

CO₂ in der Getränkeindustrie

Themenübersicht

1. Einleitung	3
2. Vorkommen, Entstehung	4
3. Grenzwerte	4
4. Eigenschaften und Wirkung von Kohlendioxid	5
5. Gefährdungsbeurteilung	6
5.1 Einsteigen in Behälter (Tanks, Gärbehälter)	6
5.1.1 Einsteigen vermeiden	6
5.1.2 Allgemeine Schutzmaßnahmen durchführen	6
5.1.3 Gewährleisten einer ungefährlichen Atmosphäre im Behälter	7
5.2 Überströmen von Kohlendioxid aus den Behältern (Tanks, Gärbehälter) in Arbeitsräume	7
5.2.1 Offene Gärbehälter	7
5.2.2 Geschlossene Behälter für Gärung, Reifung und Lagerung	8
5.2.3 Vorspannen bzw. Leerdrücken von Behältern mittels Kohlendioxid	9
5.2.4 Verwendung von sauren Reinigungslösungen in Kohlendioxidatmosphäre	10
5.3 Weitere Gefahrenfälle	10
5.3.1 Abströmen von Kohlendioxid in tiefer gelegene Bereiche	10
5.3.2 Ausströmen von Kohlendioxid aus Sicherheitsventilen	10
5.3.3 Räume mit Anschlüssen zur CO ₂ -Versorgung und CO ₂ -Rückgewinnung	11
5.3.4 Sonstige Gefahrenfälle	11
6. Schutzmaßnahmen	12
6.1 Ableitung von Kohlendioxid ins Freie	12
6.2 Raumlüftung	12
6.3 Raumluftüberwachung /stationäre Gaswarnanlage	15
6.4 Spülen, Reinigen und Lüften von Behältern - nachgewiesene sichere Verfahrensweisen	16
6.5 Wichtige Schutzmaßnahmen bei Arbeiten in Behältern	18

Anhang:

Überschlägige Berechnung der möglichen CO₂-Konzentration in Räumen mit Gärbehältern durch das entstehende Gärungs-CO₂	21
Überschlägige Berechnung der möglichen CO₂-Konzentration in Räumen durch geöffnete Behälter, die mit CO₂ gefüllt sind.	21
Überschlägige Berechnung der möglichen CO₂-Konzentration in Räumen durch geöffnete Behälter, die mit CO₂ vorgespannt sind.	22

Die vorliegende Arbeitssicherheitsinformation (ASI) konzentriert sich auf wesentliche Punkte einzelner Vorschriften und Regeln. Sie nennt aus diesem Grund nicht alle im Einzelnen erforderlichen Maßnahmen. Seit Erscheinen dieser ASI können sich der Stand der Technik und Rechtsgrundlagen geändert haben.

Die ASI wurde sorgfältig erstellt. Dies befreit jedoch nicht von der Pflicht und Verantwortung, die Angaben auf Vollständigkeit, Aktualität und Richtigkeit zu überprüfen.

In dieser ASI wurde auf geschlechterneutrale Sprache geachtet. In Ausnahmefällen beziehen sich die Personenbezeichnungen gleichermaßen auf Frauen und Männer, auch wenn dies in der Schreibweise nicht zum Ausdruck kommt.

1. Einleitung

In verschiedenen Bereichen der Getränkeindustrie wird Kohlendioxid (CO₂) verwendet oder sie entsteht dort durch Gärung, so z. B. in Brauereien, Mostereien und Sektkelereien.

Kohlendioxid ist ein Gefahrstoff, dessen Wirkung ab einer bestimmten Konzentration die Gesundheit der Beschäftigten gefährdet. So reichen bei einer Konzentration von ca. 8-10 Vol.-% wenige Atemzüge bis zum Eintreten von Bewusstlosigkeit mit kurzfristig folgendem Tod.

Untersuchungen von tödlichen Unfällen im Zusammenhang mit Kohlendioxid verdeutlichen, dass die mit einer erhöhten Konzentration verbundene Gefahr selbst von fachkundigen Personen häufig unterschätzt wird.

Zwei Tote in einer Mosterei

Ein Auszubildender hatte den Auftrag, einen Mischbehälter zu reinigen. Als er in diesen Behälter einstieg, war darin eine CO₂-Konzentration in gefährdender Konzentration vorhanden. Er blieb bewusstlos im Behälter liegen. Der Chef wollte den Auszubildenden retten. Obwohl dieser die Gefahr von CO₂ kannte, stieg er ebenfalls in den Behälter. Beide konnten nur noch tot geborgen werden.

Diese ASI soll Betrieben der Getränkeindustrie eine Hilfestellung zur Durchführung der Gefährdungsbeurteilung zum Umgang mit Kohlendioxid bieten.

Zwei Tote in einer Brauerei innerhalb eines Jahres

Der Brauereieinhaber wurde bewusstlos aus einem stehenden Weizenbiermischtank geborgen. Kopf und beide Arme des Mannes befanden sich bis zum Oberkörper im Tank. Vermutlich hatte der Mann sich nach der Leerung den Tank geöffnet und tief in den Tank gebeugt.

Nur zehn Monate später fand man einen Brauereimitarbeiter leblos, Kopf voraus im Mannloch eines Drucktanks. Er konnte nur noch tot geborgen werden.

Der rekonstruierte Unfallhergang: Vor dem Umpumpen von Weißbier in einen Drucktank wird ein sogenannter „Hefestecker“ mittels Haken von außen in den Tankauslauf eingesetzt. Nach dem Vorspannen des Drucktanks sollte das Bier umgepumpt werden. Wahrscheinlich hatte der Mitarbeiter vergessen den „Hefestecker“ einzusetzen und wollte dies nachholen. Nach Ablassen des CO₂-Überdruckes beugte er sich tief in den mit CO₂ gefüllten Behälter hinein, um den „Hefestecker“ ohne Benutzung des Hakens einzusetzen. Dabei erlitt er eine tödliche CO₂-Vergiftung.

Wird die Gefährdungsbeurteilung verantwortungsvoll durchgeführt und werden die in dieser ASI beschriebenen Schutzmaßnahmen eingehalten, wird das Restrisiko im Umgang mit Kohlendioxid deutlich verringert.

2. Vorkommen, Entstehung

Kohlendioxid ist Bestandteil der natürlichen Atmosphäre. Die CO_2 -Konzentration der Luft beträgt ca. 0,04 Vol.-% bzw. 400 ppm.

Bei der alkoholischen Gärung wird Zucker durch Hefe in Alkohol und CO_2 umgewandelt. So entstehen beispielsweise bei der Gärung von 1 hl Würze mit einem Stammwürzegehalt von 12 % und einem wirklichen Extrakt nach der Gärung von 4,4 % rund 1,77 $\text{m}^3 \text{CO}_2$.

Auch technisch gewonnenes CO_2 wird bei der Getränkeherstellung verwendet, z. B. zum Vorspannen und Leerdrücken von Tanks und zum Karbonisieren von Getränken.

3. Grenzwerte

Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) Kohlendioxid (TRGS 900)

Der AGW ist ein Schichtmittelwert und geht von täglich achttündiger Exposition an fünf Tagen pro Woche während der Lebensarbeitszeit aus.

Der Arbeitsplatzgrenzwert darf im Schichtmittel nicht überschritten werden. Für CO_2 beträgt er derzeit

$$5.000 \text{ ppm} = 0,5 \text{ Vol.-%.}$$

Expositionsspitzen Kohlendioxid (TRGS 900)

CO_2 hat einen Überschreitungsfaktor von zwei bezüglich des Arbeitsplatzgrenzwertes, der in keiner 15-Minuten-Periode im Mittel überschritten werden darf.

Innerhalb einer Schicht sind insgesamt vier Kurzzeitwertphasen zulässig.

Der Kurzzeitwert beträgt derzeit

$$10.000 \text{ ppm} = 1 \text{ Vol.-%.}$$

4. Eigenschaften und Wirkung von Kohlendioxid

Kohlendioxidgas ist 1,5-mal schwerer als Luft und dann besonders gefährlich, wenn es sich in geschlossenen Räumen, Behältern und tieferliegenden Bereichen, wie z. B. Kellerräumen ansammelt.

CO₂ ist ein nicht brennbares, nicht ätzendes, farb- und geruchloses Gas. Der vermeintli-

che Geruch von CO₂ rührt von den gleichzeitig vorhandenen geruchlich wahrnehmbaren Gärungsnebenprodukten her.

CO₂ ist sehr gut wasserlöslich. Das erklärt die Möglichkeit, mittels fein versprühtem Wasserstrahl CO₂ niederzuschlagen.

Wirkung von CO ₂ auf den Menschen in Abhängigkeit von der Konzentration	
CO ₂ - Anteil in der Einatemluft	Vergiftungssymptome
0,5 - 1 Vol.-%	Bei kurzzeitigem Einatmen keine besonderen Beeinträchtigungen der Körperfunktionen
2 - 3 Vol.-%	Zunehmende Reizung des Atemzentrums mit Intensivierung der Atmung und Erhöhung der Pulsfrequenz
4 - 7 Vol.-%	Verstärkung der vorgenannten Beschwerden; Zusätzlich Durchblutungsprobleme im Gehirn, Aufkommen von Schwindengefühl, Brechreiz und Ohrensausen
8 - 10 Vol.-%	Verstärkung der vorgenannten Symptome bis zu Krämpfen und Bewusstlosigkeit mit kurzfristigem Tod
über 10 Vol.-%	Tod tritt kurzfristig ein

Die toxische Wirkung ist **unabhängig** von der Sauerstoff verdrängenden Wirkung des Kohlendioxids. Um die Vergiftungsgefahr durch CO₂ zu erkennen, muss die Konzentration von CO₂ gemessen werden. Die ersatzweise Messung von Sauerstoff kann zu Fehlinterpretationen führen und ist daher unzulässig. Aus diesem Grund ist auch eine „Überprüfung“ der CO₂-Konzentration durch den sogenannten „Kerzentest“ völlig ungeeignet und deswegen lebensgefährlich.

Eine Kerze erlischt erst bei CO₂-Konzentrationen im Bereich akuter Lebensgefahr und ist damit als Methode für das "Freimessen" völlig ungeeignet und deshalb lebensgefährlich!

5. Gefährdungsbeurteilung

Für alle Tätigkeiten im Betrieb ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Dies gilt insbesondere für Arbeiten in Bereichen, in denen mit dem Vorhandensein bzw. mit der Entstehung von Kohlendioxid gerechnet werden muss.

Eine grundlegende Anleitung zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung ist z. B. der ASI 10.0 „Handlungsanleitung Betriebliche Gefährdungsbeurteilung“ zu entnehmen. Die vorliegende ASI gibt eine Hilfestellung, um die Gefährdungen durch Kohlendioxid zu ermitteln und geeignete Schutzmaßnahmen festzulegen.

Jeder der folgenden Unterabschnitte dieses Kapitels bezieht sich auf einzelne Prozessschritte, Verfahrensabläufe oder Arbeitsbereiche in der Getränkeherstellung. Abhängig von den im Betrieb vorliegenden Gegebenheiten werden jeweils die grundlegenden Schutzmaßnahmen, die zu treffen sind, identifiziert. Weitere Einzelheiten zu den Schutzmaßnahmen enthält das anschließende Kapitel.

5.1 Einsteigen in Behälter (Tanks, Gärbehälter)

5.1.1 Einsteigen vermeiden

Vorrangiges Ziel ist, das Einsteigen in den Behälter durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen entbehrlich zu machen, wie z. B. durch den Einsatz einer CIP-Reinigungsanlage, der Einsatz von Zielstrahlreinigern und von Kameras zur Prozessbeobachtung etc.

5.1.2 Allgemeine Schutzmaßnahmen durchführen

Maßnahmen für den Schutz und die Rettung der Einsteigenden sind vor Beginn der Arbeiten im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festzulegen und umzusetzen. Dafür liefert die **DGUV Regel 113-004 „Teil 1: Arbeiten in Behältern, Silos und engen Räumen“** weitere Informationen.

Erlaubnisschein

Diese DGUV-Regel beinhaltet im Anhang auch einen umfangreiche Mustererlaubnisschein. Diese ist in den allermeisten Fällen zu Umfangreich für Betriebe der Getränkeherstellung und sollte von diesen auf die jeweilig vorherrschende Situation angepasst werden. Einen für die Branchen der Getränkeherstellung modifizierten Mustererlaubnisschein ist unter www.bgn.de, Shortlink 1822 zu finden.

Wesentliche Inhalte eines Erlaubnisscheins sind:

- Benennung der aufsichtführenden Person (verantwortlich für die Überwachung der Vorbereitung und Durchführung)
- Benennung von Sicherungsposten (verantwortlich für ständige Verbindung zur Person im Behälter und die Durchführung der Rettung)
- Benennung der Person, die sich in den Behälter begibt
- Vorbereitende Maßnahmen (z. B. Abtrennen von Behältern und Leitungen, Spülen, Belüften, Freimessen, Bereitstellung erforderlicher Schutz- und Rettungsausrüstungen)
- Maßnahmen kurz vor Beginn der Arbeiten (z. B. Wirksamkeitsprüfung der vorbereitenden Maßnahmen, geeignete Tankleuchten mit Schutzkleinspannung, Unterweisung aller Beteiligten)

- Maßnahmen während der Arbeiten (z. B. Belüftung und kontinuierliche Überwachung der Atemluft mit Gaswarngeräten)
- Dokumentation von Unterweisungen, Freigaben, Verlängerungen, Ablösungen und Beendigung der Arbeiten.

Ausschließlich bei stets gleichen Arbeitsbedingungen und Schutzmaßnahmen und geschultem Personal kann der Erlaubnisschein durch eine Betriebsanweisung ersetzt werden, in der die wirksamen Schutzmaßnahmen eindeutig festgelegt sind.

Auf das fachkundige Freimessen vor dem Einsteigen kann nur verzichtet werden, wenn eine gefährliche Atmosphäre im Behälter sicher ausgeschlossen ist, z. B. durch eine nachgewiesene sichere Verfahrensweise.

Nachgewiesene sichere Verfahrensweise

Solch eine nachgewiesene sichere Verfahrensweise muss im Betrieb fachkundig ermittelt und schriftlich in der Gefährdungsbeurteilung und in entsprechenden Betriebsanweisungen dokumentiert sein (siehe Ziffer 6.4). Die sichere Verfahrensweise ist nach relevanten Veränderungen an den Behältern und Anlagen und jeglichen Verdachtsmomenten zu überprüfen.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ist auch für offene Behälter, z. B. Gärbottiche, solch eine nachgewiesene sichere Verfahrensweise zu erstellen.

5.1.3 Gewährleistung einer ungefährlichen Atmosphäre im Behälter

Grundsätzlich ist bevor sich eine Person in einen Behälter begibt durch fachkundiges Freimessen nach dem [DGUV Grundsatz 313-002 „Auswahl, Ausbildung und Beauftragung von Fachkundigen zum Freimessen“](#) zu überprüfen, dass keine gefährliche CO₂-Konzentration und ausreichend Sauerstoff im Behälter vorhanden sind. Dabei ist an der ungünstigsten Stelle zu messen. Eine Messung im Bereich der Mannlochöffnung zeigt nicht die Konzentration im Innern des Behälters an.

Für Messungen zur kontinuierlichen Überwachung bei Arbeiten in Behältern müssen die Einsteigenden zur Benutzung der verwendeten Gaswarngeräte und den Maßnahmen bei Voralarm und Hauptalarm unterwiesen sein. Fachkunde nach dem [DGUV Grundsatz 313-002](#) ist dafür nicht erforderlich.

5.2 Überströmen von Kohlendioxid aus Behältern (Tanks, Gärbehälter) in Arbeitsräume

5.2.1 Offene Gärbehälter

Sind in einem Arbeitsraum offene Gärbehälter vorhanden, so strömt entstehendes Kohlendioxid in den Raum. Kann durch dieses Kohlendioxid eine gefährliche CO₂-Konzentration entstehen, sind Schutzmaßnahmen erforderlich:

- ausreichende Raumlüftung, oder/und
- CO₂-Überwachung der Raumluftkonzentration ggf. gekoppelt mit der Lüftung.

5.2.2 Geschlossene Behälter für Gärung, Reifung und Lagerung

Sind in einem Arbeitsraum geschlossene Behälter für Gärung, Reifung und Lagerung vorhanden, so hängt die Kohlendioxidkonzentration im Raum davon ab, ob bzw. wie

viel Kohlendioxid aus den Behältern in den Arbeitsraum strömen kann.

Ob und welche Maßnahmen erforderlich sind, kann anhand des Schemas in Abbildung 1 ermittelt werden.

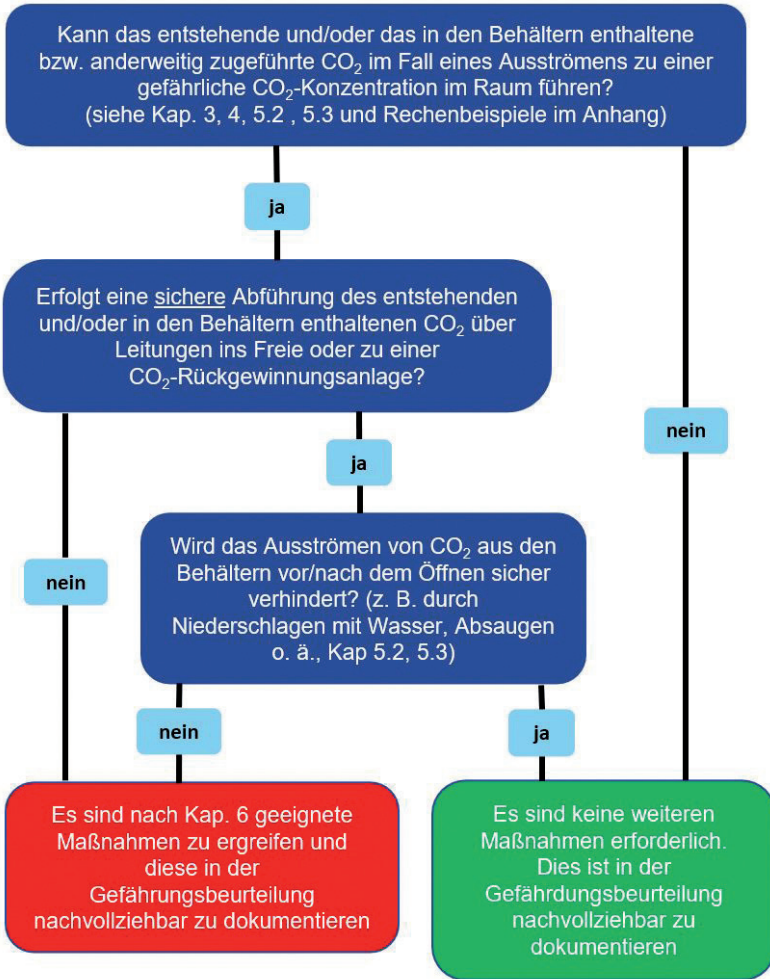


Abb. 1: Schematische Entscheidungshilfe zur Ermittlung der zu ergreifenden Maßnahmen für Räume mit Gär-, Reife- und Lagerbehältern

5.2.3 Vorspannen bzw. Leerdrücken von Behältern mittels Kohlendioxid

In Räumen, in denen CO₂ zum Vorspannen bzw. Leerdrücken von Behältern benutzt

wird, kann anhand des Schemas in Abbildung 2 ermittelt werden, ob und welche Maßnahmen erforderlich sind.

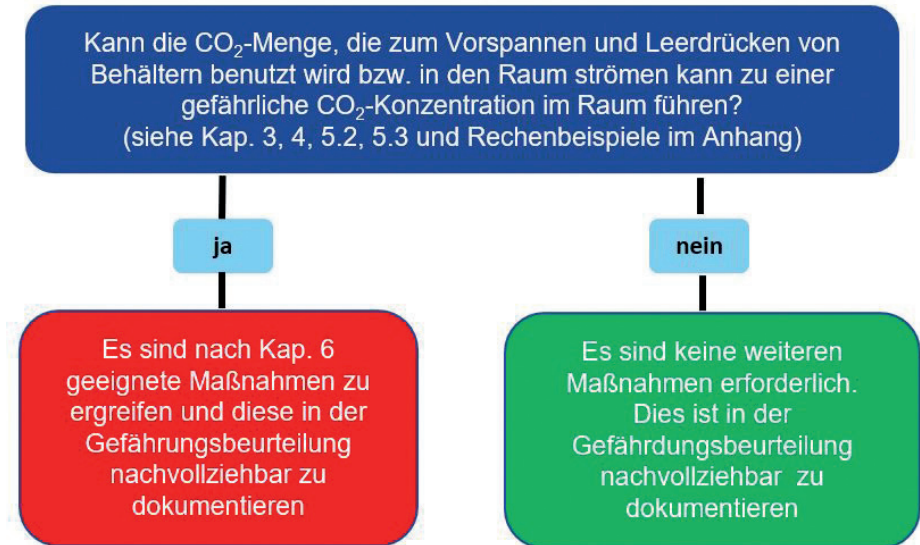


Abb. 2: Schematische Entscheidungshilfe zur Ermittlung der zu ergreifenden Maßnahmen für Räume mit Behältern, die mit CO₂ vorgespannt oder leergedrückt werden

5.2.4 Verwendung von sauren Reinigungslösungen in Kohlendioxidatmosphäre

In sauren Reinigungslösungen löst sich nur sehr wenig CO_2 . Das macht man sich in der Praxis zu nutze. Durch alleinige Reinigung mit sauren Reinigungsmitteln unter Druck kann eine CO_2 -Druckentlastung vermieden werden.

Durch eine saure Reinigung unter Druck kann der CO_2 -Bedarf und damit auch die Kosten reduziert werden.

Erfolgt eine Druckentlastung ins Freie bzw. in den Arbeitsraum, sind Maßnahmen entsprechend Ziffer 5.2.3 zu prüfen und ggf. durchzuführen.

5.3 Weitere Gefahrenfälle

5.3.1 Abströmen von Kohlendioxid in tiefer gelegene Bereiche

Besteht die Gefahr, dass entstehendes oder ausströmendes CO_2 in tiefer gelegene Arbeitsbereiche abströmen kann (z. B. begehbare Schächte, Kanäle, Verbindungsgänge), sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, z. B. CO_2 -Überwachung, Lüftung, Zugangsverbote.

5.3.2 Ausströmen von Kohlendioxid aus Sicherheitsventilen

Zum Schutz nachgeordneter Behälter vor unzulässig hohen Betriebsüberdrücken beim Leerdrücken oder Vorspannen mit CO_2



Abb. 3: CO_2 -Leitung mit Druckminder- und Sicherheitsventil

muss der CO_2 -Druckreduzierung ein ausreichend dimensioniertes Sicherheitsventil nachgeschaltet sein (Abb. 3).

Es ist zu prüfen, ob im Falle einer Störung der Druckreduzierung das aus dem Sicherheitsventil austretende CO_2 sich in gesundheitsschädlicher Konzentration ansammeln kann und Schutzmaßnahmen notwendig sind.

Schutzmaßnahmen sind z. B. die Installation des Druckminderers und des Sicherheitsventils in einem sicheren Bereich und/oder die sichere Ableitung des aus dem Sicherheitsventil austretenden Kohlendioxids direkt ins Freie.

5.3.3 Räume mit Anschlüssen zur CO₂-Versorgung und CO₂-Rückgewinnung

In Räumen in den Anschlüssen zur CO₂-Versorgung und/oder CO₂-Rückgewinnung vorhanden sind, kann Unachtsamkeit zu einer tödlichen CO₂-Raumkonzentration führen. Auch in solchen Räumen ist mit geeigneten Schutzmaßnahmen Abhilfe zu schaffen.

So können im Aufstellungsraum der CO₂-Rückgewinnungsanlage bei einer Leckage große CO₂-Mengen freigesetzt werden, z. B. aus einem Sammelballon oder einem Verdichter.



Abb. 4: Sammelballon für CO₂

Geeignete Maßnahmen können hier z. B. CO₂-Überwachung, Raumlüftung sowie Verhaltensmaßnahmen hinsichtlich Räumung und Begehung im Störungs- bzw. Notfall sein.

5.3.4 Sonstige Gefahrenfälle

Neben den oben genannten Gefahrenfällen wird CO₂ bei der Getränkeherstellung z. B. für folgende weitere Zwecke verwendet:

- als Spann- bzw. Imprägniergas,
- bei der Kieselgurfiltration zum Verdrängen von Luftsauerstoff und
- bei der Neutralisation von Abwasser.

Dafür ist jeweils eine gesonderte Risikobewertung erforderlich.

6. Schutzmaßnahmen

6.1 Ableitung von Kohlendioxid ins Freie

Bei geschlossener Bauweise von Gärbehältern (ZKG, ZKL, Gärtanks) ist es möglich, anfallendes Kohlendioxid erst gar nicht in den Aufstellungsraum abfließen zu lassen, sondern über fest installierte Leitungen direkt ins Freie oder in Auffangbehälter zu führen.

6.2 Raumlüftung

Ergibt die Gefährdungsbeurteilung, dass CO₂ in gesundheitsschädlicher Konzentration in den Arbeitsraum abströmt, sind raumlüfttechnische Maßnahmen (natürliche oder technische Lüftung) notwendig.

Das Abströmen und evtl. Ansammeln gefährlicher CO₂-Konzentration in benachbarte sowie tiefer liegende Räume ist zu verhindern.

Die Dimensionierung der Lüftung, d. h. der Luftwechsel (Austausch des Raumluftvolumens pro Stunde), hat entscheidenden Einfluss auf die CO₂-Raumkonzentration bzw.

deren zeitlichen Verlauf. Die Absaugung sollte immer bodennah erfolgen.

Schalter für die Lüftungstechnische Anlagen müssen gut erkennbar, leicht zugänglich außerhalb der zu belüftenden Räume angeordnet sein. Die Betriebsstellungen der Schalteinrichtungen müssen zweifelsfrei erkennbar sein.

Die Steuerung von Lüftungsanlagen kann über Zeitrelais oder besser abhängig von der CO₂-Konzentration erfolgen.

Eine Störmeldeeinrichtung muss den Ausfall der Lüftungseinrichtung signalisieren (z. B. elektronische Strömungsüberwachung mit optischem und akustischem Warnsignal).

Abbildung 5 und 6 zeigen Beispiele für die Umsetzung von Absaugungen in Gär- und Lagerkeller.



Abb. 5: Beispiel für eine Absaugung der Raumluft in einem Gärkeller



Abb. 6: Beispiel für eine Absaugung der Raumluft in einem Lagerkeller

6.3 Raumlüftüberwachung/stationäre Gaswarnanlage

Über eine stationäre Gaswarnanlage kann die CO₂-Konzentration in der Raumlüftung überwacht werden. Die Kopplung der Raumlüftung mit den detektierten Werten ist sowohl aus sicherheitstechnischen als auch energetischen Gesichtspunkten sinnvoll. Bei Überschreitung einer Voralarmschwelle wird die Raumentlüftung aktiviert. Bei Überschreitung der Hauptalarmschwelle ist der Arbeitsbereich zu verlassen bzw. darf dieser nicht betreten werden.

Werden Gaswarngeräte installiert, ist darauf zu achten, dass die Installation nur durch fachkundige Personen durchgeführt wird.

Bei der Installation von Gaswarngeräten sind insbesondere folgende Anforderungen zu beachten:

- Die Messorte sind so zu wählen, dass die im zu überwachenden Bereich austretenden Gase durch das Gaswarngerät rechtzeitig und sicher erfasst werden, z. B. in der Nähe möglicher Emissionsquellen, in der Höhe von 0,3-0,5 m über dem Fußboden.
- Bei der bodennahen Anordnung der Sensoren können erhöhte Alarmschwellenwerte eingestellt werden (Voralarm 1,5 Vol.-%, Hauptalarm 3,0 Vol.-%).
- Der Arbeitsplatzgrenzwert wird dagegen personenbezogen in 1,60 m Höhe gemessen und ist einzuhalten (siehe Kap. 3).
- Sämtliche Teile eines Gaswarngerätes, insbesondere der Sensor und die Zentraleinheit, müssen so installiert sein, dass eine mechanische Beschädigung weitgehend ausgeschlossen wird.
- Ein ausreichender Schutz gegen Spritzwasser und Feuchtigkeit ist zu gewährleisten.
- Alarm- und Störungsmeldevorrichtung (auch die für den Ausfall der Energieversorgung!) müssen so angeordnet sein, dass sie im Gefahrenbereich und ohne den gefährdeten Bereich zu betreten, wahrgenommen werden (z. B. an allen möglichen Eingängen).
- Betrieb, Wartungsarbeiten und Instandsetzung haben nach Herstellerangaben zu erfolgen.
- Gaswarngeräte müssen regelmäßig, in den vom Hersteller festgelegten Fristen, durch eine zur Prüfung befähigte Person auf Funktionsfähigkeit geprüft werden. Das Ergebnis der Prüfung ist zu dokumentieren.

6.4 Spülen, Reinigen und Lüften von Behältern – nachgewiesene sichere Verfahrensweise

Wenn regelmäßig unter gleichen Arbeitsbedingungen von geschultem und unterwiesenerm Personal die gleichen Arbeiten in Behältern ausgeführt werden, kann u. U. auf das vorherige Freimessen verzichtet werden. Das ist der Fall, wenn eine fachkundig nachgewiesene sichere Verfahrensweise gewährleistet ist.

In dieser Verfahrensweise müssen diejenigen Bedingungen benannt und festgelegt werden, wodurch eine ausreichende Beseitigung von CO₂ aus dem Behälter vor dem Besteigen sichergestellt werden kann. Dabei sind insbesondere folgende Bedingungen bzw. Voraussetzungen zu beachten:

- Gründliches Ausspritzen des Behälters mit Wasser von außerhalb (z. B. über die Mannlochöffnung oder den Spritzkopf des Behälters).

Die Wirksamkeit hängt von folgenden Faktoren ab:

- Wasserdruck
- Wasserstrahlweite: Ziel sollte sein, die innere Behälteroberfläche möglichst vollständig zu benetzen
- Wasserstrahlvernebelung: Ein fein verteilter Wasserfächer kann CO₂ im Behälter niederschlagen bzw. binden
- Zeitdauer des Ausspritzvorganges
- gründliches Entfernen von Gelägern mittels Hefekrücke bzw. durch Ausspritzen von außerhalb

- Ausreichende Be- und Entlüftung des Behälters:
 - Natürliche Be- und Entlüftung: Diese erfolgt über die Behälteröffnung (z. B. über das Mannloch). Die Dauer hängt von der Behältergröße bzw. dem Behältervolumen, Behälteröffnungen und der Behälterumgebung ab.
 - Technische Be- und Entlüftung: Mittels Absaugung kann CO₂ aus dem Behälter bodennah abgesaugt und direkt ins Freie abgeleitet werden. Frischluft strömt über Behälteröffnungen nach (siehe Abb. 7). Die benötigte Dauer des Absaugvorganges hängt u. a. vom Abluftvolumenstrom und dem Behältervolumen ab. Eine Beschädigung des Behälters durch einen möglichen Unterdruck ist zu berücksichtigen.
- Das Überströmen von CO₂ aus angeschlossenen Leitungen ist sicher zu verhindern.

Bei der Festlegung der Bedingungen für die sichere Verfahrensweise kann auf bisherige betriebliche Erfahrungswerte einer sicheren Arbeitsweise zurückgegriffen werden.

Die sichere Verfahrensweise ist in festzulegenden und in zeitlichen Abständen zu überprüfen. Die Überprüfung erfolgt grundsätzlich durch eine fachkundige wiederholte Messung der CO₂-Konzentrationen.

Die sichere Verfahrensweise ist in der Gefährdungsbeurteilung zu dokumentieren und muss im Inhalt einer Betriebsanweisung Beachtung finden.

Unterweisung und deren Dokumentation

Die Beschäftigten sind **vor** Aufnahme der Arbeit und regelmäßig wiederkehrend entsprechend der Betriebsanweisung über die, bei ihren Tätigkeiten auftretenden, Gefahren sowie über die erforderlichen

Schutzmaßnahmen zu unterweisen. Die Unterweisungen sind mindestens einmal jährlich durchzuführen, zu dokumentieren und durch die Unterschrift der Beschäftigten zu bestätigen.



Abb. 7: Beispiel für eine Absaugvorrichtung an einem Lagertank mit Belüftung über Spundapparaturleitung und Mannlochöffnung

6.5 Wichtige Schutzmaßnahmen bei Arbeiten in Behältern

Bei Arbeiten in Tanks, Gärbehältern, Silos und anderen engen Räumen ist die [DGUV-Regel 113-004 „Behälter, Silos und enge Räume“](#) zu beachten.

Insbesondere unter dem Aspekt, dass das Auftreten von CO₂ in gefährlicher Konzentration nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, müssen geeignete Schutzmaßnahmen festgelegt und durchgeführt werden.

Auf einige wesentliche Punkte wird im Folgenden hingewiesen:

Erlaubnisschein

Vor Beginn der Arbeiten in Behältern hat der Unternehmer oder sein Beauftragter einen Erlaubnisschein auszustellen. Darin sind die erforderlichen Schutzmaßnahmen schriftlich festzulegen. Ein Mustererlaubnisschein ist unter www.bgn.de, Shortlink 1822 zum Herunterladen bereitgestellt.

Der Erlaubnisschein kann durch eine Betriebsanweisung ersetzt werden, wenn immer gleichartige Arbeitsbedingungen gegeben sind und gleichartige zweifelsfrei wirksame Schutzmaßnahmen festgelegt sind (siehe Kap. 6.4).

Sobald Arbeiten mit Veränderungen ausgeführt werden (müssen), die nicht durch die Betriebsanweisung abgedeckt werden, müssen diese mit einem Erlaubnisschein freigegeben werden.

Freimessen/mobiles Gaswarngerät

Vor dem Besteigen von Behältern ist grundsätzlich fachkundig freizumessen. Freimessen ist nur dann nicht erforderlich, wenn mit Sicherheit die Anwesenheit von CO₂ in gefährdender Menge ausgeschlossen werden kann (siehe 5.1.3 und 6.4).

Untersuchungen haben gezeigt, dass eine CO₂-Messung im Bereich der Behälteröffnung z. T. erheblich geringere Werte ergibt als tatsächlich im Behälter vorherrschen. Beim Freimessen ist deshalb darauf zu achten, dass die CO₂-Konzentration im Innern des Behälters bestimmt wird. Abbildung 8 zeigt ein CO₂-Messgerät, das an einer Teleskopstange angebracht ist. Damit kann die CO₂-Konzentration zuverlässig im Innern des Tanks gemessen werden.

Kontinuierliche Kontrolle der Atmosphäre mit mobilen Gaswarngeräten

Insbesondere in großen und langen Behältern bietet das Mitführen eines mobilen Gaswarngerätes mit Alarmfunktion zusätzliche Sicherheit. Es wird empfohlen, den Voralarm auf 0,5 Vol.-% und den Hauptalarm auf 1,0 Vol.-% einzustellen.

Zum Freimessen gibt es eine Reihe von Herstellern für tragbare CO₂-Messgeräte. Bei den Geräten sollte Folgendes beachtet werden:

- ausreichender Schutz gegen Feuchtigkeit (z. B. mindestens IP 54),
- Messbereich von 0 bis mindestens 5 Vol.-%,
- Alarmfunktion bei Mitnahme in Behälter,
- Kalibrierung bzw. Austausch des Sensors muss nach Herstellerangaben erfolgen



Abb. 8: Freimessen eines Lagertanks vor dem Einsteigen. Mit Hilfe einer Teleskopstange kann mit dem Messgerät im Behälterinneren die CO_2 -Konzentration bestimmt werden.

- Geeignete Messgeräte detektieren meist mit Infrarot (IR). IR-Sensoren sind oft mehrere Jahre verwendbar und müssen danach ausgetauscht werden.
- Elektrochemische Sensoren müssen üblicherweise in kürzeren Abständen ausgetauscht werden.

Überströmen von CO_2 aus Sammelleitung

Sind Behälter über Leitung bzw. Sammelleitungen verbunden, so besteht die Gefahr, dass CO_2 über diese Leitung in den zu besteigenden Behälter zurückströmt. Um dies wirksam zu verhindern, muss eine geeignete Absperrereinrichtung vorhanden sein (siehe [DGVV Regel 113-004](#)). Im Erlaubnisschein bzw. in der Betriebsanweisung sind konkrete Angaben zu erforderlichen Absperrungen zu machen.

Aufsichtführender

Ein Aufsichtführender ist zu benennen, der die Schutzmaßnahmen überwacht und in angemessenen Zeitabständen kontrolliert.

Sicherungsposten

Der Sicherungsposten muss ständigen Kontakt zum Eingestiegenen haben und eigenständig Rettungsmaßnahmen ergreifen können. Er muss daher mit den geeigneten Rettungsmaßnahmen vertraut sein. Ihm muss insbesondere bewusst sein, dass ein Einsteigen in den Behälter zur Bergung eines Verletzten zu einer Eigengefährdung führen kann.

Ein Sicherungsposten ist nur dann nicht erforderlich, wenn sichergestellt ist, dass nach Abschätzung aller Restgefährdungen zweifelsfrei gewährleistet ist, dass der Eingestiegene den Behälter jederzeit ohne fremde Hilfe verlassen kann.

Unterweisung und Dokumentation

Die Beschäftigten sind vor der Aufnahme der Arbeiten und regelmäßig (mindestens einmal jährlich) wiederkehrend über die Gefahren sowie die zu treffenden Schutzmaßnahmen zu unterweisen.

Insbesondere der Einsatz von tragbaren CO₂-Messgeräten erfordert die Unterweisung der Beschäftigten

- über die Funktionen des Gaswarngerätes und
- über die im Alarm bzw. Störfall zu treffenden Maßnahmen.

Die Unterweisungen sind mindestens einmal jährlich zu wiederholen und zu dokumentieren.

Rettungsmaßnahmen

In der [DGUV Information 213-055](#) sind sichere Zugangs-, Positionierungs- und Rettungsverfahren für verschiedene Anwendungsfälle beschrieben. Bei Auswahl eines geeigneten Rettungsverfahrens ist es möglich, den Einsteigenden von außen ohne Eigengefährdung retten zu können.

Anhang:

Überschlägige Beispiel-Berechnung der möglichen CO₂-Konzentration in Räumen mit Gärbehältern durch das entstehende Gärungs-CO₂

Folgendes ist bei Berechnungen von kritischen CO₂-Konzentrationen in Aufstellungs-räumen von Gär- und Lagerbehältern zu beachten:

- Es ist immer mit dem Netto-Raumvolumen zu rechnen. Das Netto-Raumvolumen ist hier das Raumvolumen abzüglich des Volumens, das nicht für die Ausbreitung von Gas zur Verfügung steht (Betriebseinrichtungen etc.).
- Bei der Berechnung ist immer vom „Worst-Case-Scenario“ auszugehen.

Beispiel 1:

Der Gärkeller der Modelrechnungs-Brauerei hat die Abmaße 5 m x 5 m x 4 m (Raumvolumen = 100 m³), darin stehen 5 Gärbehälter mit jeweils 1 hl Fassungsvermögen. Der Braumeister berechnet für das Netto-Raumvolumen des Gärkeller ca. 90 m³.

Wie im Kapitel 2 beschrieben, entstehen aus 1 hl Jungbier mit einem Stammwürzegehalt von 12 % und einem wirklichen Extrakt nach der Gärung von 4,4 % rund 1,77 m³ CO₂. Das bedeutet, dass bspw. bei der vollständigen Vergärung eines 1-hl-Gärbehälter rund 1,77 m³ CO₂ entstehen. Strömt dieses in den freien Raum des Gärkellers, liegt dort rein rechnerisch bereits eine CO₂-Konzentration von knapp unter 2 Vol.-% vor. Dieser berechnete Wert ist, wie in Kap. 4 gezeigt, in einem gerade noch vertretbaren Bereich für einen **kurzzeitigen** Aufenthalt.

Beispiel 2:

Die Modelrechnungs-Brauerei entschließt sich in genau in diesem Gärkeller das entstehende CO₂-Gas aus fünf 1 hl Würze fassender Gärbehälter über eine CO₂-Sammelleitung ins Freie zu leiten. Der Braumeister

sieht als „Worst-Case-Scenario“ an, dass während der gleichzeitigen Vergärung aller 5 Gärbehälter die Sammelleitung durch eine Störung das entstehende CO₂-Gas nicht ins Freie, sondern in den Raum leitet. Das bedeutet, dass bei der vollständigen Vergärung, in diesem Fall, 5 hl Würze rund 9 m³ CO₂ entstehen. Es befindet sich dann rein rechnerisch bereits CO₂ mit einer Konzentration von ca. 10 Vol.-%, was kurzfristig zum Tod führen würde.

Überschlägige Berechnung der möglichen CO₂-Konzentration in Räumen durch geöffnete Behälter, die mit CO₂ gefüllt sind.

Beispiel 1:

Unsere Modellrechnungs-Brauerei hat einen geschlossenen Tankraum mit den Abmaßen 5 m x 5 m x 4 m (Raumvolumen = 100 m³). Der Braumeister berechnet als Netto-Raumvolumen des Gärkeller ca. 90 m³.

Darin stehen Behälter mit einem Gesamtvolumen von 1 m³. Diese sind vollständig mit CO₂ mit Umgebungsdruck (kein Überdruck) gefüllt. Strömt dieses, z. B. nach Öffnen sämtlicher Mannlöcher, in den Raum, liegt dort rein rechnerisch eine CO₂-Konzentration von etwas mehr als 1 Vol.-% vor. Dieser berechnete Wert liegt, wie in Kap. 4 gezeigt, in einem vertretbaren Bereich für **kurzzeitigen** Aufenthalt von Personen.

Beispiel 2:

Im gleichen Raum stehen Behälter mit einem Gesamtvolumen von 4 m³. Diese sind vollständig mit CO₂ bei Umgebungsdruck (kein Überdruck) gefüllt. Strömt dieses, z. B. nach Öffnen sämtlicher Mannlöcher, in den Raum, liegt dort rein rechnerisch eine CO₂-Konzentration von ca. 4,5 Vol.-% vor. Dieser berechnete Wert liegt, wie in Kap. 4 gezeigt, weit außerhalb des vertretbaren Bereichs.

Überschlägige Berechnung der möglichen CO₂-Konzentration in Räumen durch geöffnete Behälter, die mit CO₂ vorgespannt sind.

Beispiel 1:

Ein geschlossener Tankraum mit den Abmaßen 5 m x 5 m x 4 m (Raumvolumen = 100 m³) hat ein Netto-Volumen von 80 m³. Darin stehen ein mit CO₂ gefüllter Tank mit einem

Gesamtvolumen von 3 m³ mit 0,5 bar Überdruck (4,5 m³ CO₂ bei Normaldruck). Strömt dieses durch eine Undichtigkeit, in den Raum, liegt dort rein rechnerisch eine CO₂-Konzentration von ca. 5,5 Vol.-% vor. Dieser berechnete Wert ist, wie in Kap. 4 gezeigt, weit außerhalb des vertretbaren Bereichs.

Diese und alle anderen verfügbaren ASIs finden Sie hier zum Download:



**Berufsgenossenschaft
Nahrungsmittel und Gastgewerbe**

Dynamostraße 7 - 11
68165 Mannheim
www.bgn.de