

## Sicherheitshinweis

### Umgang mit tiefgekühlt flüssigen Gasen

#### 1. Vorbemerkungen

Dieser Sicherheitshinweis ist eine Empfehlung für den sicheren Umgang mit tiefgekühlt flüssigen Gasen. Verbindliche Sicherheitsbestimmungen (Vorschriften, Sicherheitshinweise, Herstellerangaben...) werden hierdurch nicht ersetzt, sondern ergänzt.

Ein Gas oder eine Flüssigkeit befindet sich in tiefgekühltem (oder kryogenem) Zustand, wenn deren Temperatur deutlich unter der Umgebungstemperatur (also z. B. unter  $-50^{\circ}\text{C}$ ) liegt. In der Tabelle sind die physikalischen Eigenschaften einiger Gase aufgeführt.

|   | Sauerstoff     | Stickstoff     | Argon | Wasserstoff    | Helium | LNG <sup>4)</sup> | Kohlendioxid           |
|---|----------------|----------------|-------|----------------|--------|-------------------|------------------------|
| Chem. Symbol  | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | Ar    | H <sub>2</sub> | He     | CH <sub>4</sub>   | CO <sub>2</sub>        |
| Siedetemperatur bei 1013 mbar (°C)                        | -183           | -196           | -186  | -253           | -269   | -161              | -78,5 <sup>1)</sup>    |
| Dichte der Flüssigkeit bei 1013 mbar (kg/l)               | 1,142          | 0,808          | 1,40  | 0,071          | 0,125  | 0,42              | 1,178 <sup>2) 5)</sup> |
| Dichte des Gases bei 15°C, 1013 mbar (kg/m <sup>3</sup> ) | 1,34           | 1,17           | 1,67  | 0,084          | 0,167  | 0,72              | 1,82                   |
| relative Dichte gegenüber Luft bei 15°C, 1013 mbar        | 1,09           | 0,95           | 1,36  | 0,0685         | 0,136  | 0,55              | 1,51                   |
| Gasmenge aus 1 Liter Flüssigkeit (Liter)                  | 853            | 691            | 839   | 845            | 749    | 587               | 548 <sup>3)</sup>      |

<sup>1)</sup> Sublimationspunkt    <sup>2)</sup> bei 5,18 bar    <sup>3)</sup> Gasmenge pro kg, 15°C, 1 bar    <sup>4)</sup> LNG Liquid Natural Gas    <sup>5)</sup> korr. Dez. 2011

#### 2. Allgemeines über tiefgekühlt flüssige Gase

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 bzw. Kaltverbrennungen verursachen.  
Insbesondere Augen können geschädigt werden.
- **Versprödung:**  
Werkstoffe (z. B. die meisten Kunststoffe, Baustahl) verspröden sehr stark bei tiefen Temperaturen.

#### 3. Vorsichtsmaßnahmen

Die Vorsichtsmaßnahmen in diesem Abschnitt sind anwendbar für alle tiefgekühlt flüssigen Gase. Sie sind zusammen mit den Vorsichtsmaßnahmen anzuwenden, die in den Sicherheitsdatenblättern für Gase enthalten sind.

### 3.1. Persönliche Schutzausrüstung

Konsequent getragen schützt persönliche Schutzausrüstung (PSA) vor dem Kontakt mit tiefgekühlten flüssigen Gasen, oder kalten Anlageteilen, so dass Gesundheitsschäden vermieden werden.

Die Kleidung soll sauber und trocken sein und aus Naturfasern bestehen. Sie soll nicht eng anliegen, damit sie leicht und schnell ausgezogen werden kann, wenn eine Benetzung mit dem tiefgekühlten flüssigen Gas erfolgt ist. Arme und Beine sollen vollständig bedeckt sein. Offene Taschen, umgeschlagene Hosenbeine oder Ärmel sind zu vermeiden.

Gut isolierende Handschuhe aus trockenem versprödungsarmen Materialien (z.B. Leder, Kevlar®) sind zu tragen, wenn kalte Anlagenteile gehandhabt werden und wenn mit Spritzern von tiefgekühltem flüssigen Gas gerechnet werden muss. Die Handschuhe sollen ebenfalls locker sitzen, damit sie schnell ausgezogen werden können, falls tiefgekühltes flüssiges Gas in die Handschuhe eingetreten ist.

® = eingetragenes Warenzeichen Du Pont

Beim Umgang mit tiefgekühlt flüssigen Gasen sollte ein Gesichtsschutz oder eine dicht sitzende Schutzbrille getragen werden, z. B. wenn tiefgekühltes flüssiges Gas umgegossen wird, wenn Schläuche an- oder abgeschlossen werden oder wenn Teile in tiefgekühltes flüssiges Gas eingetaucht werden. Optische Brillen können nur unvollständig schützen.

Sicherheitsschuhe sollten beim Umgang mit tiefgekühlt flüssigen Gasen grundsätzlich getragen werden. Beim Umgang mit brennbaren tiefgekühlt flüssigen Gasen sind Sicherheitsschuhe mit elektrisch leitfähigen Sohlen zu tragen.

Von der Umgebungsatmosphäre unabhängige Atemschutzgeräte sind dann erforderlich, wenn durch verdampfte, tiefgekühlt flüssige Gase der Luftsauerstoff in gefährlichem Ausmaß verdrängt wird.

### 3.2. Besonderheiten beim Umgang mit tiefgekühlt flüssigen Gasen

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

Beim Umfüllen in Gefäße, die noch Umgebungstemperatur haben, nimmt das Sieden zunächst außerordentlich heftig zu. Hierbei werden leicht Spritzer des tiefgekühlt flüssigen Gases mit dem in großer Menge verdampfenden Gas ausgetragen. Gesicht und Hände müssen deshalb geschützt sein.

Gleiches gilt für das Eintauchen von Gegenständen mit Umgebungstemperatur (oder wärmer) in tiefgekühlt flüssige Gase. Haben die Gefäße oder Gegenstände die Temperatur des tiefgekühlt flüssigen Gases angenommen, lässt die Heftigkeit der Verdampfung nach, jedoch bleibt das tiefgekühlt flüssige Gas im Siedezustand. Dies bewirkt, dass ständig tiefgekühltes Gas aus dem Behälter austritt, sofern dieser offen ist (z. B. Dewar-Gefäß).

Bei geschlossenen Gefäßen wird der Druck ansteigen. Je besser die Isolierung des Gefäßes, desto langsamer ist der Druckanstieg.

Aus einem Liter tiefgekühlt flüssigem Gas entstehen beträchtliche Gasmengen (siehe Tabelle). Es ist daher erforderlich, dass dort, wo mit tiefgekühlt flüssigen Gasen in offenen Gefäßen umgegangen wird, eine Lüftung vorhanden ist, die mindestens die entstehende Gasmenge sicher abführt. Eine ausreichende Lüftung soll vermeiden, dass der Sauerstoffgehalt der Luft wesentlich verändert wird: 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.

Tiefgekühlt flüssiger Sauerstoff gehört daher nicht in offene Gefäße.

Abgesehen von der Erhöhung des Brandrisikos ist eine Sauerstoffanreicherung in der Luft auf deutlich mehr als 23 Vol.-% für den Körper ungefährlich.

Beim Umgang mit allen tiefgekühlt flüssigen Gasen, deren Siedetemperatur niedriger als jene des Sauerstoffs liegt (siehe Tabelle Zeile 2), besteht die Möglichkeit, dass Luftsauerstoff kondensiert und dass es zu einer örtlichen Sauerstoffanreicherung kommt.

Durch die in der Tabelle angeführten tiefgekühlten Gase können zwar Vergiftungen nicht auftreten, weil die dort genannten Gase ungiftig sind. Durch diese Gase (außer durch Sauerstoff) kann jedoch der Luftsauerstoff verdrängt werden. Ein Gehalt von weniger als 15 Vol.-% Sauerstoff in der Atemluft kann zur Erstickung 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.

Wenn sich tiefgekühlte Gase mit Luft mischen, können sich Nebel bilden, weil die Luftfeuchtigkeit infolge der Abkühlung kondensiert. Im Falle eines größeren Austritts tiefgekühlt flüssiger 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 der Tabelle aufgeführten Gase sind bei der angegebenen Siedetemperatur deutlich schwerer als Luft. Wo mit dem Freiwerden großer Mengen von tiefgekühlt flüssigen Gasen gerechnet werden muss, dürfen sich keine Kanaleinläufe ohne gasdichten Verschluss, keine offenen Kellerfenster oder andere offenen Zugänge zu tiefer liegenden Räumen, Kanälen etc. befinden, 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 flüssige 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, die mit tiefgekühlt flüssigen 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, austenitische Stähle sowie manche Aluminiumlegierungen. PTFE ist unter bestimmten Bedingungen geeignet.

Zu beachten ist, dass jedes Material schrumpft, wenn es tieferen Temperaturen ausgesetzt wird. Das Ausmaß der Schrumpfung ist abhängig vom Material und vom Grad der Temperaturabsenkung. Unterschiedliches Schrumpfverhalten kann zu unzulässigen Spannungen im Material und in der Folge zu Materialversagen führen.

Welche Werkstoffe für welchen Einsatzfall geeignet sind, sollte mit dem Gaslieferanten geklärt werden.

Wenn tiefgekühlt verflüssigte Gase z. B. zwischen Ventilen eingeschlossen werden können, sind Druckentlastungseinrichtungen mit genügend großer Abblaseleistung vorzusehen, da es auch bei bester Isolierung zur Verdampfung der tiefgekühlt flüssigen Gase kommt. Der dabei entstehende Druck muss durch die Druckentlastungseinrichtungen abgebaut werden, um ein Bersten von Druckgeräten oder Leitungen zu vermeiden.

Bevor tiefgekühlt flüssige Gase in Apparate, Behälter, Rohrleitungen, Armaturen etc. gelangen, müssen diese sorgfältig getrocknet sein. Durch die tiefgekühlt flüssigen Gase würde es sonst zum Gefrieren der Feuchtigkeit kommen, wodurch Funktionsstörungen verursacht werden können.

## 4. Behälter

### 4.1. Füllung

Für die Befüllung von Behältern sind grundsätzlich die Bestimmungen der Versandbehälterverordnung (VBV 2002 in geltender Fassung) zu beachten.

Für die Befüllung muss eine Betriebsanweisung des Arbeitgebers vorhanden sein. Die Mitarbeiter sind entsprechend zu unterweisen.

Brennbare und brandfördernde, tiefgekühlt flüssige Gase und tiefgekühlt flüssiges Kohlendioxid dürfen nicht in drucklose Kryobehälter (Dewar) gefüllt werden.

Bei der Befüllung von drucklosen Behältern ist darauf zu achten, dass die Befüllöffnung teilweise offen bleibt, um ein Ausströmen des verdampften Gases zu ermöglichen.

Bei der Füllung von Druckbehältern für tiefgekühlt flüssige Gase ist darauf zu achten, dass der Druckbehälter für das jeweilige Gas geeignet und zugelassen ist.

### 4.2. Transport

Tiefgekühlt verflüssigte Gase in Kryobehältern dürfen in Fahrzeugen nur befördert werden wenn die Kryobehälter:

- für den Straßentransport zugelassen sind,
- sie im Fahrzeug gegen Umfallen gesichert sind und
- der Laderaum des Fahrzeuges offen oder belüftet ist.

## 5. Umweltschutz

Die in der Tabelle angeführten Gase (außer Wasserstoff und LNG) sind natürliche Bestandteile der Umgebungsluft. Wenn kleine Mengen tiefgekühlt flüssiger Gase in die Atmosphäre gelangen, so wird sie dadurch nicht belastet.

Wenn versehentlich tiefgekühlt flüssige Gase verschüttet werden, entsteht keine Verunreinigung des Erdreiches, weil tiefgekühlt flüssige Gase schnell verdampfen und somit nicht oder nur in geringem Maße in das Erdreich eindringen. Die vorübergehende lokale Bodenfrostung hinterlässt keine bleibenden Schäden im Erdreich. Das Eindringen größerer Mengen an tiefgekühlt flüssigen Gasen ins Erdreich ist zu vermeiden.

## 6. Schlussbemerkung

Die Kenntnis der Eigenschaften tiefgekühlt flüssiger Gase ist die Voraussetzung zum sicheren Umgang.

Weitere Informationen befinden sich auf der Homepage des ÖIGV ([www.oeigv.at](http://www.oeigv.at)) oder sind beim jeweiligen Gaslieferanten erhältlich.

**ÖIGV, Juli 2009**  
**(korr. Dez. 2011)**

Diese Veröffentlichung entspricht dem Stand des technischen Wissens zum Zeitpunkt der Herausgabe. Der Anwender muss die Anwendbarkeit auf seinen speziellen Fall und die Aktualität der vorliegenden Fassung in eigener Verantwortung prüfen. Eine Haftung des ÖIGV und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.