



## A07 Umgang mit Kohlendioxid

### Allgemeines

Oftmals wird Kohlendioxid im täglichen Gebrauch als Kohlensäure bezeichnet. Diese Bezeichnung ist jedoch nur richtig, wenn damit die wässrige Lösung des Kohlendioxids ( $\text{CO}_2$ ) in Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) gemeint ist (z.B. Mineralwasser mit Kohlensäure).

### Eigenschaften

Kohlendioxid ist als Gas farblos, weitgehend geruchslos mit leicht säuerlichem Geschmack. Deshalb ist es mit den menschlichen Sinnesorganen praktisch nicht wahrnehmbar. Ausströmendes  $\text{CO}_2$  kann den lebensnotwendigen Sauerstoff in unserer Umgebungsluft verdrängen.

Kohlendioxid gilt als nicht giftig, es existiert jedoch ein Grenzwert, der nicht überschritten werden darf (SUVA Publikation „Grenzwerte am Arbeitsplatz“ Nr. 1903.d). Die Umgebungsluft die wir atmen, enthält etwa 0,04 Vol.-% Kohlendioxid. Diese Konzentration ist lebensnotwendig, weil sie unser Atemzentrum anregt und Atemvolumen und -geschwindigkeit steuert.

Kohlendioxid ist ein nicht brennbares Gas, das 1,5 mal schwerer ist als Luft. Aus diesem Grund breitet sich  $\text{CO}_2$  am Boden aus und sammelt sich in Vertiefungen an.

Bei atmosphärischen Bedingungen ist Kohlendioxid grundsätzlich gasförmig, es kann jedoch auch fest (Trockeneis) auftreten. In flüssiger Form existiert  $\text{CO}_2$  nur bei Drücken von mehr als 5.18 bar.

### Generelle Gefahr

Die Aggregatzustände (fest / flüssig / gasförmig) von  $\text{CO}_2$  können sich leicht im Zusammenhang mit Druck und Temperatur ändern. Somit können sich auch das Volumen sowie die physikalischen Eigenschaften relativ schnell verändern.



### Kohlendioxid gasförmig

Gasförmiges Kohlendioxid kann direkt aus der Flasche entnommen werden, oder es entsteht beim Verdampfen von Trockeneis.

### Gefahren von gasförmigem $\text{CO}_2$

Erstickungsgefahr /  $\text{CO}_2$ -Vergiftung

- Gasförmiges  $\text{CO}_2$  wirkt sauerstoffverdrängend und narkotisierend. Die maximale Arbeitsplatzkonzentration (MAK) beträgt deshalb 5000 ppm (0.5 Vol.-%).
- Bei einer Konzentration von 10 Vol.-%  $\text{CO}_2$  in der Atemluft beträgt der Sauerstoffgehalt immer noch ausreichende 19 Vol.-%. Bei dieser  $\text{CO}_2$ -Konzentration können jedoch Krämpfe, Ohnmacht, Atemstillstand und Tod eintreten. In diesem Fall ist die Ursache nicht Sauerstoffverdrängung, sondern ein direkter Eingriff des Kohlendioxids in den Atemprozess des Menschen.
- Durch eine ausreichende Lüftung (natürlich oder künstlich) und / oder mit einer  $\text{CO}_2$ -Überwachung, kann diese Gefahr minimiert werden.



**Ein häufiger Fehler besteht darin, dass nur der Sauerstoffgehalt und nicht die Kohlendioxidkonzentration gemessen wird. Ein solcher Fehler kann bei  $\text{CO}_2$  tödlich enden.**

CO<sub>2</sub>-Ansammlungen:

- Durch das hohe spezifische Gewicht des Gases (1,5 mal schwerer ist als Luft) kann sich austretendes CO<sub>2</sub> in tieferliegenden Räumen, Mulden oder Senken ansammeln. Somit kann sich eine kritische Kohlendioxid-Konzentration unbemerkt ansammeln und über eine längere Zeit bestehen bleiben.
- Kohlendioxid darf nicht in schlecht belüfteten Räumen (z.B. Keller) gelagert oder verwendet werden.
- Bei mechanischen Lüftungsanlagen muss die Absaugung zwingend in Bodennähe erfolgen.



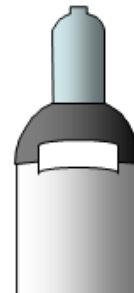
## Kohlendioxid flüssig

In Gasflaschen, Kryobehältern oder Tanks wird Kohlendioxid in flüssiger Form gelagert. Wird das unter Druck stehende CO<sub>2</sub> bei Atmosphärendruck entlastet, entsteht schlagartig gasförmiges CO<sub>2</sub> und Trockeneis(-Schnee). Auch der Trockeneis-Schnee verdampft (sublimiert) anschliessend direkt in den gasförmigen Zustand und es kommen die Eigenschaften und Gefahren von gasförmigem Kohlendioxid zum Tragen (**siehe „Kohlendioxid gasförmig“**).

### Kohlendioxid in Flaschen (Schulterfarbe „staubgrau“)

Im Gegensatz zu den meisten Standardgasen befindet sich der Inhalt der CO<sub>2</sub>-Flasche im flüssigen Zustand, d.h. „unter Druck verflüssigt“. Aus diesem Grund wird der Inhalt der Kohlendioxid-Flasche nicht in Liter sondern in kg deklariert. Der Druck der Flüssigkeit in der Gasflasche beträgt bei 20°C ca. 57 bar. Der Flascheninhalt kann nicht über ein angeschlossenes Manometer bestimmt werden.

CO<sub>2</sub>-Flaschenventile haben eine Überdrucksicherung in Form einer Berstscheibe. An dieser Einrichtung darf in keiner Weise manipuliert werden, um ungewolltes und gefährliches Ausströmen von CO<sub>2</sub> zu vermeiden.



Bei der Entnahme von CO<sub>2</sub> ist die richtige Lage der Flasche unbedingt zu beachten. Bei einer Flasche mit Tauchrohr wird im stehenden Betrieb flüssiges CO<sub>2</sub> entnommen. Ohne Tauchrohr wird in derselben Situation gasförmiges Kohlendioxid entnommen. Bei einer liegenden Flasche (auch ohne Tauchrohr), kann beim Öffnen des Ventils ungewollt Trockeneis-Schnee sowie grössere Mengen gasförmiges CO<sub>2</sub> austreten. Angeschlossene Druckminderer können beim Eindringen von flüssigem CO<sub>2</sub> zerstört werden.



Berstgefahr von Flaschen:

- Das nichtautorisierte Umfüllen von Kohlendioxid aus einer Gasflasche in eine andere ist riskant. Der Füllzustand einer CO<sub>2</sub>-Flasche kann nicht durch Messen des Druckes sondern nur durch Wägen festgestellt werden. Eine „überfüllte“ CO<sub>2</sub>-Flasche ohne Berstscheibe kann bereits bei Raumtemperatur bersten.



### Zusätzliche Gefahren von flüssigem Kohlendioxid

Erstickungsgefahr / CO<sub>2</sub>-Vergiftung:

- Flüssiges Kohlendioxid verdampft mit einer sehr grossen Volumenzunahme, dabei entstehen aus 1 kg Flüssigkeit beim Entspannen auf Atmosphärendruck ca. 550 Liter gasförmiges Kohlendioxid. Dadurch entstehen ein sehr schneller Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration und eine intensive Sauerstoffverdrängung in der Umgebungsluft.



Kältegefahr:

- Kohlendioxid kann den Menschen ausserdem durch Kältewirkung schädigen. Wenn durch Entspannung abgekühltes CO<sub>2</sub> als Trockeneis-Schnee (-78°C) auf die menschliche Haut trifft, können schmerzhafte „Erfrierungen“ entstehen. Empfindliche Körpergewebe, wie z.B. die Augenhornhaut, sind besonders gefährdet.



Überdruck in Behältern:

- Verdampft flüssiges CO<sub>2</sub> im Inneren eines geschlossenen Behälters (z.B. Tank), kann dies zu einem starken Druckanstieg führen. Ohne geeignete Druckentlastung am Behälter, kann dieser bersten.



Ungewollte Entspannung:

- Fällt der Druck in einer mit flüssigem CO<sub>2</sub> gefüllten Installation unter 5.1 bar, bildet sich spontan festes und gasförmiges CO<sub>2</sub>. Durch das feste CO<sub>2</sub> können Armaturen und Sicherheitseinrichtungen beeinträchtigt und dadurch die Installationen massiv beschädigt werden.

## Kohlendioxid fest ⇔ Trockeneis

Trockeneis besteht aus zusammengepresstem CO<sub>2</sub>-Schnee, der durch Entspannen von flüssigem Kohlendioxid gewonnen wird. Trockeneis hat bei Atmosphärendruck eine Temperatur von  $-78^{\circ}\text{C}$ . Wenn sich Trockeneis bei Atmosphärendruck erwärmt, schmilzt es nicht, sondern es sublimiert (verdampft) rückstandsfrei zu gasförmigem CO<sub>2</sub>. In diesem Zustand kommen die Eigenschaften und Gefahren von gasförmigem Kohlendioxid zum Tragen (**siehe „Kohlendioxid gasförmig“**).

### Zusätzliche Gefahren von Trockeneis

Erstickungsgefahr / CO<sub>2</sub>-Vergiftung:

- Aus 1 kg Trockeneis entstehen durch Sublimation je nach Verdichtungsgrad 300–400 Liter gasförmiges Kohlendioxid. Dadurch entsteht ein sehr schneller Anstieg der CO<sub>2</sub>-Konzentration und eine intensive Sauerstoffverdrängung in der Umgebungsluft.
- Mit einer gut isolierenden Transportbox kann die Geschwindigkeit der Verdampfung massiv reduziert (aber nicht verhindert) werden.
- Räume, in denen Trockeneis gelagert wird, dürfen von Personen nur betreten werden, wenn das entstehende gasförmige CO<sub>2</sub> durch ausreichend Lüftung abgeführt wird.
- Trockeneis darf nur in Fahrzeugladeräumen transportiert werden, wenn diese vom Fahrerhaus bzw. Fahrgastraum gasdicht getrennt sind, oder wenn eine ausreichende Lüftung sichergestellt werden kann.



Kältegefahr:

- Trockeneis ist kein Speiseeis, niemals in den Mund nehmen oder ohne Schutzeinrichtung direkt in Getränke geben.
- Trockeneis nur mit Handschuhen oder einer Greifzange anfassen. Der direkte Kontakt mit ungeschützter Haut kann ernsthafte Erfrierungen verursachen ( $-78^{\circ}\text{C}$ ).
- Wenn Trockeneis mit geeignetem Werkzeug von Hand zerkleinert wird, müssen die Augen mit einer Schutzbrille gegen Trockeneispartikel geschützt werden.



Überdruck in Behältern:

- Sublimiert Trockeneis im Inneren eines gasdicht verschlossenen Behälters (z.B. Kühlbox mit Dichtung), kann dies zu einem hohen Druckanstieg führen. Ohne geeignete Druckentlastung kann ein solcher Behälter bersten.
- Nur in geeigneten, gut isolierten, jedoch nicht dicht schliessenden Behältern aufbewahren.



Zugriff durch unbefugte Personen:

- Trockeneis ist kein Spielzeug und darf nicht in Kinderhände gelangen!
- Nicht unterwiesene Personen dürfen keinen Zugang zu Trockeneis haben.



## Schlussbemerkung

Über die sicherheitsrelevanten Eigenschaften von Kohlendioxid und Trockeneis informieren die Sicherheitsdatenblätter (SDB). Bei weiteren Rückfragen zur Handhabung stehen Ihnen die Gaslieferanten zur Verfügung.

**Kohlendioxid ist „nicht nur erstickend“, eine Kohlendioxid-Vergiftung kann bereits eintreten, wenn sich immer noch genügend Sauerstoff in der Umgebungsluft befindet.**

## Geltungsbereich / Abgrenzung

Dieses Dokument ersetzt die bestehenden IGS-Sicherheitsempfehlungen „Sicherheit im Umgang mit Trockeneis IGS-TS-009/06“

Der Anwendungsbereich dieser Sicherheitsempfehlung umfasst Druckgasbehälter (Gasflaschen) und Kryobehälter die als Transport- und Lagerbehälter für Gase eingesetzt werden. Für Gastanks kann diese Dokumentation nicht angewendet werden.

## Weiterführende Unterlagen (nicht abschliessend)

- SUVA Publikation „Grenzwerte am Arbeitsplatz“ Nr. 1903.d
- EIGA Sicherheitsinformation „Physiologische Gefahren durch Kohlendioxid“ Nr. 24/11/D

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



Überreicht durch:

Westfalen Gas Schweiz GmbH  
Sisslerstrasse 11, CH-5074 Eiken  
Telefon 061 855 25 25, Fax 061 855 25 26  
[www.westfalen.ch](http://www.westfalen.ch), [info@westfalen.ch](mailto:info@westfalen.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 Verantwortlichkeit prüfen. Eine Haftung des IGS, des Überreichters und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen