufstellung außerhalb des Gefahrenbereichs und nicht in Senken.
- Festlegen und markieren des Gefahren- und Absperrbereiches (vgl. Tab. 3).
- Behältergröße feststellen.
- Behälterinhalt (Masse) abschätzen.
- Beflammungsdauer abschätzen, Art der Beflammung feststellen (punktförmig, großflächig oder Unterfeuerung).
- Behälteroberfläche kühlen (auf Sicherheitsabstand achten), bei Ansprechen des Sicherheitsventils oder Blasenbildung auf der Behälteroberfläche Räumung des Gefahrenbereiches.
- Kühlen und Brandbekämpfung aus Deckung heraus. Wurfweiten von Wasserwerfer und Monitor nutzen.
- Rettung von Verletzten.
- Leistungsfähige Wasserversorgung aufbauen.
- Verhalten des Behälters beobachten (Sicherheitsventil, Blasenbildung).
- Aus dem Sicherheitsventil austretendes brennendes Gas (Gasfackel) nicht löschen.
- Umgebungsbrand löschen.
- Umgebung sichern.
- Bei Löscharbeiten Rückzündungsgefahren beachten.
- Warnung der Bevölkerung im Gefahrenbereich.
- Räumung des Gefahrenbereiches von Unbeteiligten sowie nicht benötigten Personen und Einsatzkräften quer zur Windrichtung.
- Fachpersonal (z. B. Flüssiggassicherheitsdienst FSD) hinzuziehen.
- Falls das Sicherheitsventil angesprochen hat, Kontrollmessungen im Gefahrenbereich auf Gasreste (tiefer liegende Stellen) durchführen.
- Es besteht die Gefahr, dass Sicherheitsventile nach dem Ansprechen und anschließender Abkühlung nicht mehr dicht schließen!

Zur effektiven Kühlung werden mindestens die in Tab. 4 genannten Wassermengen benötigt.

Tab. 4: Kühlwasserbedarf

Vergleich: (MB 10-07, 2019, S. 8)

Behälterart	Kühlwasserbedarf (l/min)
Druckgasflaschen	15
gasbetriebene Kfz	15
private Versorgungsanlagen, Kompaktanlagen	180
LKW, LKW mit Anhänger, Sattelzüge	1.200
Eisenbahnkesselwagen	2.500
Speicheranlagen und Binnenschiffe	2.000 - 150.000

9 Literaturverzeichnis

- ADR. (01. Januar 2025). *Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)*.
- RID. (01. Januar 2025). *Übereinkommen über den internationalen Eisenbahnverkehr (COTIF) Anhang C - Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID)*.
- vfdb (Hrsg.). (November 2019). MB 10-07. *Merklblatt Empfehlung für den Feuerwehreinsatz bei Gefahr durch Flüssiggas*. Münster: Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.

10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Sicherheitsventil-Kennzeichen	6
Abb. 2: Orangefarbene Tafel	7
Abb. 3: Gefahrzettelmuster Nr. 2.1	7
Abb. 4: Kesselwagen mit einem orangefarbenen Streifen (30 cm breit)	8
Abb. 5: Rangierzettel Nr. 13.....	8

11 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Sicherheitstechnische Kennzahlen	4
Tab. 2: Übersicht Gefahr- und Stoffnummern	7
Tab. 3: Sicherheitsabstände sowie Gefahren- und Absperrbereiche	12
Tab. 4: Kühlwasserbedarf	16