

SICHERHEITS EMPFEHLUNGEN



Industriegaseverband Schweiz

Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen

Vorbemerkungen

Diese Sicherheitsempfehlungen sind Hinweise aus der Praxis für den sicheren Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen. Verbindliche Sicherheitsvorschriften werden hierdurch nicht ersetzt, sondern ergänzt. Ein Gas oder eine Flüssigkeit befindet sich in tiefkaltem (oder cryogenem) Zustand, wenn deren Temperatur deutlich unter der Umgebungstemperatur (also z. B. unter -50°C) liegt. In der Tabelle sind einige der Gase aufgeführt, mit denen häufig in tiefkaltem Zustand umgegangen wird.

1. Allgemeines über tiefkalt verflüssigte Gase

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, die beim Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen beachtet werden müssen, z. B.



Berührung: Direkter Kontakt mit tiefkalten Flüssigkeiten kann starke Erfrierungen bzw. Kaltverbrennungen verursachen. Massnahmen zur Ersten Hilfe sind in den Sicherheitsempfehlungen Kaltverbrennungen und Erfrierungen nachzulesen. Insbesondere Augen können durch Spritzer geschädigt werden.



Versprödung: Werkstoffe (z. B. die meisten Kunststoffe, Baustahl) verspröden sehr stark bei tieferen Temperaturen.

Eigenschaften

Physikalische Eigenschaften einiger tiefkalter Gase (Richtwerte)

Zeile		Sauerstoff	Stickstoff	Argon	Wasserstoff	Helium	Kohlendioxid
1	chem. Symbol	O ₂	N ₂	Ar	H ₂	He	CO ₂
2	Siedetemperatur bei 1013 mbar [°C]	-183	-196	-186	-253	-269	-78,5*
3	Dichte der Flüssigkeit bei 1013 mbar [kg/l]	1,14	0,81	1,39	0,071	0,125	1,18**)
4	Dichte des Gases bei 15 °C, 1013 mbar [kg/m ³]	1,34	1,17	1,67	0,084	0,167	1,85
5	relative Dichte gegenüber Luft bei 15 °C, 1013 mbar	1,09	0,95	1,36	0,070	0,136	1,51
6	Aus 1 l Flüssigkeit entstandene Gasmenge [l]	855	690	835	845	750	540***)

*) Sublimationstemperatur / **) bei 5,18 bar / ***) Gasmenge pro kg, 15 °C, 1 bar

Hinweis: Bei Siedetemperatur sind alle aufgeführten Gase schwerer als Luft.

2. Vorsichtsmassnahmen

Die Vorsichtsmassnahmen in diesem Abschnitt sind anwendbar für alle tiefkalt verflüssigten Gase. Sie sind zusammen mit den Vorsichtsmassnahmen anzuwenden, die in den Sicherheitsdatenblättern für Gase und weiteren zutreffenden Sicherheitshinweisen enthalten sind, z. B. in den Sicherheitsempfehlungen Sauerstoffmangel, Sauerstoffanreicherung usw.

Persönliche Schutzausrüstungen

Konsequent getragen schützen persönliche Schutzausrüstungen vor dem Kontakt mit tiefkalten Gasen, Flüssigkeiten oder Anlageteilen, so dass Gesundheitsschäden praktisch ausgeschlossen sind. Die Kleidung soll sauber, trocken und aus Naturfasern hergestellt sein. Sie soll nicht eng anliegen, damit sie leicht und schnell ausgezogen werden kann, wenn eine Benetzung mit dem tiefkalten Gas oder der Flüssigkeit erfolgt ist. Arme und Beine sollen vollständig bedeckt sein. Offene Taschen, umgeschlagene Hosenbeine oder Ärmel sind zu vermeiden. Gut isolierende Handschuhe aus trockenen, versprödungsarmen Materialien sind zu tragen, wenn kalte Anlagenteile gehandhabt werden und wenn mit Spritzern gerechnet werden muss. Die Handschuhe sollen ebenfalls locker sitzen, damit sie schnell ausgezogen werden können, falls tiefkalte Flüssigkeit in die Handschuhe eingetreten ist. Stulpen oder Manschetten sollten so ausgeführt sein, dass sie den leichten Eintritt von Flüssigkeit verhindern.

Wenn spritzende tiefkalte Flüssigkeit die Augen erreichen könnte, soll ein Gesichtsschutz getragen werden, z. B. wenn tiefkalte Flüssigkeit umgegossen wird, wenn Schläuche an- oder abgeschlossen werden oder wenn Teile in die tiefkalte Flüssigkeit eingetaucht werden. Brillen können nur unvollständig schützen. Wenn mit tiefkalten Flüssigkeiten umgegangen wird, soll Schuhwerk in gutem Zustand getragen werden. Die Sohlen sollten profiliert sein. Wenn mit brennbaren tiefkalten Gasen oder Flüssigkeiten umgegangen wird (z. B. mit flüssigem Wasserstoff), sind Schuhe mit leitfähigen (sogenannten antistatischen) Sohlen zu tragen. Stiefel sind nicht empfehlenswert, weil sie nicht schnell genug ausgezogen werden können. Atemschutzgeräte können dann erforderlich sein, wenn durch verdampfte, tiefkalte Gase der Sauerstoff der Luft verdrängt wird. Siehe auch Sicherheitsempfehlungen Sauerstoffmangel.

Besonderheiten beim Umgang mit tiefkalt verflüssigten Gasen

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 Wärmeeinfall bewirkt, dass ständig tiefkaltes 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 tiefkalt verflüssigtem Gas entstehen beträchtliche Gasmengen (siehe Tabelle Zeile 6).



Es ist daher erforderlich, dass dort, wo mit tiefkalt verflüssigten 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 zirka 23 Vol.-% erhöht die Brandgefahr erheblich. Tiefkalt verflüssigter Sauerstoff gehört daher nicht in offene Gefässe. Durch die in der Tabelle aufgeführten tiefkalten Gase können zwar Vergiftungen nicht auftreten, weil die dort genannten Gase ungiftig sind. Durch diese Gase (ausser durch Sauerstoff) könnte jedoch der Luftsauerstoff verdrängt werden, was unterhalb von 16 Vol.-% Sauerstoff in der Luft zu Erstickungen führen kann. Es sollte beachtet werden, dass Kohlendioxid schon bei geringen Konzentrationen in der Luft zu erheblichen Atemstörungen führen kann. CO₂-Konzentrationen ab etwa 20 Vol.-% wirken innerhalb von Sekunden tödlich. Abgesehen von der Erhöhung des Brandrisikos ist eine Sauerstoffanreicherung in der Luft auf deutlich mehr als 23 Vol.-% für den Körper ungefährlich. Weitere Informationen hierüber in den Sicherheitsempfehlungen Sauerstoffmangel bzw. Sauerstoffanreicherung. 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.

Alle in der Tabelle aufgeführten Gase sind bei der angegebenen Siedetemperatur deutlich schwerer als Luft.



Werkstoffe, die unter atmosphärischen Bedingungen als unbrennbar oder schwer entflammbar gelten, können in mit Sauerstoff angereicherter Luft und erst recht in reinem Sauerstoff brennbar sein, und sind sie einmal gezündet, verbrennen sie bemerkenswert heftig und mit erheblicher Wärmeentwicklung.

Wenn sich tiefkalte Gase mit Luft mischen, können 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. Es ist zu beachten, dass auch ausserhalb der Nebelwolke mit einer deutlichen Veränderung der Luftzusammensetzung gerechnet werden muss. Wo mit dem Freiwerden grosser Mengen von tiefkalt verflüssigten Gasen gerechnet werden muss, dürfen sich keine Kanaleinläufe ohne Flüssigkeitsverschluss, keine offenen Kellerfenster oder andere offenen Zugänge zu tieferliegenden Räumen, Kanälen usw. befinden, weil sich die schweren Gase dort ansammeln könnten. In solchen Bereichen bestünde also unter Umständen besondere Erstickungs- bzw. Brandgefahr. Beim Umgang mit inerten Gasen (z. B. Stickstoff, Argon, Helium, CO₂) existiert kein Brandrisiko. Diese Gase könnten sogar zum Löschen von Bränden verwendet werden. 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. Eine besonders wirksame natürliche oder künstliche Lüftung ist daher in der Regel unabdingbar. Sauerstoff, obwohl selbst nicht brennbar, unterstützt die Verbrennung. In Luft brennbare Materialien (z. B. Öl, Asphalt, Kunststoffe...) reagieren in Gegenwart von sauerstoffangereicherter Luft und in reinem Sauerstoff explosionsartig und der Kontakt ist daher zu vermeiden. Siehe auch Sicherheitsempfehlungen Sauerstoffanreicherung.

Beim Umgang mit allen tiefkalten Gasen, deren Temperatur niedriger als der Siedepunkt des Sauerstoffs liegt (siehe Tabelle Zeile 2), besteht die Möglichkeit, dass Luftsauerstoff kondensiert und dass es zu einer örtlichen Sauerstoffanreicherung kommen kann. Siehe Sicherheitsempfehlungen Sauerstoffanreicherung.

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 Verantwortlichkeit prüfen. Eine Haftung des IGS, des Überreichters und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.



Die Werkstoffe, die mit tiefkalt verflüssigten Gasen in Berührung kommen können, müssen für deren tiefe Temperaturen geeignet sein, d. h. sie dürfen in der Kälte nicht verspröden. Geeignet sind z. B. Kupfer, austenitische Stähle, manche Aluminiumlegierungen. Von den Kunststoffen ist PTFE unter bestimmten Bedingungen geeignet. Welche Werkstoffe für welchen Einsatzfall geeignet sind, sollte mit dem Gaslieferanten geklärt werden. 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 der Rohrleitung usw. zu vermeiden. 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. 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. Unterschiedliche Schrumpfungen unterschiedlicher Materialien können zu Leckagen oder auch zu Brüchen, z. B. an verschraubten Flanschen oder ähnlichen Verbindungen führen.

3. Umweltschutz

Die in der Tabelle aufgeführten Gase (ausser Wasserstoff) sind sämtlich in der Luft in unterschiedlichen Mengen vorhanden. Wenn relativ kleine Mengen (einige Liter) tiefkalt verflüssigter Gase in die Atmosphäre verdampfen, so wird sie dadurch auf Dauer weder belastet noch verändert. Wenn versehentlich tiefkalt verflüssigte Gase verschüttet werden, entsteht keine Verunreinigung des Erdreiches, weil tiefkalt verflüssigte Gase schnell verdampfen und somit nicht oder nur in geringem Masse in das Erdreich eindringen. Die vorübergehende lokale Bodenfrostung hinterlässt keine Dauerschäden des Erdreiches.

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 Cryochirurgie genutzt wird.

Haben Sie Fragen?
Wir halten für Sie weitere Unterlagen bereit.

Carbagas AG, Hauptsitz: Hofgut, 3073 Gümligen - Tel. 031 950 50 50 - Fax 031 950 50 51
www.carbagas.ch - info@carbagas.ch

Carbagas