Sicherheitshinweis #14

Umgang mit Kohlendioxid (CO_2)

1. Vorbemerkungen

Wer mit Kohlendioxid gefahrlos umgehen will, muss die Eigenschaften dieses Gases kennen und geeignete Sicherheitsmaßnahmen ergreifen.

Diese Sicherheitshinweise sind Empfehlungen aus der Praxis. Verbindliche Sicherheitsvorschriften werden hierdurch nicht ersetzt sondern ergänzt. In der Praxis wird Kohlendioxid häufig als Kohlensäure bezeichnet. In diesen Sicherheitshinweisen wird der Ausdruck „Kohlensäure“ nur gebraucht, wo die wässrige Lösung des Kohlendioxids (CO_2 in H_2O) gemeint ist.

2. Eigenschaften

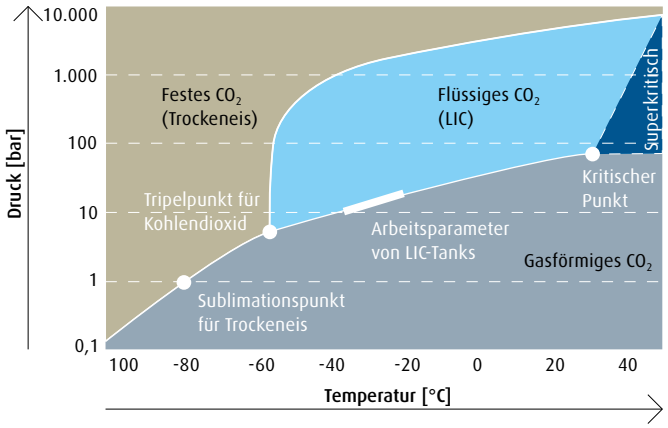
Chemische Eigenschaften:
Kohlendioxid ist unbrennbar und unter atmosphärischen Bedingungen chemisch stabil und reaktionsträge. Verbrennungsreaktionen werden durch CO_2 gehemmt oder gänzlich unterdrückt. Mit bestimmten Stoffen, z. B. Ammoniak oder Aminen, kann Kohlendioxid heftig reagieren. Kohlendioxid löst sich in Wasser. Dabei entsteht Kohlensäure, die schwach sauer reagiert und korrodierend auf Kohlenstoffstahl und einige Buntmetalle wirkt.

Physikalische Eigenschaften:
Kohlendioxid ist als Gas bei atmosphärischen Bedingungen etwa 1,5 mal so schwer wie Luft. Deshalb fließt CO_2 vorrangig nach unten und kann sich in Gruben, Kellerräumen oder Geländesenken ansammeln. Bei geringer Luftbewegung können sich derartige CO_2-Ansammlungen über viele Stunden halten.

Besondere Aufmerksamkeit erfordern die von Druck und Temperatur abhängigen Aggregatzustände:

- Bei atmosphärischen Bedingungen ist CO_2 gasförmig.
- Bei Temperaturen zwischen −56,6 und +31,1 °C und Drücken von mindestens 5,2 bar kann CO_2 in flüssiger Form vorliegen. Bei atmosphärischem Druck (1 bar) kann flüssiges CO_2 nicht existieren.
- Bei Temperaturen unter −56,6 °C kann CO_2 im festen Zustand vorliegen.
- Nur am sogenannten Tripelpunkt (−56,6 °C, 5,2 bar) sind alle drei Aggregatzustände möglich.

3. Aggregatzustände im Zusammenhang mit Druck und Temperatur



Aggregatzustände im Zusammenhang mit Druck und Temperatur

Die Aggregatzustände können sich leicht ändern:
In der Gasflasche befindet sich CO_2 im flüssigen Zustand, d. h. „unter Druck verflüssigt“. Der Druck der Flüssigkeit in der Gasflasche beträgt bei 20 °C ca. 57 bar. Wenn man aus der Gasflasche CO_2 mit einem Druckminderer entnimmt, dessen Hinterdruck unter 5,2 bar eingestellt ist, erhält man gasförmiges CO_2. Dabei entstehen aus 1 kg Flüssigkeit beim Entspannen auf Atmosphärendruck etwa 550 Liter Gas. Unter bestimmten Bedingungen kann man CO_2 aus der Gasflasche in flüssiger Form entnehmen (vgl. Abschnitt 3). Wird flüssiges CO_2 bei der Entnahme plötzlich entspannt, so kühlt es sich intensiv ab, wobei ein Gemisch aus CO_2-Gas und CO_2-Schnee entsteht.

Physiologische Wirkungen:
Kohlendioxid ist als Gas farblos und weitgehend geruchs- und geschmacksneutral. Deshalb ist es mit den menschlichen Sinnesorganen praktisch nicht wahrnehmbar. Kohlendioxid gilt als nicht giftig. Es ist kein Gefahrstoff im Sinne der Gefahrstoffverordnung. Die Luft, die wir atmen, enthält etwa 0,03 Vol.-% Kohlendioxid. Diese Konzentration ist lebensnotwendig, weil sie unser Atemzentrum anregt und Atemvolumen und -geschwindigkeit steuert. In höheren Konzentrationen kann CO_2 die Gesundheit schädigen. Bei 3–5 Vol.-% CO_2 in der Atemluft kommt es zu Kopfschmerzen, Atemstörungen und Unwohlsein. Bei 8–10 Vol.-% können Krämpfe, Ohnmacht, Atemstillstand und Tod eintreten. Der Sauerstoffgehalt der Atemluft beträgt dabei noch ca. 19 Vol.-% und wäre damit ausreichend. Es muss bei der Notwendigkeit eines Gaswarngerätes (mobil oder stationär) immer die CO_2-Konzentration gemessen werden.

Die schädliche physiologische Wirkung derartiger CO_2-Konzentrationen entsteht also nicht durch Sauerstoffmangel sondern durch direkte Wirkung des Kohlendioxids. Aus diesem Grund ist für CO_2 ein maximal zulässiger Arbeitsplatzgrenzwert (AbW) von 0,5 Vol.-% festgelegt.

Kohlendioxid kann den Menschen außerdem durch Kältewirkung schädigen. Wenn tiefkalt verflüssigtes CO_2 oder durch Entspannung abgekühltes CO_2 als Spritzer oder als Schnee auf die menschliche Haut trifft, können schmerzhafte „Kaltverbrennungen" entstehen. Empfindliche Körpergewebe, wie z. B. die Augenhornhaut, sind besonders gefährdet. Kaltverbrennungen größeren Ausmaßes sind lebensgefährlich.



Wenn tiefkalt verflüssigtes CO_2 oder durch Entspannung abgekühltes CO_2 als Spritzer oder als Schnee auf die menschliche Haut trifft, können schmerzhafte „Kaltverbrennungen" entstehen.

Eigenschaften von Trockeneis:
Trockeneis besteht aus zusammengepreßtem CO_2-Schnee, der durch Entspannen von flüssigem CO_2 gewonnen wird. Trockeneis hat bei Atmosphärendruck eine Temperatur von −78,5 °C. Wenn sich Trockeneis bei Atmosphärendruck erwärmt, schmilzt es nicht sondern verdampft („sublimiert") rückstandsfrei zu gasförmigen Kohlendioxid. (Daher der Name „Trockeneis"). Aus 1 kg Trockeneis entstehen je nach Verdichtungsgrad 300–400 Liter CO_2-Gas. Deshalb kann ein erheblicher Druckanstieg entstehen, wenn Trockeneis in einem gasdichten Behälter verdampft.

4. Sicherheitsmaßnahmen

Gesundheitsschutz:
Das Einatmen von CO_2 in konzentrierter Form ist für den Menschen gefährlich. Deshalb darf CO_2 nicht in größerer Konzentration in der Atemluft enthalten sein.

Folgende Sicherheitsmaßnahmen sind zweckmäßig:
- CO_2-Anlagen sind dicht zu halten. Lecks sind unverzüglich abzudichten.
- CO_2-Abgas aus einer anwendungstechnischen Anlage oder aus einem Sicherheitsventil ist ins Freie abzuleiten.
- Räume mit CO_2-Anlagen müssen eine wirksame Lüftung haben.
- Räume, in denen sich größere Mengen CO_2 angesammelt haben, dürfen nur mit umluftunabhängigem Atemgerät betreten werden. Das gilt auch, wenn in dem Raum Personen verunglückt sind und dringend Hilfe benötigen.
- Bei einem plötzlichen CO_2-Austritt sind vor allem tiefgelegene Räume (Gruben, Keller) sofort zu verlassen, weil hier die Gefahr der CO_2-Ansammlung besonders groß ist.
- Stationäre CO_2-Löschanlagen dürfen zur Prüfung oder im Ernstfall nur in Betrieb gesetzt werden, wenn sich in dem gefährdeten Bereich keine Personen aufhalten. Wenn das Kohlendioxid durch Kanäle, Wandöffnungen, Lüftungs- oder Klimaanlagen in andere Räume gelangen kann, zählen auch diese zu dem gefährdeten Bereich.



Das Einatmen von CO_2 in konzentrierter Form ist für den Menschen gefährlich. CO_2-Anlagen sind dicht zu halten. Lecks sind unverzüglich abzudichten.

Umgang mit CO_2-Flaschen:
Wichtige Ratschläge für den Umgang mit Gasflaschen aller Art geben die Linde-Sicherheitshinweise Nr. 1 „Sicherer Umgang mit Gasflaschen und Flaschenbündeln" und Nr. 2 „Über das (Um-)Füllen von Gasen". Für CO_2-Flaschen ist darüber hinaus folgendes zu beachten: Das nicht autorisierte Umfüllen von Kohlendioxid aus einer Gasflasche in eine andere ist aus folgenden Gründen sicherheitstechnisch riskant: Gasflaschen, die gefüllt werden sollen, müssen bestimmten Anforderungen genügen, damit sie dem Druck sicher standhalten. Ob eine Gasflasche füllfähig ist, kann in der Regel nur das entsprechend ausgebildete Personal eines autorisierten Füllbetriebes beurteilen. Außerdem ist eine Überwachung und Begrenzung der Füllmenge durch Wägung während des Füllens unbedingt notwendig. Nach der Druckbehälterverordnung dürfen maximal 0,75 kg CO_2 pro Liter Flaschenvolumen eingefüllt werden. Mit diesem Füllfaktor ist gewährleistet, dass der Druck in der CO_2-Flasche erst bei Erwärmung auf 65 °C den Prüfdruck von 250 bar erreicht. Wenn der zulässige Füllfaktor überschritten wird, steigt der Druck in der Gasflasche schon bei geringer Erwärmung erheblich an. Eine überfüllte CO_2-Flasche kann bereits bei Erwärmung durch Sonneneinstrahlung bersten. Es wird dringend davon abgeraten, Kohlendioxid umzufüllen.

Der Druck in einer CO_2-Flasche hängt nur von der Temperatur ab. Er beträgt z. B. bei 20 °C 57 bar. Auch eine fast leere CO_2-Flasche hat, solange sie Flüssigphase enthält, bei 20 °C 57 bar. Das bedeutet: Der Füllzustand einer CO_2-Flasche kann nicht durch Messen des Druckes, sondern nur durch Wägen festgestellt werden.

CO_2-Flaschen bestehen im Allgemeinen aus Kohlenstoffstahl. Dieser wird durch Kohlensäure (CO_2 in H_2O) korrodiert, was zu einer gefährlichen Festigkeitsminderung führen kann. Deshalb müssen Wasser oder wässrige Flüssigkeiten (Bier, Limonade) aus CO_2-Flaschen ferngehalten werden. Im Füllbetrieb müssen CO_2-Flaschen vor dem Füllen auf Vorhandensein von Wasser geprüft und ggf. getrocknet werden.



Flaschenventile sind nach der Entleerung stets geschlossen zu halten.

Aber auch die Anwender sollten darauf achten, dass keine Flüssigkeit in die CO_2-Flasche eindringt. Eine mögliche Schutzmaßnahme ist die Installation einer Rückströmsperre.

Um Feuchtigkeit aus CO_2-Flaschen fernzuhalten, gibt es eine weitere, sehr simple Sicherheitsmaßnahme: CO_2-Flaschen sollten nur bis zu einem Restdruck von ca. 5 bar entleert werden und die Flaschenventile sind nach der Entleerung geschlossen zu halten. Damit wird verhindert, dass feuchte Luft in die CO_2-Flasche eindringt.

CO_2-Flaschenventile haben häufig eine Überdrucksicherung in Form einer Berstscheibe, die mit einer Überwurfmutter am Ventil befestigt ist. An dieser Einrichtung darf in keiner Weise manipuliert werden, um ungewolltes und gefährliches Ausströmen von CO_2 zu vermeiden.

Entnahme aus CO_2-Steigrohrflaschen:
CO_2-Steigrohrflaschen haben im Inneren ein Steig- oder Tauchrohr, das vom Flaschenventil bis dicht über den Flaschenboden reicht. Aus einer Steigrohrflasche wird – solange sie aufrecht steht – CO_2 zwangsläufig in flüssiger Form entnommen. Folgende Besonderheiten sind bei der Anwendung zu berücksichtigen:

- CO_2-Steigrohrflaschen werden durch den Füllbetrieb eindeutig als solche gekennzeichnet und haben ein rotes Ventilhandrad. Der Anwender muss bewusst zur Kenntnis nehmen, dass er es mit einer CO_2-Steigrohrflasche zu tun hat.
- CO_2-Steigrohrflaschen dürfen nur verwendet werden, wenn die Entnahme von flüssigem Kohlendioxid beabsichtigt ist.
- CO_2-Steigrohrflaschen dürfen nicht mit einem Druckminderer ausgerüstet werden, weil das flüssige Kohlendioxid infolge des Druckabfalls zu CO_2-Schnee erstarren und den Druckminderer blockieren und unwirksam machen würde.
- CO_2-Steigrohrflaschen müssen bei der Entnahme aufrecht stehen, damit die Öffnung des Tauchrohrs unter dem CO_2-Flüssigkeitsspiegel bleibt. Nur unter dieser Voraussetzung kann nahezu der gesamte Inhalt der Flasche, dem Anwendungszweck entsprechend, flüssig entnommen werden.
- Aus einer CO_2-Steigrohrflasche wird das flüssige Kohlendioxid mit dem vollen Flaschendruck entnommen. Die Entnahmeeinrichtung muss dementsprechend druckfest und für flüssiges CO_2 geeignet sein. Es wäre z. B. lebensgefährlich, wenn eine CO_2-Steigrohrflasche mit oder ohne Druckminderer an ein Bierfass angeschlossen würde. Das Bierfass könnte dem Druck der verdampfenden CO_2-Flüssigkeit keinesfalls standhalten und würde bersten.
- Absperrbare Rohrabschnitte für flüssiges CO_2 müssen mit einem Sicherheitsventil ausgerüstet sein.
- Wenn aus einer Steigrohrflasche flüssiges entnommenes Kohlendioxid auf Atmosphärendruck entspannt wird, entsteht CO_2-Schnee. Deshalb werden Steigrohrflaschen vor allem dann angewendet, wenn CO_2-Schnee benötigt wird. z. B. zur Kühlung von Lebensmitteln.
- CO_2-Schnee kann in mehrfacher Hinsicht gefährlich werden. Wenn der austretende Strahl die menschliche Haut trifft, besteht die Gefahr der Kaltverbrennung. Deshalb sollten zumindest die Augen mit einer Schutzbrille geschützt werden. Der CO_2-Schnee kann die Entnahmevorrichtung verstopfen. Wenn ein Pfropfen aus CO_2-Schnee sich plötzlich lockert, z. B. durch Schläge gegen den Entnahmeschlauch, entspannt sich die gestaute CO_2-Flüssigkeit schlagartig. Dabei können durch Herumschlagen oder Platzen des Entnahmeschlauches Personen verletzt oder Sachen beschädigt werden.
- Eine ganz spezielle Gefahr kann entstehen, wenn CO_2 benutzt wird, um brennbare Gase oder Dämpfe zu inertisieren. In einem strömenden Gemisch aus CO_2-Gas/CO_2-Schnee können sich die „Schneeflocken" elektrostatisch aufladen und durch Entladungsfunken ein explosionsfähiges Gas/Luft-Gemisch zünden. Deshalb darf CO_2 keinesfalls direkt in eine Wolke brennbaren Gases oder Dampfes geblasen werden. Dieser wichtige Hinweis gilt für CO_2-Flaschen mit oder ohne Steigrohr.

Entnahme aus CO_2-Flaschen ohne Steigrohr:
Bei CO_2-Flaschen ohne Steigrohr wird Kohlendioxid aus dem Kopf der Gasflasche entnommen. Beim Öffnen des Flaschenventils vermindert sich der Druck in der Gasflasche. CO_2 verdampft aus der Flüssigphase ständig nach und strömt gasförmig aus. Ein wichtiges Anwendungsgebiet der CO_2-Flaschen ohne Steigrohr ist z. B. der Getränkeschankbetrieb. CO_2-Flaschen ohne Steigrohr müssen zur Gasentnahme mit einem Druckminderer betrieben werden, um den Druck auf das für den Anwendungszweck zulässige Maß zu reduzieren. CO_2-Flaschen ohne Steigrohr müssen zur Gasentnahme aufrecht stehend betrieben werden. Aus einer liegenden Flasche würde flüssiges CO_2 ausströmen, was zum Verstopfen der Entnahmevorrichtung mit CO_2-Schnee führen könnte. Die Entnahmegeschwindigkeit aus CO_2-Flaschen ohne Steigrohr ist begrenzt, weil das CO_2 aus der Flüssigphase verdampfen muss. Hierzu wird aus der Umgebung Wärme aufgenommen, d. h. die Gasflasche und vor allem das Ventil können vereisen. Damit wird die Bedienbarkeit des Ventils in Frage gestellt. Um das zu vermeiden, sind bei größerem CO_2-Bedarf mehrere Gasflaschen parallel zu betreiben oder die Gasflasche ist mit warmem Wasser (nicht über 50 °C) anzuwärmen. Keinesfalls darf die Gasflasche mit einer Flamme angewärmt werden.

Umgang mit Trockeneis:
Trockeneis bedarf beim Umgang wegen seiner tiefen Temperatur und wegen der Bildung von gasförmigem CO_2 einiger spezieller Sicherheitsmaßnahmen:

- Trockeneis ist kein Speiseeis. Man darf es nicht verschlucken oder direkt in Getränke geben. Kälte und entstehender Druck könnten für den menschlichen Körper schlimme Folgen haben. Trockeneis darf auch nicht in Kinderhände gelangen!
- Trockeneis darf wegen seiner tiefen Temperatur nicht mit bloßen Händen angefasst werden. Hantieren mit Handschuhen oder einer geeigneten Greifzange schützt vor Kaltverbrennungen. Wenn Trockeneis mit geeignetem Werkzeug von Hand zerkleinert wird, müssen die Augen mit einer Schutzbrille gegen Trockeneispartikel geschützt werden.

- Trockeneis darf nicht in dicht geschlossenen Behältern gelagert oder transportiert werden. Der durch Verdampfung entstehende Druck könnte den Behälter sprengen.
- Räume, in denen Trockeneis gelagert wird, dürfen von Personen nur betreten werden, wenn das entstehende gasförmige CO_2 durch ausreichend Lüftung abgeführt wird.
- Trockeneis darf nur in solchen Fahrzeugladeräumen transportiert werden, die vom Fahrerhaus bzw. Fahrgastraum gasdicht getrennt sind.

5. Schlussbemerkung

Kohlendioxid in allen seinen Erscheinungsformen kann für vielfältige Zwecke angewendet werden. Es kommt darauf an, seine Eigenschaften richtig zu nutzen, um die erwünschten Effekte zu erreichen und Gefahren auszuschließen. Unsere Gasespezialisten können Ihnen sagen, wie das zu tun ist.

Diese Veröffentlichung entspricht dem Stand des technischen Wissens zum Zeitpunkt der Herausgabe. Der Betreiber muss die Anwendbarkeit der Sicherheitshinweise auf seine spezielle Situation im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung prüfen und die Aktualität der vorliegenden Fassung in eigener Verantwortung sicher stellen.

6. Vorschriften und Regeln

- Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 407 „Tätigkeiten mit Gasen – Gefährdungsbeurteilung“
- Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 510 „Lagerung von Gefahrstoffen in ortsbeweglichen Behältern“
- Technische Regeln für Betriebssicherheit/Gefahrstoffe TRBS 3145 / TRGS 745, „Ortsbewegliche Druckgasbehälter – Füllen, Bereithalten, innerbetriebliche Beförderung, Entleeren“

Linde GmbH
Gases Division, Seitnerstraße 70, 82049 Pullach
Telefon +49 89 7446-0, linde-gas.de

Das Linde Logo und das Wort Linde sind Marken oder registrierte Marken der Linde plc oder der mit ihr verbundenen Unternehmen. Copyright © 2017–2026. Linde plc.

Making our world more productive

LBSS03_0726