

INFORMATION

Tiefgekühlt verflüssigte Gase



Ziel dieser Information ist es, Entscheidungshilfen für die Einsatzdurchführung zu geben.
Die Information hat aber keinen Normcharakter, der Einsatzleiter kann daher
entsprechend seiner Lagefeststellung und Lagebeurteilung bei der Bekämpfung der
Gefahr auch eine andere Vorgangsweise wählen.

Diese Information wurde mit Unterstützung der



erstellt.

Erarbeitung durch:

Sachgebiet 4.6 „Schadstoffe“

Copyright: Österreichischer Bundesfeuerwehrverband
Siebenbrunnengasse 21/3
A - 1050 WIEN
Telefon: 01 / 545 82 30
FAX: 01 / 545 82 30 – 13
Internet: www.bundesfeuerwehrverband.at
Mail: office@bundesfeuerwehrverband.at

Inhaltsverzeichnis

1.	Allgemeines.....	4
1.1.	Beschreibung	4
1.2.	Vorkommen und Verwendung	4
1.3.	Physikalische, chemische und toxikologische Daten	5
2.	Vorschriften	7
2.1.	Transportvorschriften nach ADR / RID	7
2.2.	Kennzeichnungsverordnung BGBl. II Nr. 101/1997 idgF	11
2.3.	Farbkennzeichnung von Gasflaschen	11
3.	Lagerung und Transport.....	13
3.1.	Lagerung	13
3.2.	Transport	15
4.	Gefahren	17
4.1.	Allgemeine Gefahren	17
4.2.	Brand- und Explosionsgefahr	18
4.3.	Gefahren für den Menschen	19
5.	Maßnahmen	20
5.1.	Allgemeine Maßnahmen	20
5.2.	Maßnahmen bei Umgebungsbrand	20
6.	Erste Hilfe / Dekontamination	21
6.1.	Rettung aus dem Gefahrenbereich	21
6.2.	Weitere Maßnahmen der Ersten Hilfe	21
7.	Dokumentation des Einsatzes	21
8.	Informationen	22
9.	Quellenverzeichnis	22
10.	ANHANG A.....	23

1. ALLGEMEINES

1.1. BESCHREIBUNG

Ein Gas oder eine Flüssigkeit befindet sich in tiefgekühltem (oder kryogenem) Zustand, wenn deren Temperatur deutlich unter der Umgebungstemperatur (also z. B. unter -50°C) liegt. In dieser Info werden folgende Gase behandelt:

- Sauerstoff
- Stickstoff
- Argon
- Wasserstoff
- Helium
- LNG Liquefied Natural Gas (Erdgas)
- Kohlendioxid
- Distickstoffoxid (Lachgas)

Die chemischen Eigenschaften der Gase sind im tiefgekühlt flüssigen Zustand grundsätzlich die gleichen wie bei Umgebungstemperatur.

Aus der zusätzlichen Eigenschaft „tiefgekühlt“ resultieren Besonderheiten, die beim Umgang beachtet werden müssen, z. B.:

- Berührung: Direkter Kontakt mit tiefgekühlten Flüssigkeiten kann starke Erfrierungen (Kaltverbrennungen) verursachen. Insbesondere Augen können geschädigt werden.
- Versprödung: Werkstoffe (z. B. die meisten Kunststoffe, Baustahl) verspröden sehr stark bei tiefen Temperaturen.

Tiefgekühlt flüssige Luft (UN 1003) und andere tiefgekühlt verflüssigte Gase gemäß Anhang A sind sehr selten anzutreffen und werden in dieser Info nicht behandelt. Hinsichtlich der Gefahren und Vorgangsweisen wird auf die Gase in dieser Info, die ähnliche Eigenschaften aufweisen, verwiesen.

1.2. VORKOMMEN UND VERWENDUNG

Tiefkalt verflüssigte Gase werden in der gesamten Industrie, im medizinischen Bereich sowie im Lebensmittelbereich eingesetzt. Im Folgenden einige Beispiele:

- Sauerstoffversorgung Krankenhaus
- Stickstoff für Inertisierung
- Argon für Schweißgasversorgung
- Wasserstoff in der Metallverarbeitung
- Helium in der Medizintechnik
- Liquefied Natural Gas als alternativer Antriebsstoff
- Kohlendioxid im Lebensmittelbereich
- Distickstoffoxid (Lachgas) in der Medizin und im Lebensmittelbereich

1.3. PHYSIKALISCHE, CHEMISCHE UND TOXIKOLOGISCHE DATEN

Bezeichnung, Synonyme	Summenformel	CAS-Nummer	Aggregatzustand	Farbe	Geruch	Dichte der Flüssigkeit bei 1013 mbar	Dichte des Gases bei 15°C, 1013 mbar
Sauerstoff, LOX	O ₂	7782-44-7	tiefgekühlt, flüssig	bläulich	geruchlos	1,142 kg/l	1,34 kg/m ³
Stickstoff, LIN	N ₂	7727-37-9	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	0,808 kg/l	1,17 kg/m ³
Argon, LAR	Ar	7440-37-1	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	1,40 kg/l	1,67 kg/m ³
Wasserstoff, LH2	H ₂	1333-74-0	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	0,071 kg/l	0,084 kg/m ³
Helium, LHE	He	7440-59-7	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	0,125 kg/l	0,167 kg/m ³
LNG Liquefied Natural Gas (Erdgas)	CH ₄ (Hauptanteil)	74-82-8	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos, ggf. odoriert	0,42 kg/l	0,72 kg/m ³
Kohlendioxid, LIC	CO ₂	124-38-9	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	1,18 kg/l	1,82 kg/m ³
Distickstoffoxid (Lachgas, Stickoxydul), LNO	N ₂ O	010024-97-2	tiefgekühlt, flüssig	farblos	süßlich	1,28 kg/l	1,85 kg/m ³

Bezeichnung, Synonyme	Gefahrnummer	UN-Nummer	Siedetemperatur (°C)	Schmelzpunkt (°C)	Dampfdichte- verhältnis zu Luft (Luft = 1)	Löslichkeit in Wasser (mg/l)	Ex-Bereich (Vol. %)	Zündtemperatur / Temperaturklasse
Sauerstoff, LOX	225 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, oxidierend)	1073 (Sauerstoff, tiefgekühlt, flüssig)	-183	-219	1,09	39	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Stickstoff, LIN	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	1977 (Stickstoff, tiefgekühlt, flüssig)	-196	-210	0,95	20	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Argon, LAR	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	1951 (Argon, tiefgekühlt, flüssig)	-186	-189	1,36	61	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Wasserstoff, LH2	223 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, entzündbar)	1966 (Wasserstoff, tiefgekühlt, flüssig)	-253	-259	0,07	1,6	4,0 – 77%	560°C T1
Helium, LHE	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	1963 (Helium, tiefgekühlt, flüssig)	-269	-271	0,136	1,5	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
LNG Liquefied Natural Gas (Erdgas)	223 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, entzündbar)	1972 (Erdgas, tiefgekühlt, flüssig, mit hohem Methangehalt - LNG)	-161	-182	0,55	0,05	4,4 – 17%	595°C T 1
Kohlendioxid, LIC	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	2187 (Kohlendioxid, tiefgekühlt, flüssig)	-79	-57	1,51	2000	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Distickstoffoxid (Lachgas, Stickoxydul), LNO	225 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, oxidierend)	2201 (Distickstoffmonoxid, tiefgekühlt, flüssig)	-89	-91	1,5	2,2	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend

2. VORSCHRIFTEN

2.1. TRANSPORTVORSCHRIFTEN NACH ADR / RID

2.1.1. Kennzeichnungen von Transportfahrzeuge für Versandbehälter

Orange Warntafel (ohne Gefahrunummer und ohne Stoffnummer).

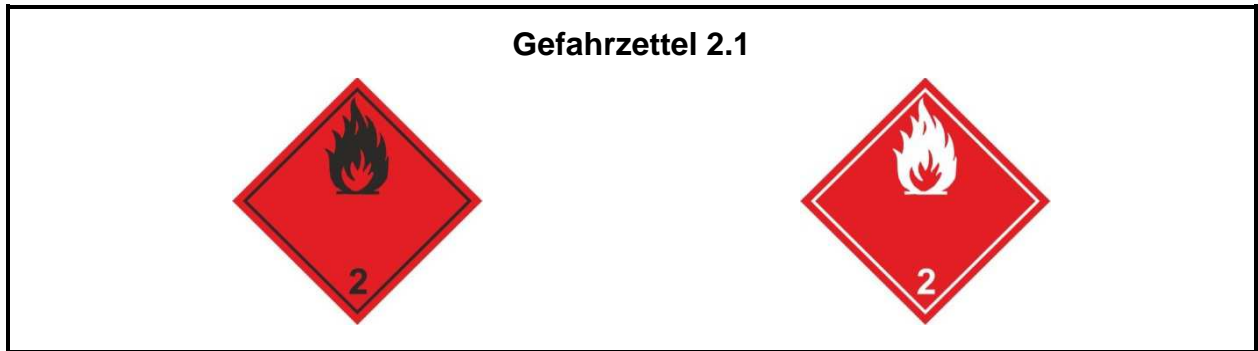


oder



2.1.2. Transportkennzeichnung für Tankwagen, Tankcontainer und Versandbehälter

2.1.2.1. Wasserstoff, LNG



Orange Warntafel mit schwarzer Beschriftung

<p>Wasserstoff, tiefgekühlt, flüssig</p> <div style="border: 1px solid black; background-color: orange; padding: 5px; margin: 5px 0;">223</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: orange; padding: 5px;">1966</div>	<p>Methan, tiefgekühlt, flüssig</p> <p>Erdgas, tiefgekühlt, flüssig mit hohem Methangehalt</p> <div style="border: 1px solid black; background-color: orange; padding: 5px; margin: 5px 0;">223</div> <div style="border: 1px solid black; background-color: orange; padding: 5px;">1972</div>
---	--

Kennzeichnung für den Anwender – Globally Harmonised System (GHS)

„Entzündbare Gase“	„Gase unter Druck“
Signalwort: Gefahr!	

Gefahrenhinweise

Extrem entzündbares Gas.	H220
Enthält tiefkaltes Gas; kann Kälteverbrennungen oder -verletzungen verursachen.	H281

Sicherheitshinweise





Prävention	Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.	P210
	Schutzhandschuhe/Gesichtsschild/Augenschutz mit Kälteisolierung tragen.	P282
Aufbewahrung	An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.	P403
Reaktion	Brand von ausströmenden Gas: Nicht löschen, bis Undichtigkeit gefahrlos beseitigt werden kann.	P377
	Alle Zündquellen entfernen, wenn gefahrlos möglich.	P381

	Vereiste Bereiche mit lauwarmem Wasser auftauen. Betroffenen Bereich nicht reiben. Sofort ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.	P336 + P315
--	--	-------------

2.1.2.2. Stickstoff, Argon, Helium, Kohlendioxid



Orange Warntafel mit schwarzer Beschriftung

Stickstoff, tiefgekühlt, flüssig 	Argon, tiefgekühlt, flüssig 
Helium, tiefgekühlt, flüssig 	Kohlendioxid, tiefgekühlt, flüssig 

Kennzeichnung für den Anwender – Globally Harmonised System (GHS)



Gefahrenhinweise

Enthält tiefkaltes Gas; kann Kälteverbrennungen oder –Verletzungen verursachen.	H281
---	------


Sicherheitshinweise

Prävention	Schutzhandschuhe/Gesichtsschild/Augenschutz mit Kälteisolierung tragen.	P282
-------------------	---	------

Aufbewahrung	An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.	P403
Reaktion	Vereiste Bereiche mit lauwarmem Wasser auftauen. Betroffenen Bereich nicht reiben. Sofort ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.	P336 + P315

2.1.2.3. Sauerstoff, Distickstoffoxid



Gefahrzettel 2.2 **und** **Gefahrzettel 5.1**



Orange Warntafel mit schwarzer Beschriftung

<p>Sauerstoff, tiefgekühlt, flüssig</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 225 1073 </div>	<p>Distickstoffoxid, tiefgekühlt, flüssig</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 225 2201 </div>
---	---

Kennzeichnung für den Anwender – Globally Harmonised System (GHS)

	
„Oxidierend wirkende Gase“	„Gase unter Druck“
Signalwort: Gefahr!	

Gefahrenhinweise

Kann Brand verursachen oder verstärken; Oxidationsmittel.	H270
Enthält tiefkaltes Gas; kann Kälteverbrennungen oder –Verletzungen verursachen.	H281

Sicherheitshinweise

Prävention	Von brennbaren Stoffen fernhalten.	P220
	Ventile und Ausrüstungsteile öl- und fettfrei halten.	P244
	Schutzhandschuhe/Gesichtsschild/Augenschutz mit Kälteisolierung tragen.	P282
Aufbewahrung	An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.	P403
Reaktion	Bei Brand: Undichtigkeit beseitigen, wenn gefahrlos möglich.	P370 + P376

	Vereiste Bereiche mit lauwarmem Wasser auftauen. Betroffenen Bereich nicht reiben. Sofort ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.	P336 + P315
--	--	-------------

2.2. KENNZEICHNUNGSVERORDNUNG BGBl. II NR. 101/1997 idgF

Gefahrenbereiche sind gemäß „Verordnung über die Sicherheits- und Gesundheitskennzeichnung bei der Arbeit“ mit nachstehenden WARNZEICHEN zu kennzeichnen.



ZUSÄTZLICHE KENNZEICHNUNG

Nachfolgende Kennzeichnung wird von der European Industrial Gases Association (EIGA) als Warnung vor Sauerstoffmangel und der damit verbundenen Erstickungsgefahr empfohlen.



Warnung vor Erstickungsgefahr

2.3. FARBKENNZEICHNUNG VON GASFLASCHEN

Tiefgekühlt verflüssigte Gase werden nicht in Gasflaschen abgefüllt und transportiert. Kryo-Behälter für tiefgekühlt verflüssigte Gase haben keine Farbkennzeichnung.

Sie können mit dem Zeichen für tiefgekühlte verflüssigte Gase („cryogenic liquid“) gekennzeichnet sein.



3. LAGERUNG UND TRANSPORT

3.1. LAGERUNG

3.1.1. Allgemeine Beschreibung

Bei Versorgung mit gasförmigem Produkt besteht die Anlage aus drei Teilen:

- a) Vakuumisolierter Behälter
- b) Druckaufbauverdampfer
- c) Produktverdampfer

Bei Versorgung mit flüssigem Produkt entfällt Teil c.

3.1.2. Vakuumisolierter ortsfester Behälter

Der vakuumisolierte Behälter besteht aus einem Innenbehälter der für „inneren Überdruck“ (Betriebsdruck) gebaut ist, und einem Außenbehälter, der für Überdruck von außen ausgelegt ist. Der Raum zwischen Innen - und Außenbehälter ist mit Perlit gefüllt und evakuiert.

Perlit ist ein nichtbrennbares, bimssteinähnliches, körniges Isolationsmaterial.

3.1.2.1. Armaturen

Am Behälter ist in Augenhöhe ein Paneel mit folgenden Instrumenten angebracht:

- Manometer für den Behälterdruck
- Behälterinhaltsanzeige
- Prinzipschema mit Kurzbedienungsanleitung

An der Vorderseite sind der Füllanschluss und die für die Befüllung erforderlichen Ventile untergebracht.

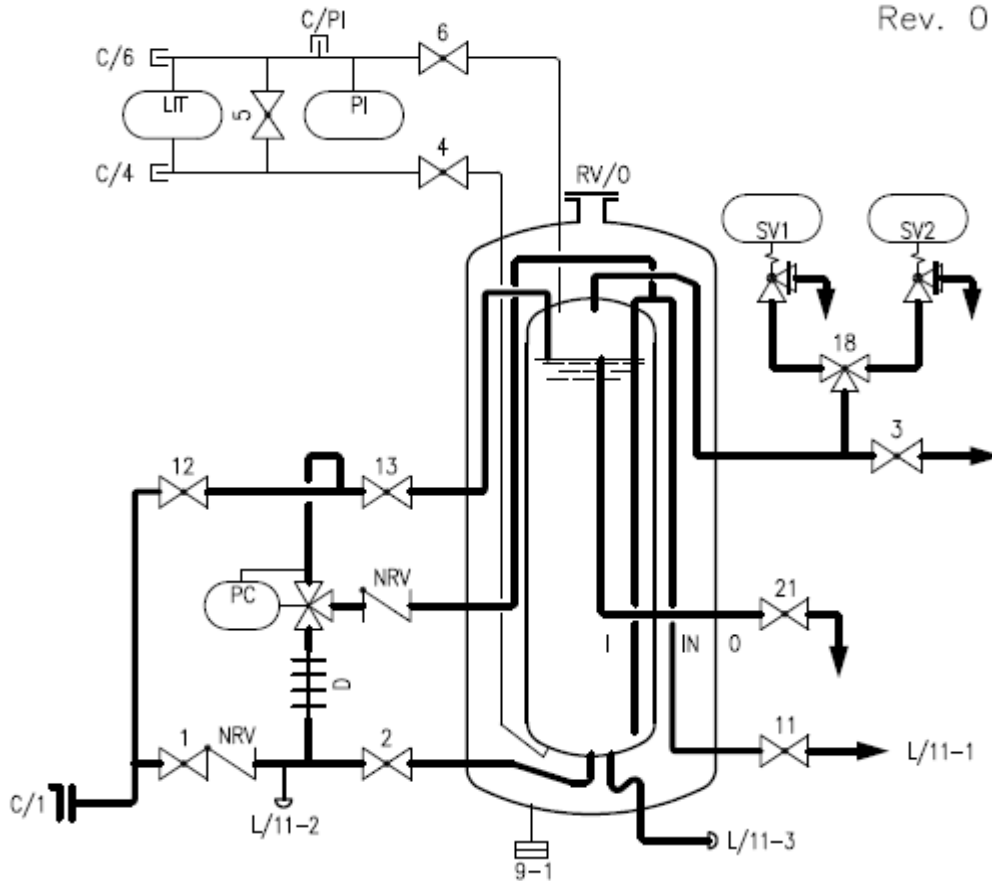
Im unteren Bereich des Tanks befinden sich:

- das Entnahmeventil,
- die Ventile für den Druckauf- und -abbau,
- das Peilventil,
- das Abgasventil,
- die Sicherheitsventilgruppe.



Beispiel eines Fließschemas für einen vakuumisolierten Behälter

Rev. 0



Ventil:	C/1	Kupplung Füllung	
1	Füllung	C/4 , C/6	Anschluss zus. Transmitter
2	Druckaufbau	C/PI	Prüfanschluß Druckmeßgerät
3	Abgas	D	Druckaufbauverdampfer
4	Wirkdruck (+)	I	Innenbehälter
5	Wirkdruck-Ausgleich	IN	Isolierung
6	Wirkdruck (-)	LIT	Inhaltsanzeiger mit Transmitter
9-1	Evakuieranschluß	L/11-1	Leitung Entnahme
11	Entnahme	L/11-2	Leitung Entnahme (blindgeschlossen)
12	Füllung oben	L/11-3	Leitung Entnahme (blindgeschlossen)
13	Gasabspernung	NRV	Rückschlagventil
18	Umschaltung	O	Außenbehälter
21	Peilung	PC	Druckregler
		PI	Druckmeßgerät
		RV/O	Überdrucksicherung-Außenbehälter
		SV1, SV2	Sicherheitsventil

3.2. TRANSPORT

Tiefkalt verflüssigte Gase werden unter Druck in Kryo-Behältern, Kesselwaggon und Tankfahrzeugen mit Doppelmantel-Isolierung (meist mit Vakuum) transportiert. Diese Transportbehälter sind mit Sicherheitsventilen als Sicherheitseinrichtungen ausgerüstet.

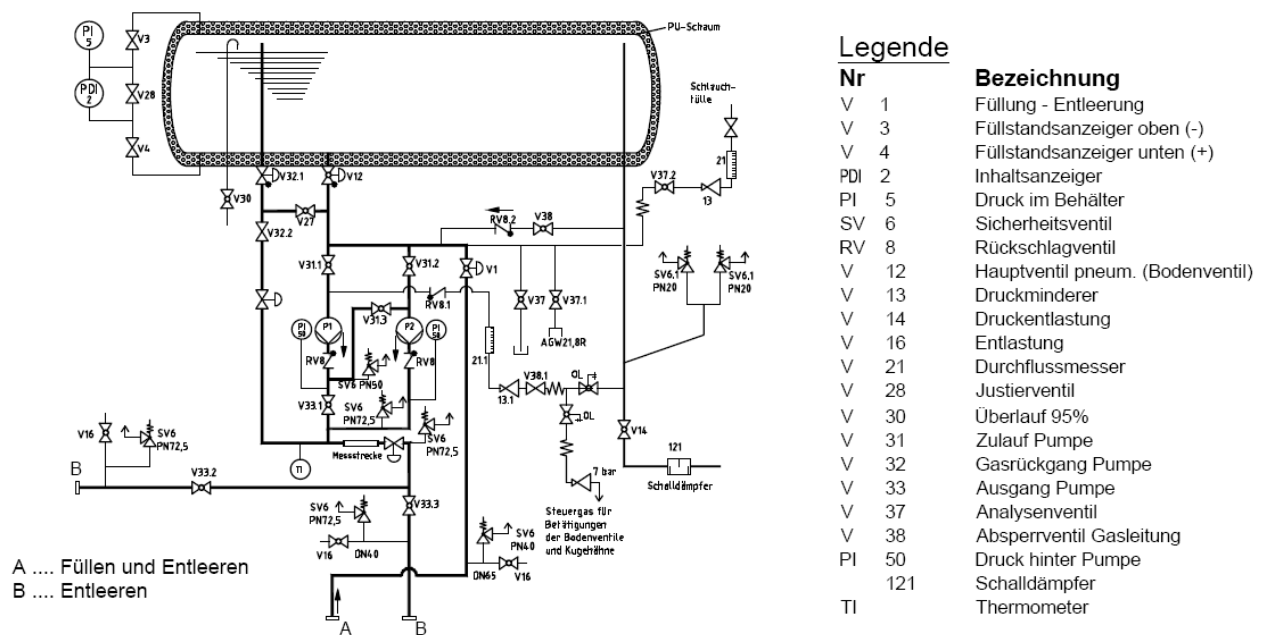


Tankfahrzeug



Kesselwaggon

Beispiel eines Fließschemas für ein Tankfahrzeug für Kohlendioxid



Kryo-Behälter sind ortsbewegliche wärmeisolierte Druckgefäße für die Beförderung tiefgekühlt verflüssigter Gase mit einem Fassungsraum von höchstens 1.000 Liter.



Kryo-Behälter

Weiters gibt es noch offene (drucklose) Kryo-Behälter, in denen das tiefgekühlt verflüssigte Gas durch ständiges Verdampfen flüssig gehalten wird.

Aus derartigen Behältern **muss** ständig Gas abströmen.

4. GEFAHREN

4.1. ALLGEMEINE GEFAHREN

Tiefgekühlt verflüssigte Gase befinden sich in der Regel bei Atmosphärendruck im Siedezustand.

Bei Stoffaustritt auf Umgebungstemperatur nimmt das Sieden zunächst außerordentlich heftig zu. Hierbei werden leicht Spritzer des tiefgekühlt verflüssigten Gases mit dem in großer Menge verdampfenden Gas ausgetragen. Gesicht und Hände müssen deshalb besonders geschützt werden.

Aus einem Liter tiefgekühlt verflüssigten Gas entstehen beträchtliche Gasmengen (siehe Tabellen). Beim Austritt von tiefgekühlt verflüssigten Gasen muss eine gefährliche Anreicherung in der Umgebungsluft berücksichtigt werden. Diese kann sowohl zu einer Brand- und Explosionsgefahr (Wasserstoff, LNG, Sauerstoff) oder zu einer Erstickungsgefahr (inerte Gase, Kohlendioxid) führen.

Kohlendioxid führt schon bei geringen Konzentrationen in der Luft zu erheblichen Atemstörungen. Kohlendioxid-Konzentrationen können ab etwa 10 Vol.-% innerhalb kurzer Zeit tödlich wirken.

Der Aufenthalt in durch tiefgekühlte Gase unterkühlter Luft kann zu einer Unterkühlung des Körpers führen, es kann aber auch zu einer Störung der Lungentätigkeit beim Einatmen der unterkühlten Luft kommen.

Flüssigkeitsseen und – lachen von ausgetretenen tiefgekühlt verflüssigten Gasen führen beim Betreten zu Materialversprödungen und Kälteverbrennungen.

Wenn sich tiefgekühlte Gase mit Luft mischen, können sich Nebel bilden, weil die Luftfeuchtigkeit infolge der Abkühlung kondensiert. Im Falle eines größeren Austritts tiefgekühlt verflüssigter Gase kann die Nebelbildung so umfangreich sein, dass die Sicht behindert wird. Auch außerhalb der Nebelwolke kann es zu einer gefährlichen Veränderung der Luftzusammensetzung kommen.

Alle in den Tabellen aufgeführten Gase sind bei der angegebenen Siedetemperatur deutlich schwerer als Luft. Beim Freiwerden großer Mengen von tiefgekühlt verflüssigten Gasen, ist das Eindringen in Kanaleinläufen, Kellerfenstern oder andere tiefer liegenden Örtlichkeiten zu berücksichtigen, weil sich die schweren Gase dort ansammeln könnten. In solchen Bereichen besteht dann besondere Erstickungs- bzw. Brandgefahr.

Feuer- oder Explosionsgefahr kann dann entstehen, wenn brennbare tiefgekühlt verflüssigte Gase (z. B. Wasserstoff, LNG) austreten, weil diese verdampfen und dadurch mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden. Auf eine besonders wirksame natürliche oder künstliche Lüftung und gegebenenfalls die Verwendung von Gaswarngeräten oder Sauerstoffmessgeräten ist daher ein besonderes Augenmerk zu legen.

Werkstoffe und Werkzeuge, die mit tiefgekühlt verflüssigten Gasen in Berührung kommen, müssen für deren tiefe Temperaturen geeignet sein, d.h. sie dürfen in der Kälte nicht verspröden. Geeignet sind z. B. Kupfer, Messing, austenitische Stähle sowie manche Aluminiumlegierungen.

4.2. BRAND- UND EXPLOSIONSGEFAHR

4.2.1. Wasserstoff, LNG

- Wasserstoff brennt mit fast farbloser Flamme, diese ist bei Tageslicht kaum sichtbar und oft nur durch die Wärmestrahlung „wahrnehmbar“.
 - Wegen der schweren Erkennbarkeit einer Wasserstoffflamme ist es wichtig, die Wasserstoff-Austrittsstelle zu lokalisieren und auf Brand zu prüfen (Wärmebildkamera, Besentest).

Besentest:
Die Borstenseite eines Besens wird vor die vermutete Wasserstoff-Austrittsstelle gehalten. Durch das Entflammen der Besenborsten bei Brand wird eine unsichtbare Wasserstoffverbrennung erkennbar.
- LNG brennt mit bläulich-gelber Flamme.
- Explosionsgefahr
 - Zündfähige Gas-Luft-Gemische im Bereich der Gas-Austrittsstelle.
 - Beschädigung bzw. Zerstörung von Gebäuden (Raumexplosion).
 - Sehr weiter Explosionsbereich.
 - Gefahr der Zündung, besonders bei hohem Austrittsdruck des Gases.
- Brandgefahr
 - Gefahr von Sekundärbränden.
 - Sehr rasche Verbrennung im Freien, bzw.
 - explosionsartige Verbrennung in Räumen.
 - Brand an der Gas-Austrittsstelle wahrscheinlich.
- Berstgefahr
 - Aufgrund der Doppelmantel-Isolierung ist die Wahrscheinlichkeit einer Berstgefahr durch Wärmestrahlung und Flammeneinwirkung gering.
- **Gefahrenzone:** Mindestens **30 bis 60 m!**
 - **Mehrere 100 m bis zu 1000 m** beim Austritt großer Gasmengen unter hohem Druck, wie auch bei direkter Beflammung von oberirdischen Speicherbehältern und Behältern mit tiefkalt verflüssigtem Wasserstoff!
- **Wirkzone:** Die Größe der Wirkzone ist abhängig von der austretenden Gasmenge (Flammenlänge und Hitzestrahlung).
- Einsturzgefahr und möglicher Trümmerflug.

4.2.2. Sauerstoff, Distickstoffoxid

- Sauerstoff und Distickstoffoxid brennen selbst nicht, fördern aber die Verbrennung.
- Kann bei Kontakt mit organischen Stoffen wie z. B. Fetten und Ölen diese bei Raumtemperatur zur Entzündung bringen.
- Eine Sauerstoffanreicherung der Luft von (normal) 21 Vol.-% auf mehr als ca. 23 Vol.-% erhöht die Brandgefahr erheblich.
- Sauerstoff, obwohl selbst nicht brennbar, unterstützt die Verbrennung. Werkstoffe, die als unbrennbar oder schwer entflammbar gelten, können in mit Sauerstoff

angereicherter Luft und erst recht in reinem Sauerstoff heftig und mit erheblicher Wärmeentwicklung brennen. In Luft brennbare Materialien (z. B. Öl, Asphalt, Kunststoffe, ...) reagieren in Gegenwart von sauerstoffangereicherter Luft und in reinem Sauerstoff explosionsartig. Kontakt zwischen Sauerstoff und diesen Materialien ist daher zu vermeiden.

- Distickstoffoxid kann sich bei hoher Temperatur (> 300°C) thermisch zersetzen und bildet dabei toxische und/oder ätzende Stoffe (nitrose Gase).

4.3. GEFAHREN FÜR DEN MENSCHEN

4.3.1. Erstickungsgefahr

- Inerte Gase warnen nicht – die menschlichen Sinne erkennen Sauerstoffmangel nicht.
- Sauerstoff ist Leben – ohne ausreichenden Sauerstoff ist Leben unmöglich.
*Normalerweise enthält Luft ca. 21% Sauerstoff.
Es wird gefährlich, wenn der Sauerstoffgehalt in der Luft unter 18% fällt.*
- Unter 10% Sauerstoff schwindet das Bewusstsein ohne Warnung, Gehirnschädigung und Tod folgen in wenigen Minuten, wenn nicht sofort eine Wiederbelebung erfolgen kann.
- Schon zwei Atemzüge Stickstoff oder anderer inerte Gase verursachen Bewusstseinsverlust, der schnell zum Tode führen kann.

4.3.2. Wasserstoff, LNG

- Verbrennungsgefahr (Wasserstoffflamme ist kaum sichtbar).
- Auswirkungen von Druckwellen.
- Erstickungsgefahr durch Sauerstoffverdrängung in geschlossenen Räumen.
 - Keine giftige Wirkung.
- Erfrierungsgefahr bei Kontakt mit tiefkalt verflüssigtem Gas.

4.3.3. Sauerstoff

- Verbrennungsgefahr (Sauerstoff fördert die Verbrennung).
- Erfrierungsgefahr bei Kontakt mit tiefkalt verflüssigtem Gas.

4.3.4. Distickstoffoxid

- Verbrennungsgefahr (Distickstoffoxid fördert die Verbrennung).
- Narkotisierungsgefahr bei niedrigen Konzentrationen.
- Erstickungsgefahr durch Sauerstoffverdrängung in geschlossenen Räumen (keine Warnsymptome)
- Erfrierungsgefahr bei Kontakt mit tiefkalt verflüssigtem Gas.

4.3.5. Stickstoff, Argon, Helium, Kohlendioxid

- Erstickungsgefahr durch Sauerstoffverdrängung in geschlossenen Räumen (keine Warnsymptome, außer bei Kohlendioxid)
- Erfrierungsgefahr bei Kontakt mit tiefkalt verflüssigtem Gas.

5. MAßNAHMEN

5.1. ALLGEMEINE MAßNAHMEN

Bei jedem Einsatz sind nachstehende Maßnahmen durchzuführen bzw. zu erwägen:

- Gefahrenzone festlegen und absperren.
 - Ausströmrichtung und Windrichtung beachten.
- Messungen der Gaskonzentrationen durchführen (Ex/Ox – Messgeräte).
- Kälteschutz verwenden.
- Gasabspernung in die Wege leiten. Behälter- oder Tankventil schließen (Fließschema beachten).
- Nur das erforderliche Minimum an Einsatzkräften in der Gefahrenzone einsetzen.
- Gefährdete Personen aus der Gefahrenzone bringen.
- Zündquellen in der Gefahrenzone beseitigen.
- Brandschutz aufbauen (Wasser, Löschpulver) und Sekundärbrände löschen.
- Herabsetzung der Entzündungsgefahr:
Austretendes Gas an der Austrittsstelle mit Wasser(sprüh)strahl verwirbeln.

5.2. MAßNAHMEN BEI UMGEBUNGSBRAND

Bei Umgebungsbrand besteht durch die Erwärmung des Behälters die Gefahr der Drucksteigerung. Bei Erreichung des max. Betriebsdruckes kann tiefkaltes Gas über die Sicherheitsventile ausströmen. Dadurch kann es zu einer Anreicherung des austretenden Gases im Bereich der Sicherheitsventile kommen.

Je nach Gaseigenschaft sind die folgenden Maßnahmen zu treffen:

- Umfangreiche Kühlmaßnahmen (Sprühstrahl, Hydroschild) aus gesicherter Deckung.
- Armaturen nur mit Sprühstrahl beaufschlagen.
- Umgebungsbrände ablöschen.
- Betreiber und Gase-Lieferant hinzuziehen.
- Gaswolken mit brennbaren und brandfördernden Gasen meiden.

6. ERSTE HILFE / DEKONTAMINATION

6.1. RETTUNG AUS DEM GEFAHRENBEREICH

Unter Beachtung der eigenen Sicherheit (bei Bedarf schwerer Atemschutz) ist unverzüglich der Verunfallte aus dem Gefahrenbereich zu bringen.

Überprüfung der Lebensfunktionen und Maßnahmen zur Erhaltung der Lebensfunktion („lebensrettende Sofortmaßnahmen“, „life support“) nach geltenden Richtlinien durchführen.

Bis zum Abschluss der Sofort-Deko ist zu beachten (gilt auch für Rettungsdienst):

- Keine Sauerstoff-Gabe.
- Keine Defibrillation.

Mit einer Gefährdung der Helfer ist nicht zu rechnen; lebensrettende Sofortmaßnahmen können unverzüglich durchgeführt werden.

Sofort-Dekontamination durch Entkleiden

Die Oberbekleidung kann geringe Mengen des Gases enthalten und wird daher entfernt.

6.2. WEITERE MAßNAHMEN DER ERSTEN HILFE

- Erfrorene Körperstellen nur abdecken.
- Keine Anwendung von direkter Wärme.
- Verletzte vor Unterkühlung schützen.

7. DOKUMENTATION DES EINSATZES

Einsatzbericht und Erfahrungen sind

- dem ÖIGV und
- dem Sachgebiet 4.6 des ÖBFV sg4.6@bundesfeuerwehrverband.at zu übermitteln.

8. INFORMATIONEN

Weitere Informationen über tiefgekühlt flüssige Gase, wie Sicherheitsdatenblätter, sind bei den Herstellern bzw. Gase-Lieferanten zu erhalten.

Nachstehend eine Auflistung ohne Anspruch auf Vollständigkeit:

<http://www.airliquide.at/>

<http://www.linde-gas.at/>

<http://www.messer.at/>

<http://www.oeigv.at/>

9. QUELLENVERZEICHNIS

Air Liquide Austria GmbH, 2320 Schwechat, Sendnergasse 30

Donau Chemie AG, 3435 Zwentendorf, Werk Pischelsdorf

Dynea Austria GmbH, 3500 Krems, Hafenstrasse 77

Linde Gas GmbH, 4651 Stadl-Paura, Waschenbergerstraße 13

Messer Austria GmbH, 2352 Gumpoldskirchen, Industriestraße 5

Österreichischer Industriegaseverband – ÖIGV, 2320 Schwechat, Sendnergasse 30

voestalpine Standortservice GmbH, 4020 Linz, voestalpine Straße 3

10. ANHANG A

Folgende tiefgekühlt verflüssigte Gase sind sehr selten anzutreffen.

Hinsichtlich der Gefahren und Vorgangsweisen wird auf die Gase in dieser Info, die ähnliche Eigenschaften aufweisen, verwiesen.

Bezeichnung, Synonyme	Summenformel	CAS-Nummer	Aggregatzustand	Farbe	Geruch	Dichte der Flüssigkeit (kg/l) bei 1013 mbar	Dichte des Gases (kg/m ³) bei 15°C, 1013 mbar
Ethen, Ethylen (Äthen, Äthylen)	C ₂ H ₄	74-85-1	tiefgekühlt, flüssig	farblos	leicht süßlich	0,5679	1,178
Ethan (Äthan)	C ₂ H ₆	74-84-0	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	0,554	1,2656
Neon	Ne	7440-01-9	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	1,2060	0,8420
Krypton	Kr	7439-90-9	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	2,413	3,506
Xenon	Xe	7440-63-3	tiefgekühlt, flüssig	farblos	geruchlos	2,940	5,514
Trifluormethan, Fluoroform	CHF ₃	75-46-7	tiefgekühlt, flüssig	farblos	ätherisch riechend	1,470	keine Angaben
UN 3138 Ethylen, Acetylen und Propylen, Gemisch, tiefgekühlt, flüssig, mit mindestens 71,5 % Ethylen, höchstens 22,5 % Acetylen und höchstens 6 % Propylen			tiefgekühlt, flüssig				
UN 3158 Gas, tiefgekühlt, flüssig, n.a.g.			tiefgekühlt, flüssig				
UN 3311 Gas, tiefgekühlt, flüssig, oxidierend, n.a.g.			tiefgekühlt, flüssig				
UN 3312 Gas, tiefgekühlt, flüssig, entzündbar, n.a.g.			tiefgekühlt, flüssig				

Bezeichnung, Synonyme	Gefahrnummer	UN-Nummer	Siede- temperatur (°C)	Schmelz- punkt (°C)	Dampfdrücke- verhältnis zu Luft (Luft = 1)	Löslichkeit in Wasser (mg/l)	Ex-Bereich (Vol. %)	Zünd- temperatur / Temperatur- klasse
Ethen, Ethylen (Äthen, Äthylene)	223 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, entzündbar)	1038 (Ethylen, tiefgekühlt, flüssig)	-103,72	-169,18	0,962	geringfügig	2,7 – 36	425°C T2
Ethan (Äthan)	223 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, entzündbar)	1961 (Ethan, tiefgekühlt, flüssig)	-88,6	-182,76	1,05	geringfügig	2,7 – 15,5	515°C T1
Neon	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	1913 (Neon, tiefgekühlt, flüssig)	-246,08	-248,59	0,696	12,6	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Krypton	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	1970 (Krypton, tiefgekühlt, flüssig)	-153,22	-157,36	2,90	geringfügig	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Xenon	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	2591 (Xenon, tiefgekühlt, flüssig)	-108,0	-111,7	4,56	geringfügig	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Trifluormethan, Fluoroform	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	1984 (Trifluormethan, tiefgekühlt, flüssig)	-82,2	-155,2	2,44	geringfügig	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Ethylen, Acetylen und Propylen, Gemisch, tiefgekühlt, flüssig, mit mindestens 71,5 % Ethylen höchstens 22,5 % Acetylen höchstens 6 % Propylen	223 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, entzündbar)	3138	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich
Gas, tiefgekühlt, flüssig, n.a.g.	22 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, erstickend)	3158	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Gas, tiefgekühlt, flüssig, oxidierend, n.a.g.	225 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, oxidierend)	3311	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Nicht zutreffend	Nicht zutreffend
Gas, tiefgekühlt, flüssig, entzündbar, n.a.g.	223 (tiefgekühlt verflüssigtes Gas, entzündbar)	3312	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich	Angabe nicht möglich