

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

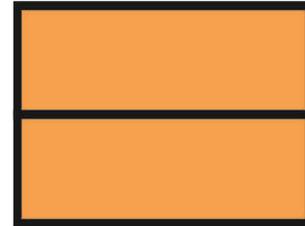
2.1. TRANSPORTVORSCHRIFTEN NACH ADR / RID

2.1.1. Kennzeichnungen von Transportfahrzeuge für Versandbehälter

Orange Warntafel (ohne Gefahrunummer und ohne Stoffnummer).

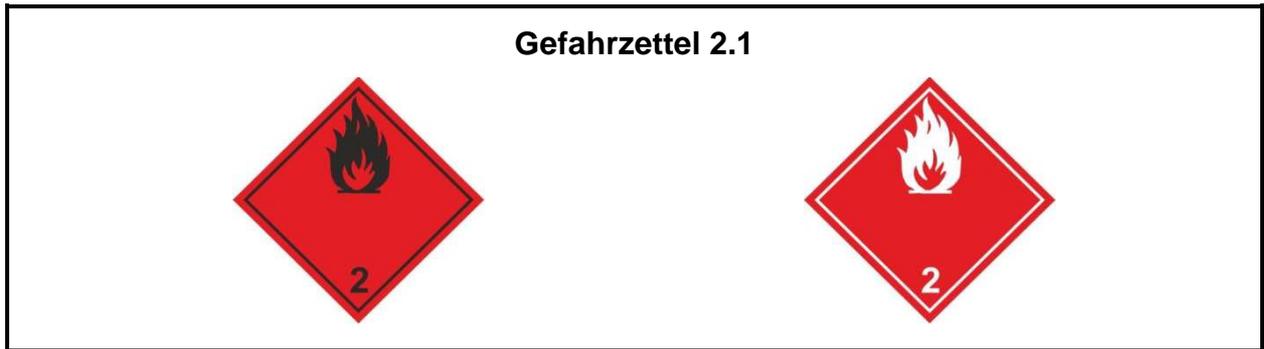


oder



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 |
|-------------------|---|------|

| |
|--|
| 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.

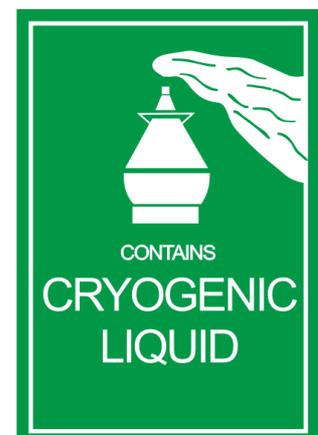


Warnung vor Erstickungsgefahr

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.



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.

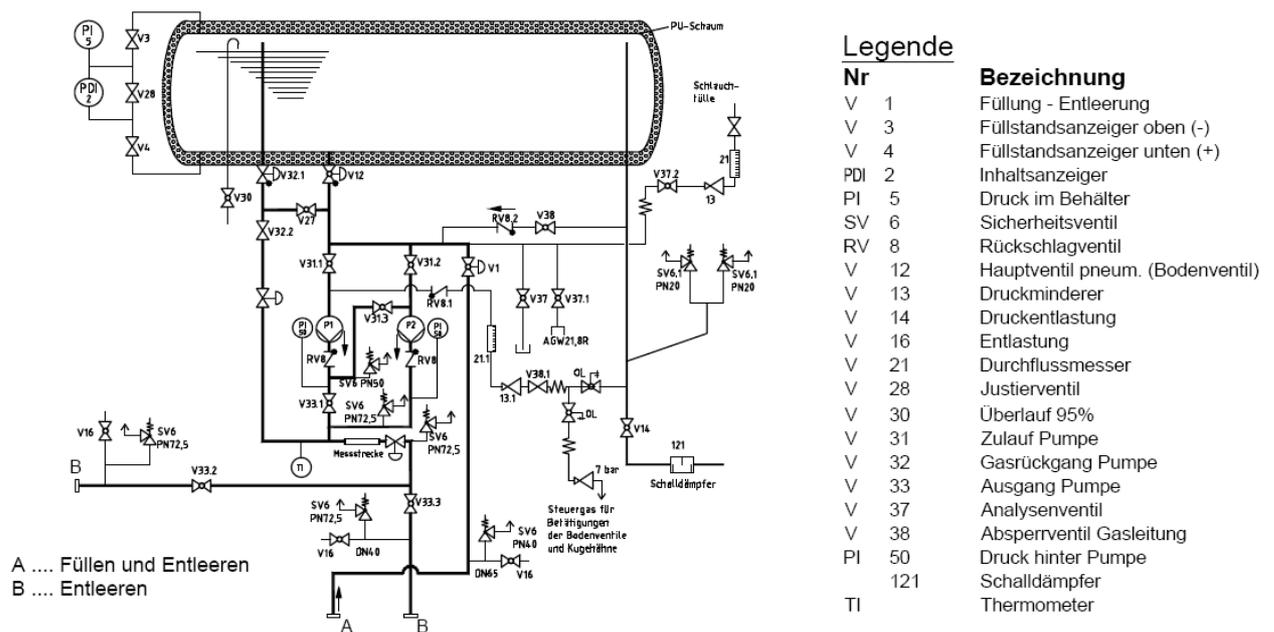


Tankfahrzeug



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 |