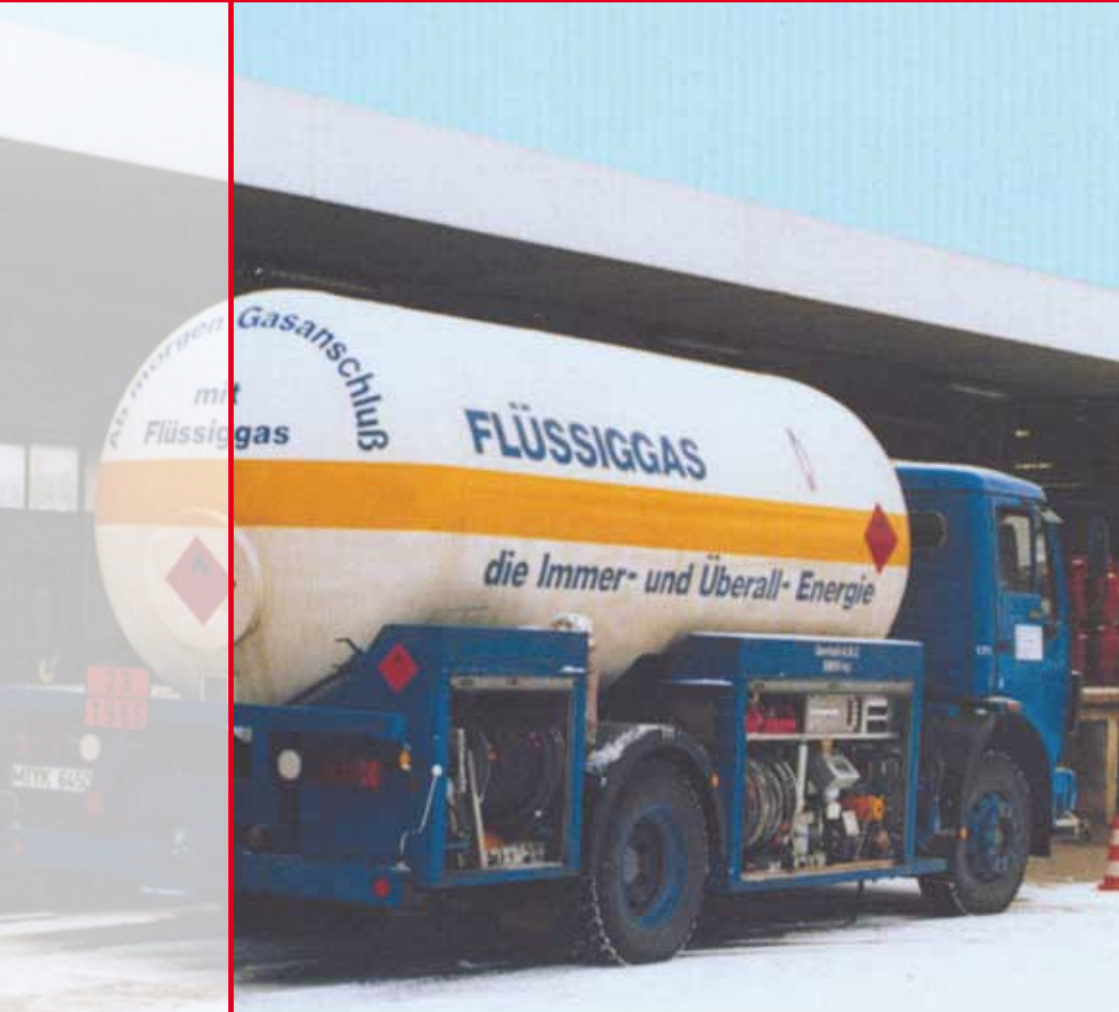




Flüssiggas



7.08

Merkblatt für die Feuerwehren Bayerns

Stand: 08/2007

Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines	5
2. Begriffe, physikalisch-chemische Eigenschaften	6
3. Lagerung und Verwendung	8
3.1 Einwegbehälter	9
3.2 Wiederbefüllbare ortsbewegliche Druckgasbehälter	11
3.3 Ortsfeste Behälter bis 3 t Fassungsvermögen	13
3.4 Ortsfeste Behälter mit mehr als 3 t Fassungsvermögen	15
4. Beförderung und Verkehr	16
4.1 Allgemeines zur Kennzeichnung und Gefahrgutinformation	16
4.2 Beförderung auf der Straße	19
4.3 Beförderung mit der Eisenbahn	20
4.4 Sonstige Beförderung und Nutzung	21
4.5 Fahrzeuge mit Flüssiggasbehältern für Antrieb oder Heizung	21
5. Vorbereitende Brandschutzmaßnahmen	26
5.1 Sicherstellung der Alarmierung	26
5.2 Einsatzpläne und Störfallpläne	26
5.3 Brandschutzmaßnahmen bei ortsfesten Behältern und Flüssiggasanlagen	27
6. Schadensursachen	28
6.1 Erwärmung der Behälter von außen	28
6.2 Fehlbefüllung und Überfüllung	29
6.3 Undichtigkeit oder mechanische Beschädigung	29
6.4 Schäden an sonstigen Betriebsanlagen	31

Inhaltsverzeichnis

7. Maßnahmen an der Schadenstelle	31
7.1 Allgemeines Verhalten	31
7.2 Maßnahmen bei Gasaustritt ohne Brandeinwirkung	32
7.3 Maßnahmen bei brennend austretendem Flüssiggas	33
7.4 Maßnahmen bei Bränden in der Nähe von Flüssiggasanlagen	34
8. Messen von zündfähigen Gas-Luft-Gemischen	35
9. Sicherheitsabstände	36
10. Kühlen von Flüssiggasbehältern	38
11. Maßnahmen an Flüssiggasbehältern	39
12. Beratung im Schadenfall	42
13. Öffentlich-rechtliche Vorschriften und technische Regeln	42
13.1 Gesetze und Verordnungen	42
13.2 Technische Regeln Druckbehälter (TRB)	43
13.3 Technische Regeln Druckgase (TRG)	43
13.4 Normen des Deutschen Instituts für Normung e. V.	44
13.5 Sonstige Regelungen	46

Anhang 1 Muster eines Unfallmerkblattes

Anhang 2 Kennzeichnungsübersicht

Änderungen (gegenüber dem letzten Stand 4/2001)

- Das Merkblatt wurde insbesondere in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Verband Flüssiggas e. V. (DVFG) und seinem Mitgliedsunternehmen der Fa. Tyczka Totalgaz GmbH überarbeitet und auf den aktuellen Stand gebracht

1. Allgemeines

Die wichtigsten Gründe für die Verwendung von Flüssiggas sind

- der hohe Energieinhalt,
- die vielseitige und verbraucherfreundliche Nutzbarkeit als Brenn- und Treibstoff,
- die umweltschonende Verbrennung sowie
- die gute Handhabungsmöglichkeit durch Überführung wahlweise in den flüssigen oder gasförmigen Zustand.

Flüssiggase fallen bei den Raffinerien und der Ölgewinnung automatisch an.

Flüssiggas wird insbesondere dort verwendet, wo leitungsgebundene Energieträger nicht verfügbar oder nicht wirtschaftlich sind oder die Versorgung nur zeitweise erfolgen soll. Immer mehr Haushalte setzen aber Flüssiggas in einer Tankanlage als umweltfreundliche Heizenergie ein. Weitere Einsatzgebiete von Flüssiggas sind z. B.

- Baustellen zur Bautrocknung mit Gasgebläse
- Weichenbeheizung bei der Bahn
- Zeltbeheizung
- Gasgrill in der Freizeit
- Gasinfrarotstrahler als Hallenbeheizung
- Treibgas für Gabelstapler
- Antriebsenergie für PKW und Busse anstatt bzw. zusätzlich zu Benzin/Diesel (bivalenter Antrieb)

Die deutschen Flüssiggasunternehmen gewährleisten einen sehr hohen sicherheitstechnischen Standard an den Flüssiggaseinrichtungen. Diese hohe Sicherheit wird durch Beachtung von berufsgenossenschaftlichen Vorschriften und von technischen Regeln erreicht. Gleichwohl können Beschädigungen nicht völlig ausgeschlossen werden.

Dieses Merkblatt gibt den Feuerwehren allgemeine Informationen über Flüssiggas für Ausbildung und Einsatz. Es dient als Hilfestellung zur Einsatztaktik und für Verhaltensmaßnahmen bei Schäden an Flüssiggaseinrichtungen. Dieses umfasst auch die Hilfeleistung bei Verkehrsunfällen mit Beteiligung von Flüssiggasfahrzeugen.

2. Begriffe, physikalisch-chemische Eigenschaften

Als Flüssiggas werden niedrig siedende Kohlenwasserstoffe wie Propan oder Butan, sowie deren Gemische bezeichnet. Flüssiggase können unter Normalbedingungen auch außerhalb von Behältern sowohl – kurzzeitig – in flüssiger Form (Flüssigphase), als auch – nach dem Verdampfen – gasförmig (Gasphase) auftreten.

Die **Flüssigphase** ist leichter als Wasser und nahezu wasserunlöslich. Eine Wassergefährdung besteht nicht.

Die **Gasphase** ist schwerer als Luft.

Behälter mit Flüssiggasen werden in der Regel nach Gewicht gefüllt. Das Füllgewicht ist anhand von Faktoren (kg/l) so festgelegt, dass das Behältnis nie zu 100 % mit Flüssigphase befüllt werden kann. Im Behältnis befindet sich deshalb in Abhängigkeit von Innendruck und Temperatur ein Anteil Gasphase. Damit wird der Ausdehnung durch Erwärmung Rechnung getragen.

Bei einer Erwärmung dehnt sich die Flüssigphase ebenso aus wie andere Flüssigkeiten. Unabhängig hiervon steigt der von der Temperatur und der Gaszusammensetzung abhängige Dampfdruck entsprechend der Dampfdruckkurve, solange im Behälter noch Flüssigphase vorhanden ist.

Flüssiggas ist bezüglich seiner Brennbarkeit und seiner Explosionsfähigkeit mit anderen brennbaren Gasen vergleichbar; zu beachten ist jedoch, dass sich in den Behältern durch die Verflüssigung unter Druck große Gasmengen befinden, die im Vergleich zur leitungsgebundenen Versorgung, z. B. mit Erdgas, ein erhöhtes Gefahrenpotential darstellen.

Für überschlägige Berechnungen sind folgende Näherungswerte anwendbar:

1 kg Flüssiggas	≙	2 l Flüssigphase
2 l Flüssigphase	≙	500 l Gasphase
500 l Gasphase	≙	10 000 l zündfähiges Gas-Luft-Gemisch¹

¹ Nimmt man die obere und die untere Explosionsgrenze zugrunde, so erhält man aus 500 l Gasphase zwischen 5 000 l und 25 000 l (entspricht 5 - 25 m³) zündfähiges Gas-Luft-Gemisch. Die angegebenen 10 000 l können jedoch für überschlägige Schätzungen als ausreichend dienen

Technische Daten von Flüssiggasen (Näherungswerte)

	Dimension	Propan C ₃ H ₈	n-Butan C ₄ H ₁₀
Dichte gasphase 0 °C, N. N.	kg/m ³	2,0	2,7
Dichte flüssigphase (50 °C)	kg/m ³	500	525
Zündtemperatur mit Luft	°C	430-510	430-510
untere Zündgrenze in Luft	Vol.-%	2,1	1,5
obere Zündgrenze in Luft	Vol.-%	9,5	8,5
Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) (früher MAK-Wert)	ppm	1000	1000
Geruchsschwelle ¹	Vol.-%	0,5 - 2	0,5
relative Gasdichte (Luft = 1)		1,55	2,0
Siedebereich bei N. N.	°C	-48 bis -1	-12 bis -0,5
max. Verbrennungstemperatur in: Luft	°C	1992	1897
max. Zündgeschwindigkeit in: Luft	m/sec	0,42	0,39
Volumenvergrößerungs- faktor flüssig – gasförmig (0 °C)	1	264	223
Temperaturklasse (DIN VDE 0165)		T 1	T 2
Explosionsgruppe (DIN VDE 0165)		II A	II A

¹ Reines Propan oder Butan ist nahezu geruchlos; der Geruch entsteht durch Zusatz von Odorierungsmitteln

3. Lagerung und Verwendung

Flüssiggas wird in den unterschiedlichsten Gebinden und Behältern, vom Feuerzeug bis zu Kugelgasbehältern in Raffinerien, gelagert und verwendet. „Druckbehälter“ sind dabei Behälter oder Rohranordnungen, die keine Druckgasbehälter sind und in denen durch die Betriebsweise ein Betriebsüberdruck herrscht oder entstehen kann, der größer als 0,1 bar ist. Druckgasbehälter sind ortsbewegliche Behälter, die mit Druckgasen gefüllt sind und zur Entnahme an einen anderen Ort verbracht werden. Einwegbehälter kommen in besonders vielfältiger Gestalt vor; dennoch wird immer nur ein Teil der durch den gesetzlichen Rahmen an sich möglichen Gestaltungsvielfalt von Flüssiggasbehältern praktisch ausgenutzt. Grund hierfür können z. B. weitergehende Festlegungen von Behältergrößen in Normen sein; solche Behälter haben einen Inhalt von 7,4 Litern, 12,3 Litern, 27,3 Litern usw.

Allgemein gilt für Druckgasbehälter mit Flüssiggas der Druck als höchster Betriebsüberdruck, der dem Dampfdruck der Füllung bei 60 °C (Behälter mit Durchmesser > 1,5 m und Sonnenschutz) und 70 °C (Behälter mit Durchmesser ≤ 1,5 m) zugeordnet ist. Die Füllfaktoren sind in Abhängigkeit von dem für den Verwendungszweck gewählten und der Konstruktion des Behälters zugrundeliegenden Gasgemisches so festgelegt, dass bei 50 °C der Behälter mit höchstens 95 % seines Volumens mit Flüssiggas gefüllt ist.



Gaskartuschen und Gasfeuerzeug

3.1 Einwegbehälter

Einwegbehälter für Flüssiggas können in der Bauart der Gaskartusche, in der Bauart der Druckpackung oder als Einwegflaschen vorkommen. Sie müssen den ADR/ GGVE-Bestimmungen entsprechen. Die Einwegbehälter können äußerlich beliebig lackiert sein, sie sind jedoch mit einem Flammensymbol auf orangenem Hintergrund gekennzeichnet, das auf den brennbaren Inhalt hinweist. Übliche Behälter haben - unabhängig vom Material - eine Wandstärke von oft nur ca. 0,3 mm.

Die **Gaskartusche** (vgl. Bilder auf S. 8 und 9) besteht nur aus dem Behälter und der Füllung. Sie wird durch Anstechen mit einer Entnahmeeinrichtung geöffnet. Häufig vorkommende Größen von Gaskartuschen haben eine Füllmenge von ca. 0,05 kg, 0,1 kg oder 0,2 kg Butan oder Butangemisch. Das Behältervolumen ist bei Metallbehältern auf 1 l, bei Kunststoffbehältern auf 0,1 l begrenzt.

Die Füllung (volumetrisch oder gravimetrisch) erfolgt so, dass der Druck von 8 bar bei 50 °C Temperatur nicht überschritten wird. Der Prüfdruck beträgt 12 bar bei 50 °C. Der Berstdruck liegt knapp über dem 1,2fachen des Prüfdruckes.



Lötampe und Gaslicht für Betrieb mit Gaskartuschen

Im Brandfall ist zu beachten, dass die Gaskartuschen, wie auch die anderen Einwegbehälter, in der Regel keine Sicherheitseinrichtungen haben. Ein Ausstülpen der Böden deutet auf das drohende Bersten hin. Gaskartuschen und Gasfeuerzeuge sind in der Regel mit Butan gefüllt, das bereits bei 0 °C nicht mehr zündet (ausprobieren: Gasfeuerzeug in Schnee fallen lassen, aufheben und versuchen anzuzünden).

Die **Druckgaspackungen** (z. B. Spraydosen, Aerosolpackungen) umfassen den Flüssiggasbehälter mit einem Inhalt von höchstens 0,5 l bei Glas oder Kunststoffbehältern und höchstens 1,0 l bei Metallbehältern, die Flüssiggasfüllung und die Entnahmeeinrichtung. Der Betriebsdruck beträgt abhängig vom Verwendungszweck und der Temperatur ca. 8 bis 12 bar. Die Prüfdrücke, denen die Druckgaspackungen ohne Undichtigkeit oder bleibende Verformung standhalten müssen, liegen beim 1,5fachen des zulässigen Betriebsdruckes. Der Berstdruck liegt in der Regel knapp über 22 bar. Im Brandfall können insbesondere diejenigen Druckgaspackungen rasch versagen, die Kunststoffbehälter haben.

Einwegflaschen für Flüssiggas bestehen in der Regel aus dem Behälter und einer Armatur, die bauartbedingt eine Wiederbefüllung verhindern muss. Sie haben ein Höchstvolumen von 2 Litern. Der Prüfüberdruck liegt bei mind. 10 bar; die höchste Betriebstemperatur bei 50 °C. Abweichend von den anderen Einwegbehältern muss ein Berstdruck vom 1,5fachen des Prüfdruckes eingehalten werden.

Einwegflaschen dürfen Druckbegrenzungseinrichtungen (Sicherheitsventile oder Berstscheiben) haben; häufig wird darauf jedoch wegen des Aufwandes verzichtet. Wenn die Behälter eingestülpte Böden haben, ist im Brandfall das Ausstülpen der Böden ein Anzeichen für ein drohendes Bersten der Behälter.

3.2 Wiederbefüllbare ortsbewegliche Druckgasbehälter

Überwiegend für Koch- und Heizzwecke, jedoch auch in Campingfahrzeugen und im Handwerk wird Flüssiggas in wiederbefüllbaren Stahl- oder Aluminiumflaschen (Druckgasbehälter) verwendet.

Hierfür gibt es kleinere wiederbefüllbare Stahlflaschen, z. B. Campingflaschen mit ca. 0,4 kg, 1,8 kg, 2,8 kg, oder höchstens 3,0 kg Füllgewicht bei einem Flascheninhalt von dann ca. 6,4 l. Diese Flaschen sind meist blau, können aber auch eine andere Farbe haben; sie müssen jedoch in jedem Falle mit dem Gefahrzettel für entzündbare Gase nach ADR/GGVSE gekennzeichnet sein. In diesen Flaschen ist in der Regel nur ein Kugelrückschlagventil eingebaut. Sie tragen die Aufschrift „Verwendung nur im Freien zulässig“. Nach DVGW-Arbeitsblatt G 607 „Flüssiggasanlagen in Fahrzeugen“ dürfen diese Campingflaschen mit einem zusätzlich eingeschraubten Sicherheitsentnahmeventil auch innerhalb von Fahrzeugen aufgestellt werden.



Wiederbefüllbare Stahlflaschen mit 0,4 kg, 1,8 kg, 2,8 kg Füllgewicht

Die größeren Stahlflaschen, z. B. Druckgasflaschen nach DIN 4 661 T. 1, haben 5 kg, 11 kg oder 33 kg Gasinhalt. Sie können rot lackiert sein. Der zylindrische Flaschenkörper kann jedoch auch grau und nur die Flaschenschulter rot sein. Die Flasche muss mit einem Aufkleber (siehe Muster Seite 17) gekennzeichnet sein.

Die Druckgasflaschen nach DIN 4 661 T. 1 haben ein Absperrventil, in dem häufig ein Druckbegrenzungsventil (Sicherheitsventil) eingebaut ist. Dieses Druckbegrenzungsventil öffnet bei $35 + 5$ bar (Propan- oder Butanflaschen). Die Dicke der Behälterwandung beträgt mindestens 2 mm, in der Praxis jedoch häufig mehr. Der Prüfdruck der Behälter liegt bei mindestens 30 bar.

Die wiederbefüllbaren Stahlflaschen sind in der Regel mit Propangemisch gefüllt, um auch bei tiefen Temperaturen einen für den Verbrauch noch ausreichenden Dampfdruck zu gewährleisten.

Die Lagerung unterliegt anerkannten Sicherheitsstandards und Technischen Regeln Flüssiggas. Letztere werden hauptsächlich beim privaten Umgang herangezogen. Die Feuerwehren müssen jedoch bei ihren Einsätzen auch von einer evtl. vorschriftswidrigen Lagerung unter Erdgleiche, z. B. in Kellerräumen, ausgehen.



*Druckgasflaschen nach DIN EN 1442 mit 5 kg, 11 kg und 33 kg Füllgewicht.
Teils auch als Alu-Flaschen im Umlauf*

3.3 Ortsfeste Behälter bis 3 t Fassungsvermögen

Bei größerem Gasverbrauch und fehlender Anschlussmöglichkeit an öffentliche Gasversorgungsanlagen werden häufig ortsfeste Behälter verwendet. Behälter mit einem Fassungsvermögen von weniger als 3 t („Haushaltstanks“) dürfen ohne baurechtliche Genehmigung aufgestellt werden.

Öffentlich-rechtliche Bestimmungen, insbesondere die Druckbehälterverordnung, die Technischen Regeln Druckbehälter und die Technischen Regeln Flüssiggas sind jedoch zu beachten! Dies gilt insbesondere für die Einhaltung der Anforderungen bezüglich Brand- und Explosionsschutz, Schutz vor Brandlasten und Abstände zu Kanälen, Schächten, Öffnungen.

Oberirdische Behälter haben nach Norm einen Inhalt von 2 700 Litern, 4 850 Litern oder 6 400 Litern und müssen weiß (RAL 9010) oder hellgrün (RAL 6019) lackiert sein. Für die nach Norm festgelegte Ausführung (Materialstärken und Materialkennwerte) ist ein Betriebsüberdruck von 15,6 bar zugelassen.



Ortsfester Behälter bis 3 t Fassungsvermögen

Die unterirdisch oder mit mindestens 0,50 m Erddeckung über Erdgleiche eingebauten Behälter haben normgemäß auch ein Volumen von 2 700 Litern, 4 850 Litern oder 6 400 Litern und einen zulässigen Betriebsüberdruck von 15,6 bar.



Ortsfester Behälter bis 3 t Fassungsvermögen für unterirdischen oder erdgedeckten Einbau

Die ortsfesten Behälter können Flüssiggas sowohl als Brennstoff als auch als Treibstoff für Antriebe enthalten. Im Betriebsbereich der Mineralöltankstellen sind bisher oberirdisch nur Behälter bis 3 t (Kompaktanlagen) üblich. Ortsfeste Lagerbehälter haben ein Druckbegrenzungsventil (Sicherheitsventil).

3.4 Ortsfeste Behälter mit mehr als 3 t Fassungsvermögen

Behälter mit mehr als 3 t Fassungsvermögen befinden sich häufig in Industrieanlagen, auf großen Baustellen, in Regionallagern und auch in Raffinerien. Der Betriebsdruck der Behälter beträgt 15,6 bar bei Propan mit mindestens 0,5 m Erddeckung. Für diese Behälter werden im allgemeinen entsprechend ihrer Größe weitergehende Brandschutzmaßnahmen vorgesehen.

Neben der Betriebssicherheitsverordnung und den Technischen Regeln hierzu unterliegen Behälter und Anlagen ab 3 t Fassungsvermögen (ca. 6,4 m³ Behältervolumen) einem vereinfachten Genehmigungsverfahren nach der 4. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (4. BImSchV). Ab einem Fassungsvermögen von 30 t (ca. 60 m³ Behältervolumen) gilt ein förmliches Genehmigungsverfahren.

Bei Betriebsbereichen mit mehr als 50 t Flüssiggas wird neben der Anzeige ein Konzept zur Verhinderung von Störfällen verlangt, bei Betriebsbereichen mit mehr als 200 t Flüssiggas ist vom Betreiber zusätzlich ein Sicherheitsbericht sowie ein Alarm- und Gefahrenabwehrplan zu erstellen (vgl. 12. BImSchV). Der Deutsche Verband Flüssiggas e. V. stellt den Mitgliedsunternehmen eine Muster-Katastrophenschutzbeurteilung zur Verfügung, auf deren Grundlage die betroffenen Betreiber ihre anlagenspezifische Störfallanalyse erstellen können (siehe auch Nr. 5.2).

Große ortsfeste Behälter haben Druckbegrenzungseinrichtungen (Sicherheitsventile oder redundante Überfüllsicherungen und Druckwächter). Sicherheitsventile sind bei Propan in der Regel auf 15,6 bar und bei Butan auf 5,5 bar eingestellt.

Druckbehälter und Druckbehälteranlagen sind außerdem überwachungsbedürftige Anlagen im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und müssen einer Prüfung vor Inbetriebnahme und wiederkehrenden Prüfungen unterzogen werden.



*Erdgedeckter Lagerbehälter als
sog. Hünengrab ausgeführt*



*Kugelgasbehälter 3 000 m³
(heutzutage eine Seltenheit)*

4. Beförderung und Verkehr

4.1 Allgemeines zur Kennzeichnung und Gefahrgutinformation

- Kennzeichnung mit orangefarbenen Warntafeln
 - Beim Transport von Flüssiggas in Versandstücken, z. B. Gasflaschen, sind Fahrzeuge im Straßenverkehr bei mehr als 333 kg (Nettomasse) Flüssiggas mit **orangefarbenen Warntafeln ohne Kennzeichnungsnummern** zu versehen
 - Beim Transport von Flüssiggas in Tankfahrzeugen müssen vorne und hinten am Fahrzeug **orangefarbene Warntafeln mit Kennzeichnungsnummern angebracht** sein
 - Die Warntafel und Halterung müssen einer 15minütigen Brandeinwirkung standhalten
 - Je nach Flüssiggasart sind folgende Kennzeichnungsnummern möglich:

Gefahrnummer	Stoffnummer	Bezeichnung
23	1965	Kohlenwasserstoffgas, Gemisch, verflüssigt <ul style="list-style-type: none">– 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: Schwerpunktmäßig gehandelt wird Gemisch C Propan und Gemisch A, AO Butan. Technisch reine Produkte sind kaum auf dem Markt.

Beispiel für Gemisch C Propan:



Nummer zur Kennzeichnung der Gefahr (Gefahrnummer)

Nummer zur Kennzeichnung des Stoffes (Stoffnummer bzw. UN-Nummer)

- Kennzeichnung mit Gefahrzetteln nach Muster 2 ADR/GGVSE
 - Gefahrzettel sind am Tankfahrzeug und an den Versandstücken (Flüssiggasflaschen) anzubringen. Auch im Eisenbahnverkehr und in der Schifffahrt finden diese Gefahrzettel Anwendung
 - Flüssiggasflaschen sind mit einem Flaschenaufkleber gekennzeichnet, auf dem neben einem Gefahrzettel nach Muster 2 weitere schriftliche Gefahrenhinweise enthalten sind. Diese Kennzeichnung geht zwar über die Forderung der DIN EN 1089-3 hinaus, wird jedoch oft von den Betreibern verwendet und erfüllt die Anforderungen der Gefahrstoffverordnung



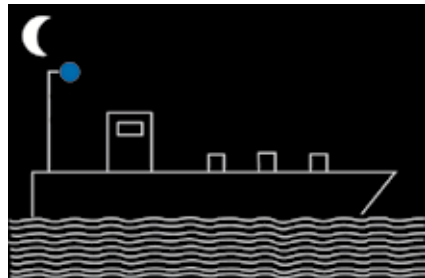
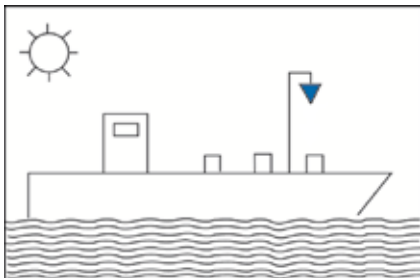
- Schriftliche Weisungen (Unfallmerkblätter)
 - Unfallmerkblätter geben dem Fachpersonal (Fahrer, Begleiter) Hinweise zum Verhalten bei Unfällen / Zwischenfällen (Muster siehe Anhang 1)
 - Im Straßenverkehr werden sie im Führerhaus mitgeführt
 - Im Schienenverkehr werden Unfallmerkblätter im Sammelordner auf dem Führerstand des Triebfahrzeuges (Lokomotive) mitgeführt
 - Im Rangierbetrieb befinden sich Unfallmerkblätter beim Fahrdienstleiter
 - Im Binnenschiffsverkehr werden Unfallmerkblätter im Steuerhaus mitgeführt
- Beförderungspapiere
 - Den Beförderungspapieren können weitere wichtige Hinweise, z. B. zu Herkunft und Bestimmungsort des Gefahrgutes sowie seine genaue Bezeichnung entnommen werden. Die Form des Frachtbriefes ist nicht festgelegt
- ERI-Cards
 - Das europaweit einheitliche Informationssystem für Gefahrgut-Transportunfälle „ERI-Cards“ gibt den Einsatzkräften der Feuerwehr die wesentlichsten Hinweise zu Gefahren, Schutzausrüstung und Maßnahmen an der Einsatzstelle. Ausgehend von der Stoffnummer (orangene Warntafel) oder dem Stoffnamen lässt sich eine Stoffgruppe (ERI-Card) identifizieren, in welcher die oben genannten Informationen enthalten sind. Eine ERI-Card kann jedoch kein Ersatz für spezielle Stoffinformationen sein. Die ERI-Cards

stehen zum Teil als Nachschlagewerk den Feuerwehren zur Verfügung und sie können im Internet unter www.ericards.net mit Hilfe einer Suchfunktion ermittelt werden

- Besondere Kennzeichnung der Eisenbahnkesselwagen für verflüssigte Gase
 - Im nationalen und internationalen Eisenbahnverkehr sind Tanks von Eisenbahnkesselwagen für bestimmte verflüssigte Gase durch einen 300 mm breiten orangefarbenen Streifen, der in Höhe der Behälterachse allseitig um den Tank herumführt, gekennzeichnet (siehe Bild Seite 20)
 - Eisenbahnkesselwagen werden außerdem mit einem roten Dreieck Rangierzettel Nr. 13 für vorsichtig zu rangierende Wagen sowie mit den auch für den Straßenverkehr vorgeschriebenen Kennzeichnungen (Warntafel und Gefahrzettel) ausgestattet



- Besondere Kennzeichnung in der Binnenschifffahrt
 - Nach den geltenden Schifffahrtsordnungen (ADNR / GGV BinSch) sind Schiffe ab bestimmten Mengen gefährlicher Stoffe mit einer festgelegten Anzahl von blauen¹ Kegeln/Lichtern zu kennzeichnen
 - Für Flüssiggas-Tankschiffe gilt folgende Kennzeichnung



¹ Auf der Donau auch rote Kegel/Lichter möglich

4.2 Beförderung auf der Straße

Für die Beförderung von Flüssiggas in Straßentankfahrzeugen (vgl. Titelbild) werden Behälter mit einem Volumen bis zu 40 m³ und einer Füllmenge bis zu 17 000 kg Propan oder 22 000 kg Butan verwendet. Die Behälter sind einschalig und haben üblicherweise - je nach Material und nach Größe - eine Wandstärke zwischen 6 mm und 19 mm.

Tankfahrzeuge mit einem Fassungsvermögen bis 11 000 kg werden vornehmlich von Flüssiggasversorgungsunternehmen oder deren Liefergesellschaften eingesetzt. Sattelaufieger mit einem Fassungsvermögen bis 22 000 kg werden nahezu ausschließlich für den Transport von Flüssiggas ab Raffinerie eingesetzt.

Die Behälter auf Fahrzeugen haben keine Druckbegrenzungsventile (Sicherheitsventile)! Der Auslegungsdruck der Behälter liegt beim 1,3fachen des zulässigen Behälterdruckes, d. h. bei etwa 20 bis 25 bar.

Die höchstzulässige Füllung der Behälter mit Flüssiggas ist festgelegt mit 0,47 kg für Gemisch A, AO Butan je Liter Rauminhalt und mit 0,42 kg für Gemisch C Propan je Liter Rauminhalt.

Diese nach GGVSE zulässige Füllung entspricht der für Behälter nach den Technischen Regeln Druckgase (TRG) zulässigen Füllung und gewährleistet, dass bei 50 °C höchstens 95 % (in der Regel 85 %) des Rauminhaltes mit Flüssigphase gefüllt sind.

Die Behälter haben innenliegende pneumatisch betätigte Boden-Schnellschlussventile, die von außen kaum beschädigt werden können. Durch ein im Führerhaus angebrachtes Schaltorgan können sie betätigt werden. Während des Füll- bzw. Entleervorganges können die Ventile mittels Reißleine geschlossen werden. Die Beförderung von mehr als 6 000 kg (Nettomasse) Flüssiggas ist erlaubnispflichtig. Ausnahmen sind gemäß GGVSE möglich.

Zwei Feuerlöscher für die Brandklasse ABC sind vorgeschrieben. Auch eine Abdeckplane für die Kanalisation ist in der Regel auf dem Tankfahrzeug vorhanden (für den Fahrer, vgl. Unfallmerkleblatt). Bei der Beförderung von Flüssiggasflaschen sind entsprechende Ladungssicherungsbestimmungen einzuhalten. Wird von Privatkunden bei der Verkaufsstelle eine Gasflasche für eigene Zwecke abgeholt, unterliegt der Transport nicht den ADR-Vorschriften. Es sind jedoch die allgemeinen Vorsichtsmaßnahmen, z. B. Rauchverbot, Belüftung des Laderaumes und Ladungssicherung (siehe auch Flaschenaufkleber) einzuhalten.

4.3 Beförderung mit der Eisenbahn

Für die Beförderung von Flüssiggas mit der Eisenbahn werden in der Regel vierachsige Wagen mit einem Behältervolumen von bis zu 120 m³ und einem Inhalt bis zu 55.000 kg Flüssiggas eingesetzt. In der Regel werden jedoch Eisenbahnkesselwagen mit einem Behältervolumen von ca. 60 m³ (ca. 26 000 kg) eingesetzt. Die Behälter sind einschalig aufgebaut; die Wandstärke beträgt bis zu 19 mm.



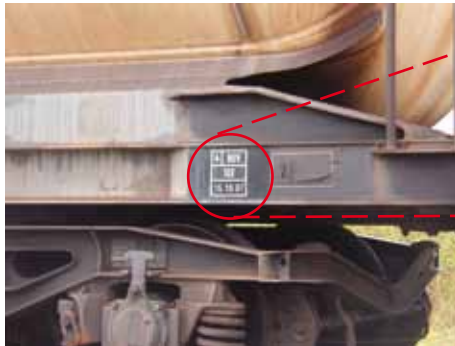
Eisenbahnkesselwagen mit orangenem Streifen in der Höhe der Behälterachse

Die Behälter haben keine Druckbegrenzungsventile (Sicherheitsventile)! Der Prüfdruck liegt zwischen 26 und 30 bar. Die Behälter haben innenliegende, hydraulisch betätigte Boden-Schnellschlussventile. Um die Ventile zu öffnen, muss ein Straffseil mittels Schienenhaken (mit Reißleine) vorgespannt werden. Erst dann ist eine Öffnung der Ventile mittels handbetätigter Hydraulikpumpe möglich.

Im Gefahrenfall können die Bodenventile durch Ziehen an der Reißleine des Schienenhakens mechanisch geschlossen werden. Zur Befüllung und Entleerung sind auf beiden Seiten des Wagens je ein Flanschanschluss DN 80 mit 8 Flanschschrauben für die Flüssigphase und ein Flanschanschluss DN 50 mit 4 Flanschschrauben für die Gasphase vorgesehen. Alternativ können Schnellkupplungen angeflanscht sein.

Der Wagen verfügt über einen besonderen Anschluss für eine Leitung zur elektrischen Erdung (Ableitung elektrostatischer Aufladung).

Die Eisenbahnkesselwagen für Flüssiggas unterliegen 4- und 8-jährigen gesetzlichen Prüfintervalen. Das Datum der letzten bzw. der daraus resultierenden nächsten Prüfung ist seitlich am Kesselwagen erkennbar.



15.10.07 ist das Datum der letzten 4-jährigen Revision (nächste Prüfung + 4 Jahre d. h. im Jahr 2011)

4.4 Sonstige Beförderung und Nutzung

Die Beförderung von Flüssiggas in Rohrleitungen über größere Entfernungen ist nicht üblich. Rohrleitungen, die Flüssiggas in der Flüssigphase oder in der Gasphase enthalten, gibt es jedoch in Raffinerien, in Lagern, Umschlageneinrichtungen und bei Verbrauchern.

Es gibt auch Wohnanlagen, Neubausiedlungen und Gewerbegebiete, die von einem zentralen Flüssiggasbehälter über ein Rohrleitungsnetz versorgt werden. Diese Rohrleitungsnetze sind so ausgelegt, dass sie ohne bauliche Änderungen auf andere Gasarten, z. B. Erdgas umgestellt werden können. In der Regel kann der Gasaustritt aus Leitungen durch Absperren von Ventilen beendet werden. Absperreinrichtungen für Flüssiggas dürfen nicht in Kellerräumen platziert sein. Auch die Hausdurchführung soll nicht unter der Erdgleiche (z. B. ins Untergeschoss) erfolgen. Befinden sich Anlagen für Flüssiggas in Räumen, deren Fußboden tiefer als ein Meter unter der Erdgleiche liegt, muss eine Lüftungsanlage mit Ventilator für den 1,5fachen Luftwechsel in der Stunde sorgen.

Bei Schiffen, die Flüssiggas in tiefkaltem Zustand transportieren, sind die Laderäume durch eine Doppelhülle von der Umgebung isoliert (Doppelhüllenschiffe). Bei Flüssiggasschiffen muss ein Sachkundiger an Bord sein. Sicherheitsmaßnahmen, die beim Be- und Entladen zu beachten sind, werden in einer Schiffsliste festgelegt.

4.5 Fahrzeuge mit Flüssiggasbehältern für Antrieb oder Heizung

Flüssiggas (Autogas) kann zum Antrieb von Kraftfahrzeugen mit Otto-Motoren verwendet werden. Im allgemeinen sind dies bivalente Fahrzeuge, die wahlweise mit Autogas (auch bezeichnet als LPG¹) oder Benzin angetrieben werden können.

¹ LPG = Liquefied Petroleum Gas

Solche Fahrzeuge sind sowohl mit einem Flüssiggasbehälter als auch mit einem Benzintank ausgerüstet. Als Autogas wird Propan oder Propan-Butan-Gemisch verwendet.

Bundesweit sind bereits ca. 110 000 Autogasbetriebene Fahrzeuge im Einsatz (Stand 2006), die an über 2100 öffentlich zugänglichen Autogas-Tankstellen tanken können.

4.5.1 Technische Merkmale von Flüssiggasfahrzeugen

- Flüssiggasarmaturen
 - Füllventil mit Doppelrückschlagventil
 - Entnahmeventil, elektromagnetisch betätigt (kann zusätzlich auch handabsperrbar sein)
 - Automatischer Füllstopp, der bei einem Füllstand von 80 % des Tankvolumens die Befüllung beendet
 - Füllstandsanzeiger mit einer Anzeige des Behälterinhaltes
 - Sicherheitsventile mit einem Ansprechdruck von ca. 30 bar
Automatische Ventile, die sowohl auf thermische Beanspruchung als auch auf Druckerhöhung öffnen
Die Abströmrichtung ist nicht festgelegt

Abweichend hiervon sind auch Kombiarmaturen möglich, bei denen mehrere Funktionen in einer Armatur vereinigt sind. An ausländischen Fahrzeugen sind andere Ausrüstungen möglich.

- Anordnung von Flüssiggas-Tankbehältern
 - *Personenkraftwagen*
Die Flüssiggas-Tankbehälter sind üblicherweise im Kofferraum - z. B. in der Reserveradmulde eines Fahrzeuges - eingebaut. Sie haben einen Rauminhalt zwischen 35 und 120 Liter. Die Befüllung der Flüssiggastanks erfolgt über einen Füllanschluss an der Außenseite des Fahrzeuges
 - *Busse des öffentlichen Personennahverkehrs*



Flüssiggastanks können im Unterboden oder auf dem Dach angeordnet sein. Füllmenge ca. 650 Liter, Füllgrad 80 %, das entspricht ca. 265 kg Flüssiggas
Pro Tank ein Sicherheitsventil

Flüssiggastanks für den Unterbodeneinbau in Bussen (im Vordergrund angeflanschte Sicherheitsventile)



Flüssiggastanks für den Dacheinbau in Bussen

- ***Gabelstapler und ähnliche Transportfahrzeuge***

In Industrie- und Lagerhallen werden häufig Gabelstapler und ähnliche Transportfahrzeuge mit Flüssiggasantrieb verwendet, von deren Gasbehältern im Brandfall Gefahren ausgehen können. Gabelstapler können im Gegensatz zu Autogasfahrzeugen nur mit einem handbetätigten Entnahmeventil (Euronormventil) ausgestattet sein. Das Euronormventil hat anstelle eines Sicherheitsventils eine „Sollbruchstelle“, die bei Leitungsbeschädigung automatisch schließt und das Gas nicht nachströmen



Gabelstapler mit Flüssiggasantrieb

- ***Campingfahrzeuge***

Bei Campingfahrzeugen (Wohnmobilen und Wohnanhängern) ist stets mit dem Vorhandensein von Flüssiggasbehältern für Heizung, Kühlung und Beleuchtung (vgl. Nr. 3.2) zu rechnen

4.5.2 Erkennen von Flüssiggasfahrzeugen

Weder Pkw für einen ausschließlichen, noch solche für einen wahlweisen Betrieb mit Flüssiggas sind besonders gekennzeichnet. Äußeres Erkennungsmerkmal beim Pkw ist im Regelfall ein zusätzlicher Füllanschluss im Bereich des Fahrzeughecks.

Fahrzeuge der Klassen M2 (Kleinbusse) und M3 (Omnibusse) werden nach der ECE-Regel 67 mit einer grünen Raute mit der Aufschrift LPG gekennzeichnet.

Die Kennzeichnung ist an der Fahrzeugfront und am Fahrzeugheck sowie an den Außenseiten der Türen vorgesehen.



Kennzeichnung nach der ECE-Regel 67

Flüssiggasomnibusse können äußerlich an den (verkleideten) Flüssiggasbehältern auf dem Fahrzeugdach erkennbar sein.



Omnibus mit Flüssiggasbehältern auf dem Dach

4.5.3 Hinweise zum Gefahrenpotential

- Von einem Fahrzeug mit Flüssiggasantrieb geht im Normalzustand keine größere Brand- und Explosionsgefahr aus als von einem nur mit Benzin oder Diesel betriebenen Fahrzeug
Aus der bestimmungsgemäß eingebauten Gasanlage des Fahrzeuges kann kein Gas entweichen
- Im Falle eines Unfalles wird bei einem Motorstillstand oder ausgeschalteter Zündung das elektromagnetische Entnahmevertil am Behälter automatisch geschlossen, so dass über die Gasleitungen kein Flüssiggas entweichen kann

Tritt dennoch Gas aus, kann sich im Fahrzeug, z. B. im Kofferraum oder in der Umgebung des Fahrzeuges, ein zündfähiges Gas-Luft-Gemisch bilden. Ausgetretenes Flüssiggas besitzt einen wahrnehmbaren Geruch (Odorierungsmittel) und kann aufgrund dessen erkannt werden. Im Zweifelsfall müssen die Unfallbeteiligten befragt und die Fahrzeugpapiere eingesehen werden. Gegebenenfalls muss mit Gasspürgeräten gemessen werden

Flüssiggas ist schwerer als Luft, es ist deshalb zu beachten, dass es sich in Bodensenken, Kellern und sonstigen Vertiefungen sammeln und dort explosionsfähige Gemische bilden kann

- Im Vergleich zu ortsfesten Behältern sind die Prüfdrücke der Behälter in Kraftfahrzeugen um das Doppelte höher und die zulässigen Füllmengen geringer



Sicherheitsventil spricht an, Flüssiggas entzündet sich und strömt in eine festgelegte Richtung ab

Bei evtl. Fahrzeugbränden steigt der Druck im Behälter zunächst durch die Erwärmung an. Bei Erreichen des Ansprechdruckes des Sicherheitsventils öffnet dieses schlagartig, wobei das austretende Gas gezündet wird und in einer Stichflamme abbrennt. Unter Umständen fällt durch die schlagartige Verdampfung des Flüssiggases und der damit verbundenen Abkühlung des Behälters der Behälterinnendruck unterhalb des Ansprechdruckes des Sicherheitsventiles, so dass das Sicherheitsventil wieder schließt. Das Sicherheitsventil öffnet sich erneut, wenn durch die Erwärmung der Behälterdruck wieder auf den Ansprechdruck des Sicherheitsventils angestiegen ist. Ein Bersten des Tanks im Brandfall wird bei den in Deutschland zugelassenen Fahrzeugen durch ein Sicherheitsventil mit einer ausreichenden Ausflussrate verhindert. Bei älteren ausländischen Fahrzeugen mit einem Tank ohne Sicherheitsventil kann im Brandfall, durch den Druckanstieg, der Tankbehälter versagen und seinen Gasinhalt schlagartig freisetzen

5. Vorbereitende Brandschutzmaßnahmen

Die hier aufgeführten vorbeugenden Brandschutzmaßnahmen beziehen sich auf ortsfeste Flüssiggasanlagen.

5.1 Sicherstellung der Alarmierung

Flüssiggasanlagen bedürfen je nach Größe sowie entsprechend der Bebauung und Nutzung ihrer Umgebung einer ausreichenden Überwachung, um Betriebsstörungen oder unbefugte Eingriffe Dritter rasch erkennen und Abhilfe schaffen zu können. Zur raschen und sicheren Erkennung von Undichtigkeiten in Flüssiggasanlagen dienen automatische Gaswarngeräte. Wichtig ist im Schadensfall die rasche Meldung an die zuständige Alarmierungsstelle (z. B. Integrierte Leitstelle – Feuerwehr 112) oder die für die Erstalarmierung zuständige Polizeidienststelle (Notruf 110) durch den Betreiber oder auch z. B. über eine Brandmeldeanlage. Zumindest in größeren Anlagen hat der Unternehmer hierzu einen Alarmplan aufzustellen und den Beschäftigten bekanntzugeben. Für größere Flüssiggasanlagen müssen für die Alarmierung der Feuerwehren objektbezogene Alarmkarteikarten angelegt werden (vgl. § 15 (2) AV BayFwG und Bek. des Bayer. Staatsministeriums des Innern vom 14.06.1993, Alarmierung im Brand- und Katastrophenschutz, AIIMBI Nr. 14/1993).

5.2 Einsatzpläne¹ und Störfallpläne

Brände und Unfälle an Flüssiggasanlagen könnten unter Umständen verhältnismäßig rasch ablaufen, weshalb eine sofortige Verfügbarkeit der für die Schadensbekämpfung wichtigen Informationen notwendig ist.

Schon bei Behältern, die der vereinfachten Genehmigungspflicht unterliegen (ab 6,4 m³ oder 3 000 kg Inhalt), aber vor allem bei größeren Anlagen sollten die Feuerwehren deshalb Wert darauf legen, dass für die Objekte Feuerwehrpläne erstellt werden, in denen die für eine Brandbekämpfung oder Unfallhilfe wichtigen Angaben enthalten sind. Die Feuerwehrpläne können im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens oder auf der Grundlage bestimmter Bauvorschriften vom Betreiber/Errichter der baulichen Anlage verlangt werden. Die Erstellung von Feuerwehrplänen ist weder die Aufgabe der Feuerwehr noch des Feuerwehr-Kommandanten oder anderer Feuerwehr-Führungskräfte. Soweit die Feuerwehrpläne in Einzelfällen nicht vom Betreiber zu erhalten sind, sollen jedoch die Feuerwehren selbst die Initiative ergreifen und Feuerwehrpläne (Einsatzpläne) mit Unterstützung des Betreibers erstellen. Aktuelle Feuerwehrpläne sind eine wesentliche Grundlage zur Sicherstellung der örtlichen Gefahrenabwehr.

In den Feuerwehrplänen ist auch die Zugänglichkeit der Flüssiggasanlage und ihrer Brandschutzeinrichtungen, sowie die Erreichbarkeit verantwortlicher und fachkundi-

¹ vgl. Merkblatt „Einsatzpläne“, Staatliche Feuerweherschule Würzburg

ger Personen (z. B. Gefahrgutbeauftragter) außerhalb der üblichen Betriebszeiten festzulegen.

Für Flüssiggasanlagen, die nicht jederzeit vom Betreiber überwacht werden, sollten die Feuerwehren zusammen mit dem Betreiber im Einsatzplan auch die wichtigsten Einsatzmaßnahmen, z. B. Notabschaltungen, Inbetriebnahme von Berieselungsanlagen usw., unmissverständlich festlegen.

Für Anlagen (Betriebsbereiche) zur Lagerung von Flüssiggas in einer Menge ab 200 Tonnen sind gemäß der Störfallverordnung Störfallanalysen zu erstellen, die eine Grundlage für die Katastrophenschutzplanung der zuständigen Katastrophenschutzbehörden sind. Für solche Anlagen stellt der Deutsche Verband Flüssiggas e. V. eine **Muster-Katastrophenschutzbetrachtung** zur Verfügung, auf deren Grundlage die betroffenen Betreiber ihre anlagenspezifische Störfallanalyse erstellen können. Diese Katastrophenschutzbetrachtung berücksichtigt verschiedene hypothetische Störfallszenarien, die sich in einem Betrieb ereignen können, und analysiert deren mögliche Folgen. Die Muster-Katastrophenschutzbetrachtung kann vom Internet www.dvfg.de unter Service herunter geladen werden.

5.3 Brandschutzmaßnahmen bei ortsfesten Behältern und Flüssiggasanlagen

Flüssiggasbehälter, die im Einwirkungsbereich von möglichen Schadensereignissen in anderen Anlagen oder Gebäuden liegen, oder von denen eine besondere Gefahr für die Umgebung ausgehen kann, sind im Einzelfall auf notwendige Brandschutzmaßnahmen besonders gründlich zu überprüfen.

Zu beachten ist bei Brandschutzmaßnahmen für Flüssiggasbehälter im wesentlichen die TRB 610; im Einzelfall können jedoch von den Bauaufsichtsbehörden noch weitere Brandschutzmaßnahmen für erforderlich gehalten werden, z. B. bei oder in der Nähe von Gebäuden besonderer Art oder Nutzung.

Die wesentlichen Forderungen der TRB 610 betreffen

- Die Aufstellung von Druckbehältern im Freien
- Die Verwendung von gefahrlos zu bedienenden Absperrarmaturen (Fernbetätigung, insbesondere bei Leitungen für die Flüssigphase)
- Die Verhinderung einer gefahrdrohenden Behältererwärmung durch Wärmedämmung, Hydranten mit Löschgerät (bis 50 m³ Behälterinhalt) oder eine Wasserberieselungseinrichtung. Wasserberieselungseinrichtungen können hierbei jedoch nicht die ordnungsgemäße und ausreichende Löschwasserversorgung für die Anlage ersetzen!
- Einhaltung der Schutzbereiche um oberirdische Behälter

Als zweckmäßigste Brandschutzmaßnahme wird (bisher allerdings nur für Behälter über 6 m³ Inhalt), der erdbedeckte Einbau mit einer Überdeckungshöhe von 0,5 m bis 1 m empfohlen, der die Flüssiggasbehälter weitgehend vor unzulässiger Erwärmung und vor mechanischer Beschädigung schützt (Empfehlung nach TRB 610).

Ersatzweise können Maßnahmen oder Kombinationen von Maßnahmen vorgesehen werden, die annähernd so wirksam sind, z. B. zusätzliche Sicherheitsabstände, Schutzmauern (Brandwände), Wasserberieselungseinrichtungen und Wärmedämmungen.

Zu beachten ist bei diesen Maßnahmen, dass austretendes Gas in der Regel nicht direkt am Austrittsort, sondern mehr oder weniger darüber verbrennt (Grund: thermischer Auftrieb der Luft durch die Verbrennung und Verhältnis der Austrittsgeschwindigkeit des Gases zur Abbrandgeschwindigkeit). Bauteile, die die Aufheizung eines Behälters durch eine hieraus resultierende Wärmestrahlung verhindern sollen, müssen somit zumindest feuerhemmend sein und so angebracht werden, dass sie auch eine Wärmestrahlung von oben vom Behälter abhalten.

6. Schadensursachen

6.1 Erwärmung der Behälter von außen

Wird ein Flüssiggasbehälter von außen erwärmt, steigt im Innern der Dampfdruck an. Zudem dehnt sich auch die Flüssigphase selbst aus.

Bei Temperaturen der Behälterwandung über 500 °C kommt es zu einer deutlichen Festigkeitsminderung des Stahls. Oberhalb von ca. 200 °C (diese Temperatur kann z. B. an dem Teil der Behälterwandung schnell erreicht werden, der im Innern des Behälters nicht von der Flüssigphase benetzt und damit gekühlt wird) kann es aber bereits zum Versagen hochwertiger Weichdichtungen in den Armaturen kommen. Armaturen, die im Brand noch dicht erscheinen, können nach Abkühlung undicht werden. Auch über dem Behälter, z. B. am Druckbegrenzungsventil, abbrennendes Gas kann den oberen, innen kaum gekühlten Behälterteil durch Wärmestrahlung stark aufheizen.

Das Druckbegrenzungsventil wird, soweit vorhanden, bei Erreichen des Auslegungsdrukkes des Behälters ansprechen und eine Druckentlastung bewirken. Ob diese ausreicht, einen weiteren Druckanstieg durch Erwärmung zu vermeiden, ist **nicht** vorherzusagen. Das Ansprechen des Druckbegrenzungsventils ist nur ein Zeichen dafür, dass der Betriebsdruck des Behälters den zulässigen Wert überschritten hat. Das Druckbegrenzungsventil kann durch die Entspannung des Gases beim Austritt vereisen; es schließt wieder, wenn der Innendruck im Behälter sinkt.

Aus dem Druckbegrenzungsventil frei in die Atmosphäre austretendes Gas wird durch die hohe Ausströmgeschwindigkeit meist rasch mit Luft vermischt. Der Gefährdungsbereich beschränkt sich dann in der Regel auf einige Meter um die Austrittsstelle.

Bei der höchstzulässigen Füllmenge eines Behälters mit Flüssigphase entsprechend dem zulässigen Füllfaktor wird ab ca. 60 °C bei Propan und bei ca. 70 °C bei Butan die Gasphase durch die sich ausdehnende Flüssigphase völlig verdrängt.

Der Behälter steht dann unter dem Druck der Flüssigphase, die wie andere Flüssigkeiten wenig kompressibel ist. Ohne Beachtung der Druckentlastung durch Druckbegrenzungsventile und der Frage, wie eine weitere Erwärmung des Behälters möglich sei, genügt dann bereits eine geringere weitere Erwärmung um ca. 5-10 °C, um den Behälter zum Versagen zu bringen.

Versagt der Behälter durch zu hohen Innendruck und/oder durch eine Festigkeitsverminderung der Behälterwandung, ist damit zu rechnen, dass Teile des Behälters weggeschleudert werden und die Flüssigphase schlagartig verdampft. Das dann über dem Behälter entstehende Gas-Luft-Gemisch wird mit großer Wahrscheinlichkeit zünden, mit einer Druckwelle abbrennen und dabei auch eine erhebliche Wärmestrahlung freisetzen. Solche Schadensereignisse werden auch als BLEVE¹ bezeichnet.

Bei Versuchen der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) hat ein zu ca. 50 % gefüllter 5 m³-Behälter, der unterfeuert wurde, nach ca. 11 Minuten versagt. Trotz Ansprechen des Druckbegrenzungsventils – dieses ist allerdings nicht für den Brandfall mit Unterfeuerung ausgelegt – stieg der Druck im Behälter auf 24 bar, die Temperatur der Flüssigphase auf 71 °C, die der Gasphase auf 138 °C und die Temperatur der Behälterwandung im Scheitelbereich auf ca. 400 °C. Etwas unterhalb des Scheitels lag die höchste gemessene Wandtemperatur sogar bei ca. 560 °C.

6.2 Fehlbefüllung und Überfüllung

Flüssiggas-Behälter sind auf den Dampfdruck der Gasphase der entsprechenden Flüssiggase ausgelegt. Durch eine Befüllung der Behälter mit Gas oder Gasgemischen, für die sie nicht ausgelegt sind, durch Anwendung falscher Füllfaktoren oder durch Nichtbeachtung der zulässigen Füllfaktoren können Behälter auch bei Temperaturen unter 60 °C versagen, wenn die sich ausdehnende Flüssigphase die Gasphase verdrängt hat und sie dann unter dem Druck der Flüssigphase stehen. Überfüllsicherungssysteme sollen das Überfüllen von Behältern verhindern.

Sind Druckbegrenzungsventile vorhanden und sind sie nicht vereist (z. B. durch Austritt von Flüssigphase), können sie einen weiteren Druckanstieg verhindern. Weder die Fehlbefüllung noch die Überfüllung sind von außen erkennbar.

6.3 Undichtigkeit oder mechanische Beschädigung

Je nach Lage einer Beschädigung und je nach Füllstand mit Flüssigphase wird aus undichten Behältern oder Anlagen entweder die Gasphase oder die Flüssigphase austreten; letztere verdampft an der Luft – je nach Umgebungsbedingungen und Gasart – mehr oder weniger schnell.

¹ BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion

a) *Austritt der Gasphase*

Aus kleineren Leckagen oder Beschädigungen frei in die Atmosphäre austretende Gasphase wird durch die hohe Ausströmgeschwindigkeit meist rasch mit Luft durchmischt und verdünnt. Der Gefährdungsbereich beschränkt sich dabei in der Regel auf einige Meter um die Austrittsstelle. Kleine Leckagen können lange unentdeckt bleiben; bei ungünstigen Verhältnissen kann sich das Gas auch in weiter entfernten liegenden Vertiefungen ansammeln.

Größere Gefährdungsbereiche müssen angenommen werden, wenn der Gasaustritt aus größeren Leckstellen erfolgt oder wenn wegen der örtlichen und wetterbedingten Verhältnisse keine rasche und ausreichende Verdünnung mit Luft möglich oder eine Ansammlung ausgetretenen Gases zu befürchten ist. Wegen der größeren Dichte der Gasphase im Vergleich zu Luft und wegen der Abkühlung aufgrund der Entspannung des Gases beim Freiwerden kann sich in Bodennähe ein Flüssiggas-Luft-Gemisch bilden, das in Bodenvertiefungen, Keller, Kanäle usw. eindringt. Dadurch kann es auch zur Entzündung des Gases durch weit von der Austrittsstelle entfernte Zündquellen kommen. Besonders gefährlich ist, wenn sich die Gasphase in geschlossenen Räumen sammeln kann.

b) *Austritt der Flüssigphase*

Tritt Flüssigphase aus, so verdampft sie im Freien abhängig von den Umgebungsbedingungen. Die Wärmeenergie zum Verdampfen des Flüssiggases wird dabei der Umgebung entzogen, die sich hierbei bei Propan auf - 42 °C abkühlen kann. Körperkontakt mit der Flüssigphase führt immer zu Erfrierungen, weshalb mit entsprechender Schutzkleidung vorzugehen ist. Die in der Umgebungsluft vorhandene Feuchtigkeit bildet durch die Abkühlung Nebelschwaden; der Gefahrenbereich ist in der Regel kleiner als der Nebelbereich; er kann aber bei Windstille auch größer sein.

Lösch- und Kühlwasser gefriert an den Austrittsstellen der Flüssigphase. Bei unterirdischem Gasaustritt gefriert das Erdreich. Durch Kälte und Eisbildung können Armaturen oft nicht mehr betätigt werden.

Beim Austreten von Flüssigphase ist die entstehende Gasmenge in der Regel so groß, dass mit rascher Verdünnung mit Luft **nicht** mehr gerechnet werden kann. Das Gas wird sich dabei als Flüssiggas-Luft-Gemisch über das Gelände ausbreiten.

Das Abdichten undichter Behälter oder Anlagen ist u. U. nur dann möglich, wenn das Leck klein ist, weil sich unabhängig vom Füllstand des Behälters mit Flüssigphase nach dem Schließen des Lecks **sofort** wieder ein Innendruck aufbaut, der dem Dampfdruck bei der jeweiligen Temperatur des Behälterinhaltes entspricht.

c) *Brand- und Explosionsgefahr*

Gaswolken im Freien können, wenn eine Vermischung mit Luft bis in den zündfähigen Bereich erfolgt, zu einer Verpuffung mit den dafür typischen Erscheinungen (Hitzeentwicklung und Druckwelle) führen. Die Verbrennungszone läuft hierbei in der Regel zur Gasaustrittsstelle zurück und führt auch dort zur Zündung und damit zum Abbrennen des Gases an der Austrittsstelle.

Durch die Hitzeentwicklung und die Luftverwirbelung bei Verpuffungen kann sich ein zündfähiger Bereich schlagartig erweitern, insbesondere dann, wenn der Gasanteil der Luft bereichsweise über der oberen Zündgrenze des Flüssiggases liegt.

Schwere Zerstörungen sind bei der Zündung von Gas-Luft-Gemischen in Innenräumen (Kellern, Abwasserkanälen oder vergleichbaren Stellen) zu erwarten.

Unmittelbar an der Austrittsstelle gezündetes Flüssiggas brennt mit starker Wärmeentwicklung ab, wobei eine Brandausweitung durch Brandübertragung oder Wärmestrahlung droht. Die Wärmestrahlung kann auch die mechanische Festigkeit der Flüssiggasanlage selbst beeinträchtigen. Die Gefahr eines Druckbehälterzerknalls ist bei einem unbeschädigten Behälter größer als bei einem bestehenden Leck. Brennt das aus einem Leck austretende Flüssiggas, so kann sich das Leck mit dem Druckanstieg vergrößern und dadurch zu einer „selbstgesteuerten“ Druckentlastung führen. Bei der Brandeinwirkung auf einen unbeschädigten Behälter kann es dagegen zu den in Nr. 6.1 beschriebenen Vorgängen bis zum Behälterzerknall (BLEVE) kommen.

6.4 Schäden an sonstigen Betriebsanlagen

Auch an sonstigen Betriebsanlagen von Flüssiggasanlagen, wie Ventilen, Verteilungsleitungen, Wärmetauschern und ähnlichen Einrichtungen, sind Schäden möglich. Leitungen, die Flüssigphase transportieren, können in größeren Lagern noch erhebliche Gasmengen enthalten.

In Leitungen, die nur die Gasphase enthalten, befinden sich meist nur geringe Gasmengen.

In der Regel können Brände und Unfälle an Betriebsanlagen im Benehmen mit dem Betreiber dadurch bekämpft werden, dass der Gaszufluss, insbesondere aus Behältern, durch Schließen der entsprechenden Ventile beendet wird.

7. Maßnahmen an der Schadenstelle

7.1 Allgemeines Verhalten

- Mit dem Wind anfahren
- Auf Windrichtungsänderungen achten
- Fahrzeuge nicht unmittelbar an der Brand- oder Unfallstelle aufstellen, Geländevertiefungen meiden (vgl. Nr. 9)
- Explosionsgefährdeten Bereich (vgl. Nr. 9) unter Beachtung der vermutlichen Ausbreitungsrichtung des Gases absperren und sichern; Verhaltensanweisungen an gefährdete Personen geben; Menschen und Tiere aus dem gefährdeten Bereich bringen; innerhalb des gefährdeten Bereiches sollten sich nur die Einsatzkräfte aufhalten, die dort unbedingt benötigt werden

- Spezialkräfte (z. B. Feuerwehr mit RW, GW-G) nachalarmieren
- Rückmeldungen an die Leitstelle ggf. mit Hinweis auf die Alarmierung des Flüssiggas-Sicherheitsdienstes (vgl. Nr. 12)
- Weitere Stellen, wie Polizei, Gefahrgutbeauftragten des Betreibers, Elektrizitätsversorgungsunternehmen usw., verständigen
- Behältervolumen, Füllstand und Inhalt erkunden; Gefahrgutkennzeichnungen identifizieren; Unfallmerkblätter auswerten (vgl. Nr. 4.1 bzw. Anhang 1); Art und Umfang des Unfalles oder der Betriebsstörung erkunden
- Dokumentation des Einsatzes anlegen: Zeit der Erwärmung eines Behälters von außen, Gasausströmung, Messergebnisse von Gasspürtrupps, Öffnen und Schließen von Druckbegrenzungsventilen, Kühlmaßnahmen an Behältern usw. als Grundlage für spätere Einsatzentscheidungen notieren
- Löschwasserversorgung aufbauen

7.2 Maßnahmen bei Gasaustritt ohne Brandeinwirkung

- Explosionsgefährdeten Bereich mit Gasmessgerät (Explosionsgrenzenwarngerät, Gasspürgerät) abgrenzen und laufend kontrollieren; hierbei auch in angrenzenden Gebäuden, in Geländevertiefungen, Kellern und in Kanälen messen (ggf. Atemschutzgeräte verwenden) (vgl. Nr. 8)
- Zündgefahr und Auswirkungen einer evtl. Verpuffung bedenken und beachten!
 - Elektrostatische Aufladung von Personen und Gerät vermeiden (Fahrzeuge und Behälter erden, Feuerwehr-Sicherheitsstiefel mit leitfähiger Sohle tragen usw.)
 - Handfunkgeräte **nicht** verwenden, wenn diese nicht explosionsgeschützt sind
- Zündquellen innerhalb des Absperrbereiches beseitigen
 - Nicht Rauchen
 - Elektrische Zündquellen durch Spannungsfreischnitten **außerhalb** des explosionsgefährdeten Bereiches wirkungslos machen (Vermeidung der Zündung durch selbsttätig schaltende elektrische Anlagen)
- Zündungen durch mechanische Schlagfunken sowie durch elektrische Aufladung infolge von Strömungsvorgängen (auch des austretenden Gases!) vermeiden
- Trupps mit Atemschutz und Wärmeschutzkleidung (Form 2 oder 3) bereitstellen; ggf. auch Sicherungstrupps mit tragbaren Feuerlöschern oder P 250
- Gaswolken aus besonders gefährdetem Bereich mit Sprühstrahl abdrängen
- Einströmen von Gas in Keller, Kanäle oder sonstige tieferliegende Bereiche verhindern

- Ausgetretene Flüssigphase je nach Menge und Lage an der Schadenstelle mit Leicht- oder Mittelschaum abdecken (zur Verringerung der Verdampfung) oder bei geringen Mengen mit Sprühstrahl gezielt zur Verdampfung und Verflüchtigung bringen
- Erfrierungsgefahr beachten (austretendes Gas entzieht der Umgebung große Wärmemengen)
- Ventile und Absperrvorrichtungen im Benehmen mit dem Betreiber schließen
- Leckstellen eingehend unter Atemschutz und Wärmeschutzkleidung erkunden und falls möglich abdichten (vgl. Nr. 6.3)
- Bei Schadenstellen innerhalb von Gebäuden
 - Haus räumen
 - Fenster und Türen öffnen
 - Gasflaschen ins Freie bringen
 - Absperrvorrichtungen schließen
 - Elektrische Einrichtungen nicht betätigen, sofern möglich, Gebäude freischalten
 - Offenes Feuer vermeiden
 - Innenräume mit explosionsgeschützten Lüftungsgeräten **entlüften** (Grund: Vermeidung der weiteren Ausbreitung zündfähiger Gas-Luft-Gemische)
 - Bei der Verwendung von Überdrucklüftern darauf achten, dass keine Gefahrausbreitung stattfindet
- Ggf. Wärmebildkamera einsetzen
- In Räumen, Bodenvertiefungen und in ungünstigen Fällen auch im Freien umluftunabhängige Atemschutzgeräte verwenden

7.3 Maßnahmen bei brennend austretendem Flüssiggas

Wenn nach einem Brandausbruch keine unmittelbare Verpuffungsgefahr mehr besteht

- Berieselungsanlagen der Behälter oder Anlagen, soweit vorhanden, in Betrieb nehmen
- Löschwasserversorgung aufbauen, ggf. erweitern
- Umgebung aus **gesicherter** Stellung kühlen und abschirmen, brennbare Bauteile und Gegenstände möglichst entfernen, Brandausbreitung durch Wärmestrahlung möglichst verhindern
- Behälter und Anlagen aus **gesicherter** Stellung kühlen und ausbrennen lassen; Einsatzkräfte möglichst weit zurückziehen
- Bauteile (z. B. Sonnendächer), die eine Brandeinwirkung auf den Behälter oder die Anlage vergrößern (z. B. auch durch Flammenablenkung), entfernen

- Weiteren Zustrom von Gas – sofern möglich – abstellen
- Gasflamme nur dann löschen, wenn das Leck abgedichtet und weiterer Gasaustritt verhindert werden kann, oder wenn das austretende Gas bei den gegebenen (Windstärke-)Verhältnissen ziemlich sicher bis unter die Zündgrenze verdünnt wird

Vorsicht: Verlöscht die Flamme oder wird sie bei Kühlmaßnahmen gelöscht, so ist mit einem verpuffungsartigen Wiederentzünden des Gases zu rechnen! Ein Wiederentzünden der Flamme durch die Feuerwehr ist nur anzuraten, wenn dies rasch möglich ist, wegen der in der Umgebung nicht zu beseitigenden Zündquellen eine Zündung ohnehin nicht zu vermeiden sein wird und keine Gefahr der Brandausweitung durch das abbrennende Gas besteht.
- Mit **größtem** Einsatz kühlen
 - Volle Behälter
 - Unterfeuerte Behälter
 - Die oberen Bereiche von Behältern, die innen nicht mit Flüssigphase benetzt sind, zur Erhaltung der Materialfestigkeit
 - Von Flammen direkt berührte Bereiche von Behältern und Anlagen
- Brennende Eisenbahnkesselwagen aus dem Zugverband lösen
- Verhalten des Behälters beobachten (Druckbegrenzungsventil, Blasenbildung)
- Mit Behälterversagen ist zu rechnen, wenn trotz Kühlmaßnahmen das Druckbegrenzungsventil öffnet
- Weitere betroffene Stellen benachrichtigen (lassen), wenn deren Anlagen bedroht werden können; bei einem Brand im Bereich von Hochspannungs-Freileitungen ist mit dem Bruch der Leiterseile und beim Herabfallen mit einem Spannungstrichter zu rechnen!
- Nach dem Ausbrennen bzw. Abbrechen des weiteren Gaszustromes, Kontrollmessungen im Gefahrenbereich vornehmen (vgl. Nr. 8)

7.4 Maßnahmen bei Bränden in der Nähe von Flüssiggasanlagen

- Gefahrenbereich räumen, absperren und sichern; Zu- und Abgangsleitungen zu der gefährdeten Flüssiggasanlage im Benehmen mit dem Betreiber schließen
- Bekämpfen des Brandes, der die Flüssiggasanlage bedroht, ist Einsatzschwerpunkt! Eine direkte Beflammung eines Behälters von unten ist mit allen Mitteln zu vermeiden!
- Behälter oder Anlagen aus größerer Entfernung von geschützten Standorten aus kühlen, ggf. Rückzug nach dem Einrichten stationärer oder in Stellung gebrachter beweglicher Wasserwerfer
- Behälter und Anlagen bei ausreichender und gesicherter Zugänglichkeit zum Verringern der Erwärmung mit Schwerschäum abdecken

- Behälter und Anlagen sorgfältig beobachten: Aus der Verfärbung von Farbanstrichen und dem Öffnen des Druckbegrenzungsventils können u. U. Rückschlüsse auf die Gefahr eines Behälterversagens gezogen werden
- Nach Löschen des Brandes und nach Abkühlen des Behälters überprüfen, ob in der Nähe des Behälters ein zündfähiges Gas-Luft-Gemisch vorhanden ist

8. Messen von zündfähigen Gas-Luft-Gemischen

Bei der Messung zündfähiger Gas-Luft-Gemische sind folgende Hinweise zu beachten

- Messtrupps innerhalb des Gefahrenbereiches nur mit umluftunabhängigen Atemschutzgeräten einsetzen
- Alle Zündquellen vermeiden, nur explosionsgeschützte und zugelassene Messgeräte, nicht funkenreißendes Werkzeug z. B. beim Rüstwagen RW, Gerätewagen-Gefahrgut GW-G o. ä.) usw. verwenden
- Bedienungsanleitung der Messgeräte beachten, insbesondere bezüglich der Anzeige (Anzeige „100 %“ kann z. B. das Erreichen der unteren Zündgrenze des **Prüfgases** bedeuten, dann ist ggf. noch eine Umrechnung notwendig)
- Funktionsprüfung der Messgeräte **vor** dem Einsatz vornehmen; anschließend Betriebsbereitschaft herstellen
- Messprogramm festlegen; hierbei Windrichtung, Höhenunterschiede und vermutlich ausgetretene Gasmenge beachten
- An geeigneten Stellen messen, an denen aufgrund der örtlichen Bedingungen die höchsten Gaskonzentrationen zu erwarten sind
- Messergebnisse mit Abschätzungen des sich aus der vermutlichen Austrittsmenge ergebenden Gas-Luft-Gemisches vergleichen
- Dokumentation anlegen und dabei die Messergebnisse sauber und übersichtlich, ggf. auch in Form eines Lageplanes notieren; hierbei Messgerätetyp, Uhrzeit, Windrichtung und -stärke, Messhöhe über dem Boden und besondere Beobachtungen, z. B. Nebelschwaden o. ä., beachten und festhalten
- Gasmessung erfolgt immer punktuell und zeitbezogen. Bei negativen oder geringen Messergebnissen ist es deshalb nicht ausgeschlossen, dass an anderer Stelle zum anderen (oder demselben) Zeitpunkt gefährliche Gaskonzentrationen auftreten können. Völlige Sicherheit wird erst dann erreicht, wenn die Gasaustrittsstelle abgedichtet oder die Gaszufuhr gesperrt und die Restmengen verflüchtigt sind

9. Sicherheitsabstände

Der **Sicherheitsabstand** der Einsatzkräfte richtet sich nach dem Ausdehnungsbereich eines möglichen Feuerballs bei der Zündung eines Gas-Luft-Gemisches. Zum Instellungbringen von Löschgeräten kann dieser Abstand unterschritten werden. Die Einsatzkräfte sollen dabei Wärmeschutzkleidung tragen. Wenn Druckbegrenzungsventile öffnen oder sich die Lackierung der Behälter verfärbt, sind die Abstände auf die des primären Gefahrenbereiches zu vergrößern.

Als **primärer Gefahrenbereich** wird ein kreisförmiges Gebiet um die Schadenstelle bestimmt, das unverzüglich von Unbeteiligten zu räumen ist. Dieser Bereich darf nicht zu groß werden, um in kürzester Zeit geräumt werden zu können. Die Radien wurden für verschiedene Behältertypen einheitlich festgelegt. Die Abstände ergeben sich aus der Abschätzung nach dem Ausdehnungsbereich einer Druckwelle bei $p = 0,2$ bar und dem Ausbreitungsradius eines Gas-Luft-Gemisches bei Windgeschwindigkeiten von $u = 2$ m/s bis 4 m/s. Eine Auf- oder Abrundung auf gerade, leicht abschätzbare Entfernungen wurde außerdem vorgenommen.

Als **sekundärer Gefahrenbereich** wird eine kreisförmige Fläche um die Schadenstelle gelegt, deren Räumung von Unbeteiligten nach der Räumung des primären Gefahrenbereiches notwendig ist. Außerhalb dieses Bereiches besteht nur dann eine Gefahr, wenn zündfähiges Gas-Luft-Gemisch durch den Wind oder durch topographische Verhältnisse vertragen wird.

Flüssiggasunfälle und -brände: Sicherheitsabstände und Gefahrenbereiche

Behälterart	Volumen [m³]	größte Lager- masse [kg]	Sicherheits- abstand für Einsatzkräfte unter Wärme- schutz- kleidung [m]	Gefahrenbereich	
				primär [m]	sekundär [m]
Druckgas- flaschen	≤ 0,08	33	15	50	100
Druckgas- betriebene Kraftfahrzeuge	0,1	40	15	50	100
Private Versor- gungsanlage, Kompaktanlage	2,7	1.200	50*	150	400
	4,9	2.100			
LKW Einzelfahrzeuge bis 5 t Ladegewicht	6	2.500	75*	150	400
	11	5.000			
LKW LKW mit Anhänger Sattelzüge	20	9.000	100*	200	750
	36	16.000			
Eisenbahn- kesselwagen	62	26.000	150*	250	1.000
	110	46.000			
Speicheranlagen und Binnenschiffe	≤ 250	100.000	200*	300	1.500
	≤ 1.000	430.000	300*	500	2.000
	> 1.000	> 430.000	500*	800	2.500
* Zum Instellungbringen von Löschgerät ggf. zu unterschreiten					

Quellen: Informationsschrift „Gefahren und Gefahrenabwehr bei Lagerung und Transport von Flüssiggas“ des Innenministers Nordrhein-Westfalen, „Ereignisorientierter Einsatzplan für Flüssiggasunfälle und Brände“ v. H.-E. Dolle, Brandschutz 10/87

10. Kühlen von Flüssiggasbehältern

Die benötigte Kühlwassermenge zum Kühlen von Flüssiggasbehältern, die von außen beflammt werden, ist abhängig von

- der Größe der Behälter,
- der Temperatur des Behälters (die Kühlwirkung ist abhängig vom Temperaturunterschied zwischen Behälterwandung und Kühlwasser),
- der Brandintensität,
- der den Behälter tatsächlich benetzenden Kühlwassermenge (Verdampfen von Kühlwasser schon in der Luft, Abprallverluste).

Bei einer einwandfrei gestalteten ortsfesten Berieselungsanlage ist eine Kühlwassermenge von ca. 1,6 l je Quadratmeter Behälteroberfläche und Minute notwendig (vgl. TRB 610).

Für den Feuerwehreinsatz ergibt sich bei Beachtung der vielen Unwägbarkeiten ein Anhaltswert von mindestens 15 l/min. Hieraus ist folgender Kühlwasserbedarf¹ abzuschätzen:

Behältertyp	Kühlwasser l/min
Druckgasflaschen	15
Druckgasbetriebene Kraftfahrzeuge	15
Private Versor- gungsanlage	180
LKW Einzelfahrzeuge	450
LKW LKW mit Anhänger Sattelzüge	1200
Eisenbahn- Kesselwagen	2500

¹ Die Empfehlungen entsprechen weitgehend dem Entwurf einer Richtlinie „Gefahren und Gefahrenabwehr bei Lagerung und Transport von Flüssiggas“ des Innenministers Nordrhein-Westfalen

11. Maßnahmen an Flüssiggasbehältern¹

Nachfolgend ist eine Reihe von Möglichkeiten aufgeführt, im Schadenfall Behälter abzudichten oder die Bildung zündfähiger Gas-Luft-Gemische zu vermeiden. Welche Maßnahme im einzelnen zweckmäßig ist, ergibt sich aus der Lage an der Schadenstelle und aus einer Abwägung, ob die für die Umgebung und die Einsatzkräfte bestehende oder entstehende Gefahr geringer oder größer wird. In jedem Fall ist jedoch für ausreichende Schutzkleidung der Einsatzkräfte (Wärmeschutzkleidung) zu sorgen und – soweit möglich – ein Einvernehmen mit dem Betreiber (Gefahrgutbeauftragter) und anderen sachverständigen Stellen herzustellen.

¹ Die Empfehlungen entsprechen im wesentlichen einer Vereinbarung zwischen dem Mineralölwirtschaftsverband und der Deutschen Bundesbahn; sie beschränken sich aber auf Maßnahmen, für die kein Ersatztankraum benötigt wird

Maßnahmen an Flüssiggasbehältern

Schaden	Maßnahme	Vorgehen	Besondere Ausrüstungen
<ul style="list-style-type: none"> • Feine Risse 	<ul style="list-style-type: none"> • Risse dicht verstemmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Risse mit nicht funkenziehendem Werkzeug verstemmen • Bei Verwendung von Stahlwerkzeug Arbeit unter Wasserberieselung vornehmen 	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht funkenziehendes Werkzeug (Kupfer-Beryllium-Bronze)
<ul style="list-style-type: none"> • Schmale Risse 	<ul style="list-style-type: none"> • Risse dicht ausfüllen 	<ul style="list-style-type: none"> • Risse durch Einstemmen von Bleiwolle oder Bleiasbestwolle abdichten oder Holzkeile eintreiben 	<ul style="list-style-type: none"> • Nicht funkenziehendes Werkzeug (Kupfer-Beryllium-Bronze) • Bleiwolle oder Bleiasbestwolle
<ul style="list-style-type: none"> • Für Lecks in der Gasphase 	<ul style="list-style-type: none"> • Gas-Verwirbelung durch Wasserstrahl (falls vorhanden: Dampfstrahl) mit Injektorwirkung 	<ul style="list-style-type: none"> • Austretendes Gas mit Wasserstrahlen durch Injektorwirkung bis auf ein nicht mehr zündfähiges Gas-Luft-Gemisch verdünnen • Wasserstrahl nicht direkt auf das Leck richten • Bei austretender Flüssigphase muss der Gasstrahl vollständig vom Wasserstrahl erfasst werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserversorgung ggf. Dampfversorgung • Strahlrohre bzw. Spezialdüsen
<ul style="list-style-type: none"> • Kleinere Lecks in der Flüssigphase 	<ul style="list-style-type: none"> • Leck vorübergehend abdichten (Eiswickel) 	<ul style="list-style-type: none"> • Trockene Lappen um das Leck wickeln und mit Wasser besprühen • Bei Auftauen erneut besprühen 	

Schaden	Maßnahme	Vorgehen	Besondere Ausrüstungen
<ul style="list-style-type: none"> Für Leckagen im unteren Tankbereich, bezogen auf seine Lage am Unfallort Bei intakter Füll- und Entleerungsrichtung 	<ul style="list-style-type: none"> Flutung eines Lecks mit Druckwasser 	<ul style="list-style-type: none"> In den Tank wird über einen Flüssig- oder Gasphasen-Anschluss Wasser gedrückt, bis die Grenzfläche Wasser / Flüssiggas über das Leck ansteigt und somit nur noch Wasser aus dem Leck austritt. Die austretende Wassermenge muss laufend ergänzt werden. Besonders beachten: Druckhaltung während des Pumpvorganges auf einen Wert geringfügig oberhalb des tatsächlichen Flüssiggas-Dampfdruckes Enge Abstimmung mit dem Betreiber (Gefahrgutbeauftragten) 	<ul style="list-style-type: none"> Im Druck einstellbare Wasserversorgung (Manometer) Wasserschläuche mit Übergang auf Anschlussflansch nach DN 80 für Flüssigphase bzw. DN 50 für Gasphase Rückschlagsicherung <p>Achtung: Wasser ist wärmer als Flüssigphase, deshalb ggf. Druckanstieg</p>
<ul style="list-style-type: none"> Kleine Lecks mit geringer Verformung des Behälters oder Rohres 	<ul style="list-style-type: none"> Abdichten durch Aufpressen von Dichtungen 	<ul style="list-style-type: none"> Dichtungsmittel auflegen und anpressen 	<ul style="list-style-type: none"> Luftheber; Seile, Spannbänder, Dichtungsmittel wie Gummimatten
<ul style="list-style-type: none"> Lecks bei schweren flüchtigen Gasen, z. B. Butan Vorwiegend bei niedrigen Außentemperaturen 	<ul style="list-style-type: none"> Beschleunigtes Verdampfen der austretenden Flüssigkeit 	<ul style="list-style-type: none"> Austretende Flüssigkeit mit Wassersprühstrahl bzw. Dampfsstrahl zum Verdampfen bringen (Wärmezufuhr) 	<ul style="list-style-type: none"> Wasserversorgung, Strahlrohre
<ul style="list-style-type: none"> Für kleinere Lecks Bei besonderen örtlichen Verhältnissen 	<ul style="list-style-type: none"> Kontrolliertes Ableiten von Leckmengen 	<ul style="list-style-type: none"> Schelle oder angepasstes Formteil mit eingeleiteter Dichtung über das Leck stülpen und anpressen Gasabzug über Entspannungsventil und Schlauch 	<ul style="list-style-type: none"> Schelle oder Formteil mit Entspannungsventil Dichtungsmaterial Ggf. Spannbänder und Spannrichtung Schlauch mit Übergang auf das Entspannungsventil

12. Beratung im Schadenfall

Bei Schadenfällen sind nach Möglichkeit Gefahrgutbeauftragte des Errichters oder Betreibers der betroffenen Flüssiggasanlage hinzuzuziehen (vgl. Nr. 5.2).

Darüber hinaus unterhält der Deutsche Verband für Flüssiggas e. V. (DVFG) einen Flüssiggas-Sicherheitsdienst.

Dieser führt

- Fernberatungen über Telefon, Zentrale Telefon-Leitstelle Frankfurt (0 69) 7 59 09-1 53,
 - Beratungen durch Sachverständige vor Ort und ggf.
 - aktive technische Hilfe vor Ort
- durch.

Bei der aktiven technischen Hilfe vor Ort kommen Flüssiggas-Tankwagen mit Pumpe und Kompressor, Montagefahrzeuge und Spezialwerkzeuge zum Einsatz.

13. Öffentlich-rechtliche Vorschriften und technische Regeln

Folgende Auswahl aus Vorschriften und technischen Regeln (in der jeweils gültigen Fassung) enthält Anforderungen und Hinweise zur Errichtung und zum Betrieb von Flüssiggasanlagen und Flüssiggasbehältern:

13.1 Gesetze und Verordnungen

- Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG
- Verordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen, 4. BImSchV
- Störfall-Verordnung, 12. BImSchV
- Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Störfallverordnung, 2. Störfall-VwV
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Bereitstellung von Arbeitsmitteln und deren Benutzung bei der Arbeit, über Sicherheit beim Betrieb überwachungsbedürftiger Anlagen und über die Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes (Betriebssicherheitsverordnung - BetrSichV)
- Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf Straße und mit Eisenbahnen (Gefahrgutverordnung Straße und Eisenbahn - GGVSE)
- Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR)
- Ordnung für die Internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID)

13.2 Technische Regeln Druckbehälter (TRB)

Bekanntmachung des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung

- TRB 001 Allgemeines: Aufbau und Anwendung der TRB
- TRB 002 Allgemeines: Erläuterungen zu Begriffen der Druckbehälter-Verordnung
- TRB 401 Ausrüstung der Druckbehälter; Kennzeichnung
- TRB 402 Ausrüstung für Druckbehälter - Öffnungen und Verschlüsse
- TRB 403 Ausrüstung der Druckbehälter; Einrichtungen zum Erkennen und Begrenzen von Druck und Temperatur
- TRB 404 Ausrüstung der Druckbehälter; Ausrüstungsteile
- TRB 600 Aufstellung der Druckbehälter
- TRB 610 Druckbehälter; Aufstellung von Druckbehältern zum Lagern von Gasen (gilt in Verbindung mit TRB 600)
- TRB 700 Betrieb von Druckbehältern
- TRB 801 Besondere Druckbehälter nach Anhang II zu § 12 Druckbehälterverordnung, Nr. 25 Anl. Flüssiggaslagerbehälteranlagen
- TRB 851 Einrichtungen zum Abfüllen von Druckgasen aus Druckgasbehältern in Druckbehälter; Errichten
- TRB 852 Einrichtungen zum Abfüllen von Druckgasen aus Druckgasbehältern in Druckbehälter; Betreiben

13.3 Technische Regeln Druckgase (TRG)

Bekanntmachung des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung

- TRG 001 Allgemeines: Aufbau und Anwendung der TRG
Anlage 1, Druckgas-Bestimmungen (Übersicht)
- TRG 100 Druckgase; Allgemeine Bestimmungen für Druckgase
Anlage 1, Verzeichnis der Druckgase
- TRG 101 Druckgase; Gase
Anlage 3, Liste 3: Gase mit $t_k < 70 \text{ °C}$;
Gruppen: 3.1 bis 3.3
- TRG 102 Druckgase; Gasgemische
Anlage 1, Gasgemische - Technische Gasgemische
Anlage 2, Gasgemische; Gasgemische-Diagramm
- TRG 104 Druckgase; Wahlweise Verwendung von Druckgasbehältern
- TRG 250 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Ausrüstung
- TRG 252 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Ausrüstung, Verschlüsse, Besichtigungs-, Befahr- und Reinigungsöffnungen

- TRG 254 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Ausrüstung; Sicherheitsventile und Berstscheiben-Einrichtungen
- TRG 256 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Ausrüstung, Sonstige Ausrüstung
- TRG 280 Allgemeine Anforderungen an Druckgasbehälter; Betreiben von Druckgasbehältern
- TRG 300 Besondere Anforderungen an Druckgasbehälter; Druckgaspakungen
- TRG 301 Druckgaskartusche, Halterungen und Entnahmeeinrichtungen
- TRG 380 Besondere Anforderungen an Druckgasbehälter; Treibgastanks
- TRG 400 Füllanlagen; Allgemeine Bestimmungen für Füllanlagen
- TRG 401 Füllanlagen; Errichten von Füllanlagen
- TRG 402 Füllanlagen; Betreiben von Füllanlagen
- TRG 404 Füllanlagen; Anlagen zum Füllen von Treibgastanks; Treibgastankstellen
- TRG 602 Campingflaschen
- Beschlüsse des Druckgasausschusses (DGA),
Bekanntmachung des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung
Umfüllen von Propan/Butan auf öffentlichen Straßen und Plätzen

13.4 Normen des Deutschen Instituts für Normung e. V.

- DIN EN 1439 Ortsveränderliche wiederbefüllbare Flaschen aus geschweißtem Stahl für Flüssiggas (LPG) - Kontrollverfahren vor, während und nach dem Füllen
- DIN EN 1440 Ortsveränderliche wiederbefüllbare, geschweißte Flaschen aus Stahl für Flüssiggas (LPG) - Wiederkehrende Prüfung
- DIN EN 1442 Ortsbewegliche wiederbefüllbare, geschweißte Flaschen aus Stahl für Flüssiggas (LPG) - Gestaltung und Konstruktion
- DIN EN 12 252 Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile - Ausrüstung von Straßentankwagen für Flüssiggas (LPG)
- DIN EN 12817 Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile – Instandhaltung und wiederkehrende Prüfung von Behältern für Flüssiggas (LPG) mit einem Fassungsraum bis einschließlich 13 m³ - Oberirdische Aufstellung
- DIN EN 14767 Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile – Ortsbewegliche, wiederbefüllbare Flaschen aus Verbundwerkstoffen für Flüssiggas (LPG) – Wiederkehrende Prüfung

- DIN EN 14794 Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile – Ortsbewegliche, widerbefüllbare Flaschen aus Aluminium für Flüssiggas (LPG) – Kontrollverfahren vor, während und nach dem Füllen
- DIN EN 14795 Flüssiggas-Geräte und Ausrüstungsteile – Ortsbewegliche, widerbefüllbare Flaschen aus Aluminium für Flüssiggas (LPG) – Wiederkehrende Prüfung
- DIN 477 Teil 1 Gasflaschenventile für Prüfdrucke bis max. 300 bar; Bauformen, Baumaße, Anschlüsse, Gewinde
Teil 4 Gasflaschenventile, Rückschlagventile für Campingflaschen
- DIN 1340 Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase; Arten, Bestandteile, Verwendung
- DIN 1871 Gasförmige Brennstoffe und sonstige Gase; Dichte und andere volumetrische Größen
- DIN 4661 Blatt 1 Druckgasflaschen; Geschweißte Stahlflaschen, Flaschen, Prüfdruck 30 bar
Blatt 2 Druckgasflaschen, Geschweißte Stahlflaschen, zugelassene Gase
Blatt 6 Druckgasflaschen; Geschweißte Stahlflaschen, Ventilschutz
Teil 7 Druckgasflaschen; Geschweißte Stahlflaschen, Kennzeichnung, Schilder, Schildrahmen, Plombenniet
- DIN 4680 Teil 1 Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Flüssiggas für oberirdische Aufstellung; Maße, Ausrüstung
Teil 2 Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Flüssiggas für halboberirdische Aufstellung; Maße, Ausrüstung
- DIN 4681 Teil 1 Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Flüssiggas für erdgedeckte Aufstellung; Maße, Ausrüstung
Teil 2 Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Flüssiggas mit Außenmantel für erdgedeckte Aufstellung; Maße, Ausrüstung
Teil 3 Ortsfeste Druckbehälter aus Stahl für Flüssiggas für erdgedeckte Aufstellung; Außenbeschichtungen mit Korrosionsschutz mit besonderer Wirksamkeit gegen chemische und mechanische Angriffe
- DIN 51 622 Flüssiggase; Propan, Propen, Butan, Buten und deren Gemische, Anforderungen

13.5 Sonstige Regelungen

- DVGW G 600 Technische Regeln für Gasinstallationen
- DVGW G 607 Flüssiggasanlagen in Fahrzeugen
- TRF 1996 Technische Regeln Flüssiggas
- Unfallverhütungsvorschriften der gewerblichen Berufsgenossenschaft
 - BGV A 1 Grundsätze der Prävention
 - BGV D 34 Verwendung von Flüssiggas
 - BGR 500 Betreiben von Arbeitsmitteln
mit ihren einzelnen Durchführungsanweisungen
- VdS 2055 Flüssiggasanlagen mit einer Kapazität von weniger als 3 Tonnen;
Merkblatt für den Brandschutz
- Richtlinie über Gefahren und Gefahrenabwehr bei Lagerung und Transport von
Flüssiggas des Hessischen Innenministeriums, Florian Hessen 4/98
- Ermittlung und Analyse der Risiken von exzeptionellen Störfällen (Muster-
Katastrophenschutzbetrachtung), Deutscher Verband Flüssiggas e. V.
- Verhalten bei Mängelfeststellung an Flüssiggasanlagen durch den Straßen-
tankwagen - Fahrer (DVFG - Muster - Betriebsanweisung), Deutscher Verband
Flüssiggas e. V.
- Merkblatt Was Sie über Flüssiggas wissen müssen - sicherer Umgang mit Flüs-
siggas auf Märkten, Bayerisches Staatsministerium für Gesundheit, Ernährung
und Verbraucherschutz
- Merkheft Sicherheit in der Flüssiggas-Versorgung durch Straßen-Tankwagen-
Fahrer, Deutscher Verband Flüssiggas e. V.
- Merkheft Sicherheit in der Flüssiggas-Versorgung durch Flaschen-Lastkraftwa-
gen-Fahrer, Deutscher Verband Flüssiggas e. V.

Anhang 1 – Muster eines Unfallmerkblasses

UNFALLMERKBLATT FÜR DEN STRASSENTSPORT					
LADUNG:	<p>Entzündbare Gasgemische</p> <p>(Propan/Butan-Gemische)</p>				
	<table border="1" style="float: right;"> <tr> <td>Klasse 2</td> <td>23</td> </tr> <tr> <td>Klasse 2 F</td> <td>1965</td> </tr> </table>	Klasse 2	23	Klasse 2 F	1965
Klasse 2	23				
Klasse 2 F	1965				
EIGENSCHAFTEN DES LADEGUTES:	<ul style="list-style-type: none"> ● Farbloses, unter Druck verflüssigtes Gas mit in der Regel wahrnehmbarem Geruch ● Bildet beim Ausströmen in feuchte Luft Nebel ● Nicht wassergefährdend 				
GEFAHREN:	<table border="1" style="float: right;"> <tr> <td>Klasse 5 F</td> <td>1950</td> </tr> <tr> <td></td> <td>2037</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> ● Hochentzündlich ● Auslaufende Flüssigkeit ist sehr kalt und verdampft rasch ● Flüssigkeit verursacht Erfrierungen und schwere Augenschäden ● Gas ist unsichtbar, schwerer als Luft und breitet sich am Boden aus ● Bildet mit Luft explosionsfähige Gemische, auch in ungereinigten, leeren Behältern ● Erhitzen führt zu Drucksteigerung – erhöhte Berst- und Explosionsgefahr ● Gas führt in hoher Konzentration zur Bewusstlosigkeit 	Klasse 5 F	1950		2037
Klasse 5 F	1950				
	2037				
PERSÖNLICHE SCHUTZAUSRÜSTUNG:	<ul style="list-style-type: none"> ● Warnweste ● Schutzbrille oder Gesichtsschutz ● Schutzhandschuhe (kälteisolierend) und Sicherheitsschuhe ● Handlampe (keine metallische Oberfläche) 				
SOFORTMASSNAHMEN DURCH DEN FAHRZEUGFÜHRER					
	<ul style="list-style-type: none"> ● Motor abstellen ● Keine offenen Flammen, Rauchverbot ● Warnzeichen auf der Straße aufstellen und andere Verkehrsteilnehmer und Passanten warnen ● Öffentlichkeit über die Gefahren informieren und darauf hinweisen, sich auf der dem Wind zugewandten Seite aufzuhalten ● Polizei und Feuerwehr schnellstmöglich verständigen 				
LECK	<table border="1" style="float: right;"> <tr> <td>Polizei</td> <td>110</td> </tr> <tr> <td>Feuerwehr</td> <td>112</td> </tr> </table>	Polizei	110	Feuerwehr	112
Polizei	110				
Feuerwehr	112				
AUSRÜSTUNG BEI TANKBEFÖRDERUNGEN KANALISATIONSABDECKUNG	<ul style="list-style-type: none"> ● Batterie-Trennschalter – soweit vorhanden – betätigen ● Wenn möglich, Undichtigkeiten beseitigen ● Alle Zündquellen entfernen oder unwirksam machen (z. B. Blinklichter, Motor ausschalten) ● Eindringen von Gas in Kanalisation, Gruben, Keller wenn möglich verhindern – Explosionsgefahr <ul style="list-style-type: none"> – Gefäße mit Leckagen ins freie Gelände bringen – Bei Tankbeförderungen Kanalisation abdecken ● Alle warnen – Explosionsgefahr 				
Selbstschutz beachten					
FEUER	<ul style="list-style-type: none"> ● Nur Entstehungsbrände löschen ● Keine Ladungsbrände löschen: Brandbekämpfung durch die Feuerwehr 				
ERSTE HILFE	<ul style="list-style-type: none"> ● Vereiste Kleidungsstücke mit kaltem Wasser auftauen und entfernen ● Ärztliche Hilfe anfordern bei Bewusstlosigkeit, Augenverletzungen oder Verbrennungserscheinungen (Erfrierungen) 				
Zusätzliche Hinweise:					
Gilt auch für ungereinigte, leere Gefäße und Tanks					
<table border="1"> <tr> <td>Zum Schutz der Öffentlichkeit: 2 selbststehende Warnzeichen</td> </tr> </table>		Zum Schutz der Öffentlichkeit: 2 selbststehende Warnzeichen			
Zum Schutz der Öffentlichkeit: 2 selbststehende Warnzeichen					
TELEFONISCHE RÜCKFRAGE:					
Musterchemie, 64271 Musterstadt, Germany, Tel. (0 61 51) 12 34 50					
Gilt nur während des Straßentransports					

Anhang 2

Kennzeichnungsübersicht

Kennzeichnung an Transportfahrzeugen mit Flüssiggasflaschen



Orangefarbene Warntafeln ohne Kennzeichnungsnummern hinten und vorne am Fahrzeug (bei mehr als 333 kg Nettomasse Flüssiggas)

Kennzeichnung an Tankfahrzeugen für Flüssiggas



Orangefarbene Warntafeln mit Kennzeichnungsnummern hinten und vorne am Fahrzeug (hier Beispiel für Propan C Gemisch)

Kennzeichnung von Versandstücken (Flüssiggasflaschen)



Gefahrzettel nach Muster 2 GGVSE



Flaschenaufkleber mit Gefahrzettel und weiteren Hinweisen (diese Kennzeichnungsform geht zwar über die Forderung der DIN EN 1089-3 hinaus, wird jedoch oft von den Betreibern verwendet)



Beispiel für die rote Farbkennzeichnung von Flüssiggasflaschen (Hinweis auf brennbaren Inhalt)

Kennzeichnung in Gebäuden und an stationären Anlagen



Feuer, offenes Licht und Rauchen verboten



Zutritt für Unbefugte verboten

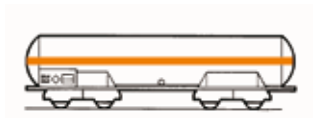


Hochentzündlich



Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre

Besondere Kennzeichnung von Eisenbahnkesselwagen für verflüssigte Gase

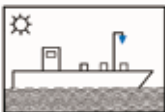


Kennzeichnung durch einen 300 mm breiten orangefarbenen Streifen, der in Höhe der Behälterachse allseitig um den Tank herumgeht



Rangierzettel Nr. 13 für vorsichtig zu rangierende Wagen

Besondere Kennzeichnung in der Binnenschifffahrt



Bei Tag: 1 blauer Kegel (auf der Donau auch rote Kegel möglich) mit der Spitze nach unten



Bei Nacht: 1 blaues (auf der Donau auch rotes), gewöhnliches Licht auf dem Hinterschiff

Notizen

Merkblatt: Flüssiggas

Herausgeber: Staatliche Feuerweherschule Würzburg, Weißenburgstraße 60, 97082 Würzburg

Mitwirkung: Bayer. Staatsministerium des Innern, Bayer. Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie, Frauen und Gesundheit, Deutscher Verband Flüssiggas e. V., Fa. Tyczka Totalgaz GmbH & Co, Fa. Waggonbau Brunnighaus GmbH, Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung

Bilder: Staatliche Feuerweherschule Würzburg, TEGA GmbH, Tyczka GmbH & Co, Waggonbau Brunnighaus GmbH, Fa. Greencar, Wiener Linien

www.sfw-w.de: Stand 08/2007

Nachdruck nur mit Genehmigung des Herausgebers.