



A06 Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen

Allgemeines

Ein Gas oder eine Flüssigkeit befindet sich in tiefkaltem (oder kryogenem) Zustand, wenn deren Temperatur deutlich unter der Umgebungstemperatur liegt. In der Tabelle sind einige der Gase aufgeführt, welche häufig in tiefkaltem Zustand transportiert, gelagert und verwendet werden.

Die chemischen Eigenschaften der Gase sind im tiefkalt verflüssigten Zustand grundsätzlich die gleichen wie im "warmen" Zustand. Im tiefkalten Zustand kommt die physikalische Eigenschaft "tiefkalt" hinzu. Aus dieser zusätzlichen Eigenschaft resultieren **Besonderheiten** und **Gefahren**, die beim **Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen beachtet werden müssen**.

Physikalische und chemische Eigenschaften einiger tiefkalter Gase (Richtwerte)

	Sauerstoff	Stickstoff	Argon	Wasserstoff	Helium
chemisches Symbol	O ₂	N ₂	Ar	H ₂	He
Siedetemperatur bei 1'013 mbar (°C)	-183	-196	-186	-253	-269
Aus 1 l Flüssigkeit entstehende Gasmenge (l)	855	690	835	845	750
Chemische Eigenschaft	brandfördernd	inert	inert	brennbar	inert

Hinweis: Bei Siedetemperatur sind alle Luftgase (Sauerstoff / Stickstoff / Argon) deutlich schwerer als Luft. Somit können sich diese in tiefer liegenden Räumen, Mulden oder Senken ansammeln.

Vorsichtsmassnahmen

Die in dieser Sicherheitsempfehlung beschriebenen Vorsichtsmassnahmen sind anwendbar für alle tiefkalt verflüssigten Gase. Sie sind zusammen mit den Vorsichtsmassnahmen anzuwenden, die in den Sicherheitsdatenblättern für Gase und in weiteren zutreffenden Sicherheitshinweisen enthalten sind. Insbesondere wird hier auf die Besonderheiten und Gefahren im Umgang mit **Sauerstoff** und **Kohlendioxid** verwiesen, welche in der **IGS Sicherheitsempfehlungen „A04 Sauerstoffanreicherung / -mangel“** sowie **„A07 Umgang mit Kohlendioxid“** ausführlich behandelt sind.

Persönliche Schutzausrüstungen (PSA)

Konsequent getragen, schützen persönliche Schutzausrüstungen vor dem Kontakt mit tiefkalten Gasen, Flüssigkeiten oder Anlageteilen, so dass Gesundheitsschäden praktisch ausgeschlossen sind. Deshalb tragen Sie **IMMER** korrekte Schutzausrüstungen (PSA) - insbesondere beim Ab- / Umfüllen:

- Trockene Kryo-Handschuhe.
- Gesichtsschutz und / oder Schutzbrille.
- Gaswarngerät.
- Trockene locker anliegende körperbedeckende Kleidung.
- Schutzschuhe.
- Atemschutz (wenn erforderlich).



Besonderheiten beim Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen

Berührung

Tiefkalt 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 tiefkalt verflüssigten Gases mit dem in grosser Menge verdampfenden tiefkalten Gas ausgetragen. Gesicht und Hände müssen deshalb geschützt sein. Gleiches gilt für das Eintauchen von Gegenständen mit Umgebungstemperatur (oder wärmer) in tiefkalt verflüssigte Gase. Haben die Gefässe oder Gegenstände die Temperatur des tiefkalt verflüssigten Gases angenommen, lässt die Heftigkeit der Verdampfung nach, jedoch bleibt das tiefkalt verflüssigte Gas im Siedezustand.

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

Erstickung

Durch die in der Tabelle aufgeführten tiefkalten Gase können zwar keine Vergiftungen auftreten, weil die genannten Gase ungiftig sind. Durch diese Gase (ausser durch Sauerstoff) kann jedoch der Luftsauerstoff verdrängt werden, was unterhalb von ca. 12 Vol. - % Sauerstoff in der Luft zum Ersticken führen kann.

In Räumen in denen tiefkalt verflüssigte Gase in offenen oder geschlossenen Gefässen gelagert / gehandhabt werden, muss eine Lüftung vorhanden sein, welche mindestens die freisetzbare Gasmenge sicher abführt. Zusätzlich wird eine Warneinrichtung für Sauerstoffmangel empfohlen.

Brandgefahr

Abgesehen von der Erhöhung des Brandrisikos ist eine Sauerstoffanreicherung in der Luft auf deutlich mehr als 23 Vol. - % für den Körper ungefährlich. Weitere Informationen zum Brandrisiko durch Sauerstoffanreicherung entnehmen Sie der **IGS Sicherheitsempfehlung „A04 Sauerstoffanreicherung / -mangel“**.

Feuer- oder Explosionsgefahr kann dann entstehen, wenn brennbare tiefkalt verflüssigte Gase (z.B. flüssiger Wasserstoff) austreten, weil diese verdampfen und dadurch mit Luft ein explosionsfähiges Gemisch bilden.

Nebelbildung und Anreicherung

Wenn sich tiefkalte Gase mit Luft mischen, kann sich Nebel bilden, weil die Luftfeuchtigkeit infolge der Abkühlung kondensiert. Im Falle eines grösseren Austritts tiefkalt verflüssigter Gase kann die Nebelbildung so umfangreich sein, dass die Sichtbehinderungen die Orientierung erschweren können. Wo mit dem Freiwerden grosser Mengen tiefkalt verflüssigter Gase gerechnet werden muss, dürfen sich keine Kanaleinläufe ohne Flüssigkeitsverschluss, keine offenen Kellerfenster oder andere offenen Zugänge zu tiefer liegenden Räumen, Kanälen usw. befinden, weil sich die schweren Gase dort ansammeln könnten. In solchen Bereichen bestünde also unter Umständen besondere Erstickungs- bzw. Brandgefahr.

Versprödung

Werkstoffe, die mit tiefkalt verflüssigten Gasen in Berührung kommen können, müssen für solch tiefe Temperaturen geeignet sein, d.h. sie dürfen in der Kälte nicht verspröden. Geeignet sind z.B. Kupfer, austenitische Stähle und manche Aluminiumlegierungen. Von den Kunststoffen ist PTFE unter bestimmten Bedingungen geeignet. Welche Werkstoffe für welchen Einsatzfall geeignet sind, sollte mit dem Gas- oder Materiallieferanten geklärt werden.

Druckanstieg bei Verdampfung

Der Wärmeeinfall bewirkt, dass ständig tiefkaltes Gas aus dem Behälter austritt, sofern dieser offen ist (z.B. Dewar-Gefässe). Bei geschlossenen Gefässen wird der Druck ansteigen. Je besser die Isolierung des Gefässes, desto langsamer ist der Druckanstieg. Aus einem Liter tiefkalt verflüssigtem Gas entstehen beträchtliche Gasmengen (siehe Tabelle mit den physikalischen Eigenschaften).

Wenn tiefkalt verflüssigte Gase z.B. zwischen 2 Ventilen eingeschlossen werden können, sind Druckentlastungseinrichtungen mit genügend grossem Durchmesser vorzusehen. Auch bei bester Isolierung werden diese Flüssigkeiten verdampfen. Das dabei entstehende Gas muss durch die Druckentlastungseinrichtungen abgeführt werden, um ein Bersten z.B. der Rohrleitung zu vermeiden.

Kondensation

Bevor tiefkalt verflüssigte Gase in Apparate, Behälter, Rohrleitungen, Armaturen usw. gelangen, müssen diese sorgfältig getrocknet sein. Durch die tiefkalt verflüssigten Gase würde es sonst zum Ausfrieren der Feuchtigkeit kommen, wodurch Funktionsstörungen (z.B. von Sicherheitsventilen, Manometern, ...) verursacht werden können.

Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen in mobilen Kryobehältern

Tiefkalt verflüssigte Gase werden häufig in mobilen Kryobehältern transportiert und gelagert. Dies sind sowohl verschliessbare, für inneren Überdruck geeignete Druckgasbehälter wie auch offene, drucklos betriebene Dewargefässe. Letztere dürfen nicht fest verschlossen werden, da sie so bersten können.

Die Kryobehälter-Betriebsanleitung ist zu beachten, und das betroffene Personal ist im sicheren Einsatz und Umgang mit Kryobehältern sowie tiefkalt verflüssigte Gasen zu schulen.

Strassentransport von Kryobehältern (werksintern / extern)

Generell: es gilt das „Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (ADR)“ sowie die „Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR)“.

Es sind zu beachten:

- Ladungssicherung und richtige Lage des Behälters.
- offener Laderaum bzw. Laderaum mit Be- und Entlüftung.
- zulässiger Füllungsgrad der Behälter nicht überschritten.

Bei geschlossenen Kryo-Behältern:

- wiederkehrende Prüfung nach ADR ist sicherzustellen, d.h. es dürfen nur geprüfte und zugelassene Behälter für den Transport verwendet werden.

Bei offenen Kryo-Behältern:

- Behälter-Öffnung muss mit gasdurchlässiger Vorrichtung versehen sein, welche Herausspritzen von tiefkalt verflüssigten Gasen verhindert.

Kaltverbrennungen und Erfrierungen

Die folgenden Informationen sind insbesondere für die Erste Hilfeleistung gedacht. Sie geben jedoch auch dem erstbehandelnden Arzt wichtige Hinweise. Es ist ratsam, diese Sicherheitsempfehlungen dem Verletzten zur Vorlage beim Arzt mitzugeben.

Behandlung von Kaltverbrennungen und Erfrierungen

Die Berührung mit tiefkalten Flüssigkeiten, Dämpfen oder Gasen kann Hautschäden - ähnlich denen von Verbrennungen - verursachen, deren Schweregrad von der Temperatur und der Einwirkzeit abhängt. Unbedeckte oder unzureichend geschützte Körperteile, die mit nicht isolierten Leitungen oder Behältern für tiefkalte Gase in Berührung kommen, können aufgrund gefrierender Feuchtigkeit festkleben und beim Lösen Risswunden verursachen.

Das Tragen feuchter Kleidung sollte daher vermieden werden. Der Kontakt ungeschützter Körperteile mit tiefkalten Flüssigkeiten oder Gasen hat Erfrierungen zur Folge.

Erste Hilfe (Auszug aus Ärztedatenbank „www.uptodate.com“ / „Frostbite“)

- Der Verunfallte ist so schnell wie möglich in ein warmes (ca. 22 °C) Umfeld zu bringen. Wenn die Füße betroffen sind, darf der Verunfallte nicht darauf gehen.
- Die betroffenen Stellen sind vor dem Transport mit einer umfangreichen Abdeckung aus trockenem, sterilem Verbandszeug zu schützen. Dieses darf nicht so fest angebracht werden, dass die Blutzirkulation beeinträchtigt wird. Der betroffene Körperteil ist ruhigzustellen.
- Nasse Kleidung ist zu entfernen. Alle Kleidungsstücke, die die Blutzirkulation an der betroffenen Stelle behindern könnten, sind zu lösen.
- Betroffene Stellen in warmem Wasser oder mit Körperwärme langsam aufwärmen – auf keinen Fall betroffene Stellen reiben, da dies zu weiteren Schäden führen kann.
- Sollte eine qualifizierte medizinische Behandlung nicht sofort verfügbar sein, ist dafür zu sorgen, dass der Verletzte sofort in ein Krankenhaus gebracht wird.
- Die übliche Behandlung gegen einen Schock ist anzuwenden.

Behandlung durch den Arzt oder im Krankenhaus

- Wenn grössere Körperpartien oder einzelne Körperteile tiefkalten Temperaturen ausgesetzt waren, so dass die gesamte Körpertemperatur abgesunken ist, muss der Patient unverzüglich wieder aufgewärmt werden. Der Patient oder das betroffene Körperteil sollte dazu in ein Warmwasserbad zwischen 37 °C und 39 °C gebracht werden. Für eine möglichst rasche Wiedererwärmung ist es wichtig, dass die Bad-Temperatur möglichst konstant gehalten wird.
- Sind für diese Behandlungsart keine Möglichkeiten gegeben, kann der Patient an einen warmen Ort (ca. 22 °C) ruhiggestellt und mit Woldecken leicht zugedeckt werden.
- Während des Wiederaufwärmens kann ein Schock eintreten.
- Erfrorene Haut sieht wachsartig aus (blasse, gelbe Farbe) und ist oft schmerzfrei. Wenn sie auftaut, beginnt sie zu schmerzen, schwillt an und ist anfällig für Infektionen. Das Auftauen kann 15 bis 30 Minuten dauern und sollte fortgesetzt werden, bis die Hautfarbe sich in rosa oder rot gewandelt hat. Der Auftauvorgang kann je nach Grad der Einwirkung sehr schmerzhaft sein. Es kann erforderlich sein, Schmerzmittel zu verabreichen.
- Sind die erfrorenen Körperstellen vor dem Eintreffen medizinischer Hilfe bereits aufgetaut, sollte nicht weiter aufgewärmt werden. In diesem Fall sind diese Stellen mit einer grossen Abdeckung aus trockenem, sterilen Verbandszeug zu schützen.
- Eine Tetanusimpfung ist zu prüfen.

Schlussbemerkung

Der sichere Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen ist nur möglich, wenn die spezifischen Eigenschaften dieser Gase bekannt sind und bewusst genutzt werden. Unsachgemäss angewandte tiefkalte Gase können z.B. Erfrierungen verursachen, während die sachgerechte Anwendung des gleichen Effektes in der Kryochirurgie genutzt wird.

Geltungsbereich / Abgrenzung

Dieses Dokument ersetzt die bestehenden IGS-Sicherheitsempfehlungen „Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen IGS-TS-005/03“, „Kaltverbrennungen und Erfrierungen IGS-TS-007/03“ und „Umgang mit tiefkalt verflüssigtem Stickstoff (LIN) in mobilen Kryobehälter IGS-TS-015/03“.

Über die sicherheitsrelevanten Eigenschaften der Gase informieren die Sicherheitsdatenblätter (SDB). Diese Sicherheitsempfehlung gilt nicht für Kohlendioxid und Trockeneis. Bei weiteren Rückfragen zur Handhabung von tiefkalt verflüssigten Gasen und Kryobehältern stehen Ihnen die Gaselieferanten zur Verfügung.

Weiterführende Unterlagen (nicht abschliessend)

- Die jeweiligen Sicherheitsdatenblätter (SDB) der anzutreffenden Stoffe.
- IGS Sicherheitsempfehlung „A04 Sauerstoffanreicherung / -mangel“.
- IGS Sicherheitsempfehlung „A07 Umgang mit Kohlendioxid“.
- Betriebsanleitungen der verwendeten Kryobehälter.
- ADR / SDR.
- SVS RG 553.

Haben Sie Fragen?

Wir halten für Sie weitere Unterlagen bereit.

Überreicht durch:

Messer Schweiz AG

Seonerstrasse 75
5600 Lenzburg
Telefon +41 (0)62 886 41 41
info@messer.ch
www.messer.ch



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