

Werken met kooldioxide.

(CO₂ / koolzuur / koolstofdioxide)

Inleiding

Wie veilig wil werken met kooldioxide, moet de eigenschappen van dit gas kennen en de juiste veiligheidsmaatregelen nemen. Deze folder bevat adviezen uit de praktijk. Bindende wettelijke eisen worden hierdoor niet vervangen, maar eerder aangevuld. In de praktijk wordt kooldioxide vaak aangeduid als koolzuur. In deze folder wordt de term 'koolzuur' echter uitsluitend gebruikt, wanneer de waterige oplossing van kooldioxide (CO₂ in H₂O) wordt bedoeld.

Eigenschappen

Chemische eigenschappen

Kooldioxide is onbrandbaar en onder atmosferische omstandigheden chemisch stabiel en inert. Verbrandingsreacties worden door CO₂ afgeremd, of zelfs volledig onderdrukt. Met bepaalde stoffen, bijv. ammoniak of aminen, kan kooldioxide heftig reageren. Kooldioxide lost op in water. Daarbij ontstaat koolzuur, een zwak reagerend zuur, dat koolstofstaal en enkele non-ferrometalen aantast.

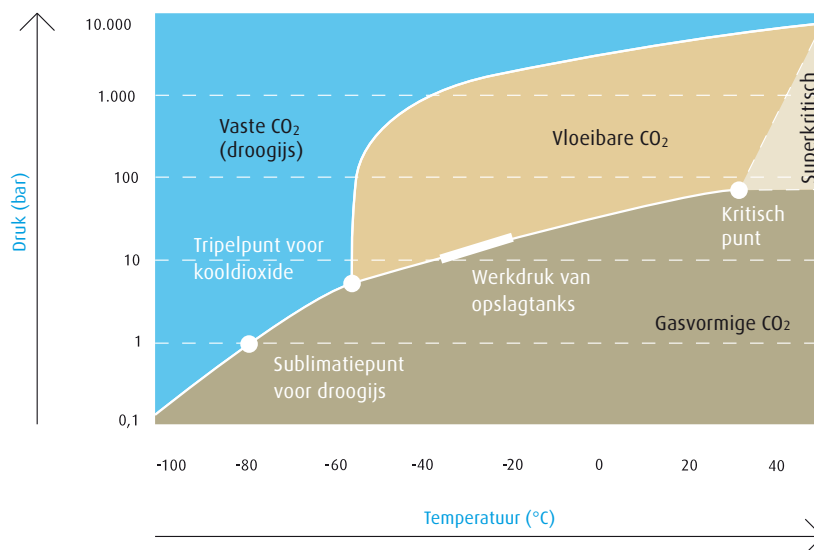
Fysische eigenschappen

Kooldioxide is als gas onder atmosferische omstandigheden ongeveer 1,5 maal zo zwaar als lucht. Daarom stroomt CO₂ hoofdzakelijk naar beneden, en kan het zich in besloten ruimten zoals kelderruimtes, tanks of lager gelegen terreingedeelten ophopen. Bij weinig of geen ventilatie of luchtbeweging kunnen dergelijke CO₂-concentraties urenlang blijven hangen.

Bij de druk- en temperatuursafhankelijke aggregatietoestanden is speciale oplettendheid vereist:

- CO₂ is onder atmosferische omstandigheden gasvormig.
- Bij temperaturen tussen -56,6°C en +31,1°C en een druk hoger dan 5,2 bar kan CO₂ in vloeibare vorm voorkomen.
- Bij een atmosferische druk (1 bar) kan CO₂ niet vloeibaar zijn.
- Bij temperaturen onder de -56,6°C kan CO₂ in vaste toestand voorkomen.
- Uitsluitend op het zogenaamde tripelpunt (-56,6°C en 5,2 bar) zijn alle drie de aggregatietoestanden mogelijk.

Aggregatietoestanden in samenhang met druk en temperatuur.



De aggregatietoestanden kunnen gemakkelijk veranderen

In een gasfles bevindt CO₂ zich voor een deel in vloeibare toestand, d.w.z. 'onder druk vloeibaar gemaakt'. De druk van de vloeistof in de gasfles bedraagt bij 20°C ca. 57 bar. Als via een drukregelaar CO₂ uit de gasfles wordt afgenomen waarvan de werkdruk op lager dan 5,2 bar is ingesteld, ontstaat gasvormige CO₂. Daarbij ontstaat uit 1 kg. vloeistof bij atmosferische druk ongeveer 270 liter gas. Onder bepaalde omstandigheden kan CO₂ in vloeibare vorm uit de gasfles worden gehaald (zie grafiek). Als vloeibare CO₂ bij het afnemen plotseling drukloos wordt gemaakt, koelt het intensief af, waarbij een mengsel van CO₂-gas en CO₂-sneeuw ontstaat.

Fysiologische werkingen

Kooldioxide is een kleurloos- en grotendeels reuk- en smaakloos gas. Daarom is het voor de menselijke zintuigen praktisch niet waarneembaar.

Kooldioxide wordt als niet-giftig beschouwd. Het is geen gevaarlijke stof, zoals bedoeld in de Arbo-wetgeving inzake gevaarlijke stoffen. De lucht die wij inademen, bevat ca. 0,03 vol.% kooldioxide. Bij hogere concentraties kan CO₂ schadelijk zijn voor de gezondheid. Bij 3-5 vol.% CO₂ in de inademingslucht ontstaan hoofdpijn, storingen in de ademhaling en onpasselijkheid. Een concentratie van 8-10 vol.% kan leiden tot krampen, bewusteloosheid, ademstilstand en de dood.

Het zuurstofgehalte in de ademplucht bedraagt daarbij nog wel ongeveer 19 vol.% en zou dus voldoende moeten zijn. De schadelijke fysiologische werking van dergelijke CO₂-concentraties ontstaat dus niet als gevolg van zuurstofgebrek, maar door de directe werking van de kooldioxide. Om deze reden is er voor CO₂ een maximaal toelaatbare

concentratie (Publieke grenswaarde, vroeger MAC-waarde genoemd) vastgesteld van 0,5 vol.% bij beroepsmatige blootstelling. Bovendien kan kooldioxide door haar zeer lage temperatuur schadelijk zijn voor mens en dier. Als ijskoud, vloeibaar gemaakt CO₂ (of CO₂ dat door middel van expansie is afgekoeld), in sprayvorm of als sneeuw op de huid terechtkomt, kunnen er pijnlijke 'koudeverbrandingen' ontstaan. Gevoelig lichaamsweefsel, zoals het hoornvlies, loopt bijzonder gevaar. Ernstige koudeverbrandingen zijn levensgevaarlijk (zie hiervoor veiligheidsfolder nr. 1 van Linde Gas: 'Werken met cryogene gassen').

Eigenschappen van droogijs

Droogijs bestaat uit samengeperste CO₂-sneeuw, die door expansie uit vloeibaar gemaakte CO₂ wordt verkregen.

Droogijs heeft bij een atmosferische druk een temperatuur van -79°C. Als droogijs warmer wordt bij atmosferische druk, smelt het niet, maar verdampt het ('sublimeert'), zonder reststoffen achter te laten, tot gasvormige kooldioxide (vandaar de naam 'droogijs').

Uit 1 kg. droogijs ontstaan ca. 550 gasliters kooldioxide. Daarom kan de druk aanzienlijk stijgen wanneer droogijs in een gasdichte verpakking verdampt.

Veiligheidsmaatregelen

Bescherming van de gezondheid

Het inademen van CO₂ in geconcentreerde vorm is gevaarlijk voor de mens. Daarom mag de ademlucht geen grote concentratie CO₂ bevatten. De volgende veiligheidsmaatregelen zijn in dit opzicht belangrijk:

- CO₂-installaties dienen te allen tijde gesloten te blijven. Lekkages moeten onmiddellijk gedicht worden.
- CO₂-gas uit een installatie of uit een veiligheidsklep moet naar de buitenlucht worden afgevoerd.
- Ruimtes met CO₂-installaties moeten afdoende ventilatie hebben.
- Ruimtes waarin zich grote hoeveelheden CO₂ hebben opgehoopt, mogen uitsluitend met onafhankelijke adembescherming (perslucht) worden betreden. Dat geldt ook wanneer in een ruimte personen een ongeluk hebben gehad die dringend hulp nodig hebben.
- Wanneer onverwachts CO₂ vrijkomt, dient iedereen onmiddellijk vooral lager gelegen ruimtes (besloten ruimten zoals kelders en tanks) te verlaten, omdat hier het gevaar van een te hoge CO₂-concentratie bijzonder groot is.
- Stationaire CO₂-blusinstallaties mogen, als ze moeten worden getest of bij een noodtoestand, uitsluitend in werking worden gezet als er zich binnen deze gevarezone geen personen bevinden. Wanneer kooldioxide via leidingschachten, wandopeningen, ventilatie- of airconditioninginstallaties in andere ruimtes terecht kan komen, behoren ook deze tot de gevarezone.

Werken met CO₂-flessen

Bij CO₂-flessen moet op het volgende gelet worden.

Het overvullen van kooldioxide vanuit de ene gasfles in een andere is om de volgende redenen riskant: gasflessen die gevuld moeten worden, dienen aan bepaalde eisen te voldoen, zodat ze bestand zijn tegen de druk. Of een gasfles geschikt is om te worden gevuld, kan uitsluitend deskundig personeel van een erkend vulbedrijf beoordelen. Bovendien is het beslist noodzakelijk dat de vulhoeveelheid tijdens het vullen door middel van *weging* wordt gecontroleerd en beperkt. Conform het ADR (Wet Vervoer Gevaarlijke Stoffen) mag er maximaal 0,75 kg. CO₂ per liter waterinhoud in een gasfles van tegenwoordig worden gevuld.

Deze vulfactor garandeert dat de druk in de CO₂-fles pas bij een opwarming tot 65°C de testdruk van 300 bar (bij 200 bar-flessen) bereikt. Wanneer de toegestane vulfactor wordt overschreden, stijgt de druk in de gasfles al bij een geringe opwarming aanzienlijk. Een te volle CO₂-fles kan al barsten als gevolg van opwarming door zonnestraling. Dringend wordt dan ook afgeraden kooldioxide zelf over te vullen.

De druk in een CO₂-fles hangt uitsluitend af van de temperatuur. De druk bedraagt bij 20°C ca. 57 bar. Ook een bijna lege CO₂-fles heeft, zolang de inhoud in de vloeistoffase zit, bij 20°C een druk van ca. 57 bar. Dat betekent: de vultoeestand van een CO₂-fles kan niet door het meten van de druk, maar uitsluitend door weging worden vastgesteld.

CO₂-flessen bestaan over het algemeen uit koolstofstaal. Dit corrodeert onder invloed van koolzuur (CO₂ in H₂O), hetgeen tot een gevaarlijke vermindering van de stevigheid kan leiden. Daarom mag er geen water of waterachtige vloeistoffen (bier, limonade) in CO₂-flessen terecht komen.

CO₂-afsluiters voor medische- en voedingsmiddelentoepassingen hebben een beveiliging in de vorm van een restdrukmechanisme in de afsluiter. Om te voorkomen dat er ongewenst CO₂ ontsnapt, mag er op geen enkele manier geknoeid worden met dit mechanisme.

Afnemen uit CO₂-flessen met stijgbuis

CO₂-flessen met stijgbuis hebben aan de binnenkant een stijgbuis, die vanaf de afsluiter tot vlak boven de bodem van de fles reikt. Bij een fles met stijgbuis stroomt – zolang hij rechtop staat – de CO₂ er vanzelf in vloeibare vorm uit. Bij het gebruik dient op het volgende te worden gelet:

- CO₂-flessen met stijgbuis worden door het vulbedrijf ondubbelzinnig als zodanig aangeduid door een rode verticale lijn op de fles. De gebruiker moet zich ervan bewust zijn dat hij met een CO₂-fles met stijgbuis te maken heeft.
- CO₂-flessen met stijgbuis mogen uitsluitend worden gebruikt wanneer het de bedoeling is dat er vloeibare kooldioxide afgenomen wordt.
- CO₂-flessen met stijgbuis mogen niet worden uitgerust met een drukregelaar, omdat de vloeibare kooldioxide als gevolg van de drukverlaging kan veranderen in CO₂-sneeuw, waardoor de drukregelaar geblokkeerd zou raken en samen met de afsluiter niet meer zou functioneren.
- CO₂-flessen met stijgbuis moeten bij het afnemen rechtop staan, zodat de opening van de dompelbuis onder de CO₂-vloeistofspiegel blijft. Uitsluitend onder deze voorwaarde kan vrijwel de hele inhoud van de fles in vloeibare toestand worden afgenomen.
- Uit een CO₂-fles met stijgbuis wordt de vloeibare kooldioxide met een maximale flesdruk afgenomen. De afnameapparatuur moet dienovereenkomstig drukbestendig en geschikt zijn voor vloeibare CO₂. Het zou levensgevaarlijk zijn wanneer een CO₂-fles met stijgbuis met of zonder drukregelaar zou worden aangesloten op bijvoorbeeld een biervat. Het biervat zou in geen geval bestand zijn tegen de druk van de verdampende CO₂-vloeistof en zou barsten.
- Afsluitbare leidingdelen voor vloeibare CO₂ moeten worden uitgerust met een ontlastklep.
- Wanneer in een fles met stijgbuis kooldioxide dat in vloeibare vorm wordt afgenomen tot atmosferische druk wordt verlaagd, ontstaat CO₂-sneeuw. Daarom worden flessen met stijgbuis vooral gebruikt wanneer CO₂-sneeuw nodig is, bijv. om levensmiddelen te koelen.
- CO₂-sneeuw kan in meer opzichten gevaarlijk zijn. Wanneer de ontsnappende straal op de menselijke huid terechtkomt, bestaat het gevaar van een koudeverbranding. Daarom moeten in ieder geval de ogen worden beschermd door middel van een veiligheidsbril. De CO₂-sneeuw kan de afnameapparatuur verstopen. Wanneer een prop CO₂-sneeuw zich onverwachts losmaakt, bijvoorbeeld doordat er op de afnameslang wordt geslagen, wordt de opgehoopte CO₂-vloeistof plotseling in druk verlaagd. Daarbij kunnen door de problemen met of het barsten van de afnameslang personen gewond of voorwerpen beschadigd raken.

Bijzonder gevaar kan ontstaan wanneer CO₂ wordt gebruikt om brandbare gassen of dampen te inertiseren. In een stromende mengeling van CO₂-gas/CO₂-sneeuw kunnen de 'sneeuwvlokken' zich elektrostatisch opladen, en door ontladingsvonken een explosief gas/lucht-mengsel doen ontbranden. Daarom mag CO₂ in geen geval direct in een wolk van brandbaar gas of damp worden geblazen. Deze belangrijke aanwijzing geldt zowel voor CO₂-flessen met als zonder stijgbuis.

Afnemen uit CO₂-flessen zonder stijgbuis

Bij CO₂-flessen zonder stijgbuis wordt de kooldioxide afgenomen uit de kop van de gasfles. Bij het openen van de afsluiter vermindert de druk in die gasfles. CO₂ blijft vanuit de vloeistoffase voortdurend in damp overgaan, en stroomt in gasvorm uit de fles. Een belangrijk toepassingsgebied van de CO₂-flessen zonder stijgbuis zijn bijv. biertaps in cafés.

CO₂-flessen zonder stijgbuis moeten voor het afnemen van gas worden bediend met behulp van een drukregelaar, om de druk te reduceren tot de mate die toegestaan is voor het gebruiksdoel. CO₂-flessen zonder stijgbuis moeten voor het aftappen van gas rechtop staand worden gehanteerd. Uit een liggende fles zou vloeibaar CO₂ kunnen stromen, wat tot verstopping van de aftapinstallatie door CO₂-sneeuw kan leiden. De aftapsnelheid uit CO₂-flessen zonder stijgbuis is beperkt, omdat het CO₂-gas vanuit de vloeistoffase moet verdampen. Hiervoor wordt uit de omgeving warmte opgenomen, d.w.z. dat de gasfles en vooral de afsluiter kunnen bevriezen. Daardoor wordt het bedienen van de afsluiter dus twijfelachtig.

Om dat te voorkomen dienen, wanneer meer CO₂ nodig is, meer gasflessen tegelijk te worden gebruikt, of moet de gasfles met warm water (maar niet warmer dan 50°C) worden verwarmd. De gasfles mag in geen geval met een vlam worden verwarmd.

Hantering van droogijs

Bij het gebruik van droogijs zijn, vanwege de lage temperatuur ervan en de vorming van gasvormig CO₂, enkele speciale veiligheidsmaatregelen nodig:

- Droogijs is geen consumptie-ijs. Het mag absoluut niet doorgeslikt worden, of direct toegevoegd worden aan drankjes. De kou en de ontstane druk zouden ernstige gevolgen voor het menselijke lichaam kunnen hebben. Droogijs mag ook niet in kinderhanden terechtkomen.
- Droogijs mag vanwege zijn lage temperatuur niet met blote handen worden aangeraakt. Het gebruik van handschoenen of een geschikte tang biedt bescherming tegen koudeverbrandingen. Wanneer droogijs met geschikt gereedschap met de hand wordt kleingemaakt, moeten de ogen met een veiligheidsbril beschermd worden tegen kleine stukjes droogijs.
- Droogijs mag niet in gasdicht afgesloten verpakkingen opgeslagen of vervoerd worden. Door de druk die als gevolg van verdamping ontstaat, zou de verpakking uit elkaar kunnen springen.
- Ruimtes waarin droogijs wordt opgeslagen, mogen uitsluitend worden betreden wanneer de ontstane gasvormige CO₂ via voldoende ventilatie kan worden afgevoerd.
- Droogijs mag uitsluitend in laadruimten van voertuigen worden getransporteerd die gasdicht gescheiden zijn van de bestuurderscabine, c.q. de passagiersruimte.

Slotopmerking

Kooldioxide in al zijn verschijningsvormen kan voor uiteenlopende doeleinden worden toegepast. Het komt erop aan de eigenschappen ervan juist te gebruiken, zodat de gewenste effecten bereikt en gevaren uitgesloten worden. Onze deskundigen vertellen u er graag meer over.