

205-034

DGUV Information 205-034



Einsatz von Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöschern in Räumen

kommmit**mensch** ist die bundesweite Kampagne der gesetzlichen Unfallversicherung in Deutschland. Sie will Unternehmen und Bildungseinrichtungen dabei unterstützen eine Präventionskultur zu entwickeln, in der Sicherheit und Gesundheit Grundlage allen Handelns sind. Weitere Informationen unter www.kommmitmensch.de

Impressum

Herausgegeben von:

Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e. V. (DGUV)

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de

Sachgebiet Betrieblicher Brandschutz des
Fachbereichs Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz der DGUV

Ausgabe: Oktober 2019

DGUV Information 205-034
zu beziehen bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungs-
träger oder unter www.dguv.de/publikationen

Bildverzeichnis

Titel, Abb. 2: © DGUV / CO₂-Projektdurchführung mit messtechnischer Erfassung;
Abb. 1a: © TOTAL Feuerschutz; Abb. 5 © Alila Medical Media – stock.adobe.com;
Abb. 6: © designua – stock.adobe.com

Einsatz von Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöschern in Räumen

Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorwort	5	Anhang 1: Berechnungen der Kohlendioxid (CO₂)-Konzentration	21
1 Begriffsbestimmungen	6	Anhang 2: Handlungsanleitungen	23
2 Eigenschaften von Kohlendioxid (CO₂)	7	Anhang 3: Alternative Möglichkeiten zum Einsatz von Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöschern	25
3 Detektion des Sauerstoffes (O₂) in der Atemluft	8	Informatives zur Projektdurchführung	27
4 Wirkung von Kohlendioxid (CO₂) auf den Menschen	10	Ergebnis aus allen Versuchsreihen	27
5 Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöscher	12	Danksagung	27
Bauart und Funktionsweise	12		
6 Einsatz von Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöschern in Räumen	14		
Ergebnisse der Versuche	14		
7 Richtiges Verhalten beim Löscheinsatz	15		
Löschen im Raum	15		
Löschen durch den Türspalt	16		
Löschen durch die geöffnete Tür	16		
8 Vorschlag zur Kennzeichnung der Räume	17		
a) Löschen mit dem CO ₂ -Feuerlöscher im Raum	17		
b) Löschen mit dem CO ₂ -Feuerlöscher durch den Türspalt/geöffnete Tür	17		
9 Unterweisung	18		
10 Eignung von Feuerlöschern zur Brandbekämpfung an spannungsführenden Anlagen	18		
11 Elektrostatische Aufladung bei der Betätigung von tragbaren Feuerlöschern	19		
12 Ausgewählte Literaturhinweise und Quellen	20		

Vorwort

Das Löschmittel Kohlendioxid (CO_2) wird sowohl in stationären Löschanlagen wie auch in tragbaren und fahrbaren Feuerlöschern bereitgestellt. Bevorzugte Einsatzgebiete sind beispielsweise elektrische Betriebsräume, Serveranlagen und Laboratorien, da das Löschmittel CO_2 rückstandsfrei löscht. CO_2 ist farblos, geruchlos und schwerer als Luft.

Der Löscheinsatz mit CO_2 -Feuerlöschern kann in kleinen und engen Räumen lebensgefährlich sein. Beim Löschen kann durch das in Sekunden freigesetzte CO_2 -Volumen sehr schnell eine hohe Konzentration von CO_2 in der Raumluft erreicht werden. Bereits ab 8 Volumen-% (Vol.-%) in der Atemluft droht Erstickungsgefahr. Verstärkter Atemantrieb oder Atemnot sind mögliche Warnzeichen.

Das Sachgebiet „Betrieblicher Brandschutz“ hat in einem Projekt mit praktischen Löschversuchen neue Erkenntnisse für kleine und enge Räume, wie z. B. Schaltschrank-, Server-, Lager-, (Aufzug-) Triebwerksräume ermittelt. Die Ergebnisse sind in diese DGUV Information eingeflossen.



Abb. 1a
Beispielhafte Abbildung
eines 2 kg CO_2 -Feuerlöschers



Abb. 1b
Beispielhafte Abbildung eines
5 kg CO_2 -Feuerlöschers

1 Begriffsbestimmungen

Freie Grundfläche: Die freie Grundfläche ist die sichtbare freie Bodenfläche, dazu zählen auch Flächen unter Stühlen und Tischen sowie offene Regale.

CO₂-Löschmittelaustritt beim Löschvorgang:

Bei Betätigung des Feuerlöschers entspannt sich das austretende, flüssige CO₂ sofort an der Düse und kühlt sich dabei sehr stark ab. Dadurch entsteht ein zwei-Phasen-Strom, der aus gasförmigem CO₂ und kleinsten Partikeln von festem CO₂ (Trockeneis) besteht. Der Löschmittelstrahl, der bei gasförmigem CO₂ farblos erscheinen würde, ist durch die feinen Trockeneispartikel und die infolge der niedrigen Gastemperatur kristallisierte Luftfeuchtigkeit als weißer Löschmittelstrahl sichtbar.

Maximaler Grenzwert von 5 Vol.-% CO₂:

Bei Kohlendioxid ist z. B. ab einer Konzentration von 5 Vol.-% CO₂ mit Gesundheitsschäden zu rechnen und ab einer Konzentration von mehr als 8 Vol.-% CO₂ besteht Lebensgefahr (vgl. DGUV Information 205-026 „Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“).

2 Eigenschaften von Kohlendioxid (CO₂)

Kohlendioxid (CO₂) ist das Endprodukt bei der Oxidation von Kohlenstoff. Daher entsteht es bei vielen industriellen Prozessen, aber auch bei der Ausatmung von Menschen und Tieren oder bei Bränden. CO₂ unterhält selbst nicht die Verbrennung und eignet sich daher als Löschmittel.

CO₂ ist ein nicht brennbares farb- und geruchloses Gas. Es ist schwerer als Luft, sinkt nach unten, reichert sich am Boden an und kann in angrenzende Bereiche fließen.

In Gasflaschen ist CO₂ unter Druck verflüssigt. In Feuerlöschern beträgt der Druck bei Raumtemperatur (20° C) ca. 58 bar. Beim Austritt aus dem Feuerlöscher verdampft es so rasch durch Entspannen, dass es sich stark abkühlt und einen CO₂-Nebel (sog. Flüssigaerosole) bildet, der sich am Boden anreichert (siehe Abb. 2). Festes CO₂ ist unter dem Namen „Trockeneis“ bekannt. Trockeneis hat bei Normaldruck eine Temperatur von -79 °C. Es sublimiert, d. h. es geht direkt vom festen in den gasförmigen Zustand über. Ein 5 kg-CO₂-Feuerlöscher erzeugt bei vollständiger Entleerung ein Volumen von ungefähr 2700 Liter gasförmigen Kohlendioxids.

CO₂ leitet den elektrischen Strom schlecht und es findet eine elektrostatische Aufladung statt (siehe Kapitel 10 und 11).

Weitere wichtige sicherheitstechnische Kenndaten von CO₂ sind in der Tabelle 1 aufgeführt.



Abb. 2 CO₂-Feuerlöscher mit Schneerohr / Ausströmen von „CO₂-Nebel“

Tabelle 1 Sicherheitstechnische Kenndaten von CO₂

	Kohlendioxid (CO ₂)
Umrechnungsfaktor bei 1013 mbar und 20 °C	1 ml/m ³ = 1,83 mg/m ³
Sublimationspunkt	-78,5 °C
Relative Gasdichte bezogen auf trockene Luft	1,53
Dichte trockener Luft bei 20 °C und 1013 mbar	1,204 kg/m ³
Gasdichte bei 1013 mbar und 15 °C	1,8474 kg/m ³
Dampfdruck bei 20 °C	57,3 bar
Dampfdruck bei 30 °C	72,1 bar
Molmasse	44,01 g/mol

Quelle: GESTIS

3 Detektion des Sauerstoffes (O₂) in der Atemluft

Eine Vergiftung durch CO₂ ist vollständig unabhängig von den Wirkungen eines Sauerstoffmangels (Erstickung), deshalb ist der Sauerstoffgehalt der Luft kein wirksames Anzeichen für die Vergiftungsgefahr durch CO₂.

Die ausschließliche O₂-Messdetektion bei einer möglichen Gefährdung durch CO₂ wird zum Teil immer noch vereinzelt in den Betrieben praktiziert. Dies ist ein fataler Fehler.

Zum Beispiel kann beim Ausströmen von CO₂ in die Atmosphäre die Sauerstoffkonzentration geringfügig auf 19 Vol.-% sinken, was an sich nicht gefährlich ist, aber die auf 9,5 Vol.-% erhöhte CO₂-Konzentration stellt eine sehr gefährliche Situation dar. (Quelle: IFA , dargestellt in Abb.3)

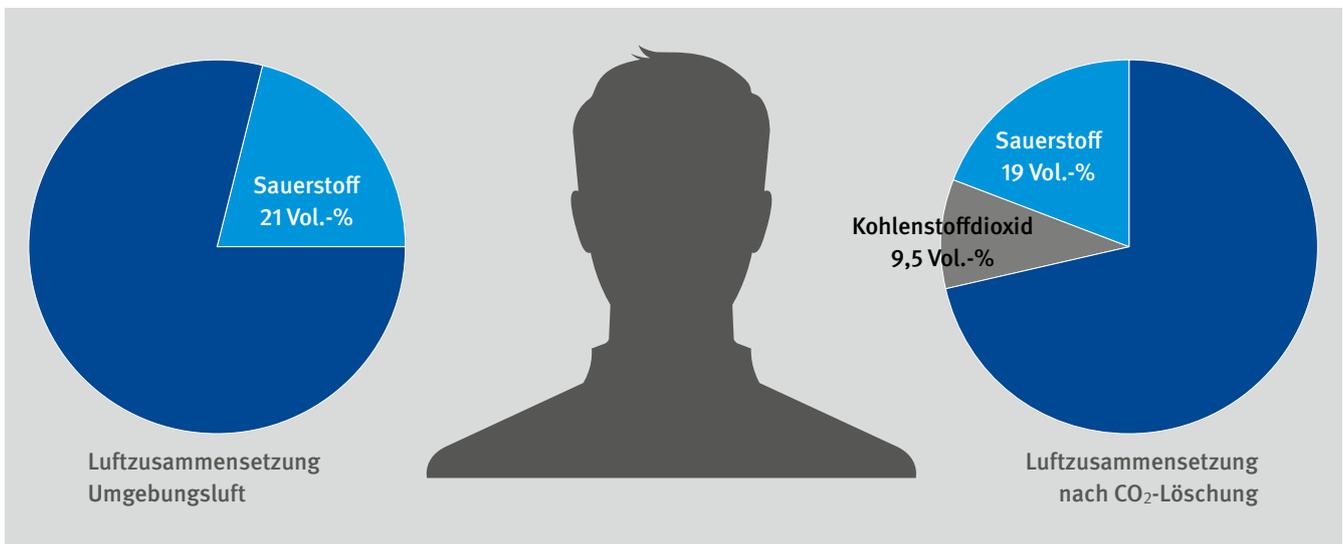


Abb. 3 Darstellung der Luftzusammensetzung in Vol.-% vor (links) und nach (rechts) eines Löschversuchs mit CO₂, gemessen in Atemhöhe (1,65 m). Es besteht Vergiftungsgefahr durch CO₂, obwohl der Sauerstoffgehalt mit 19 Vol.-% noch völlig ausreichend erscheint.

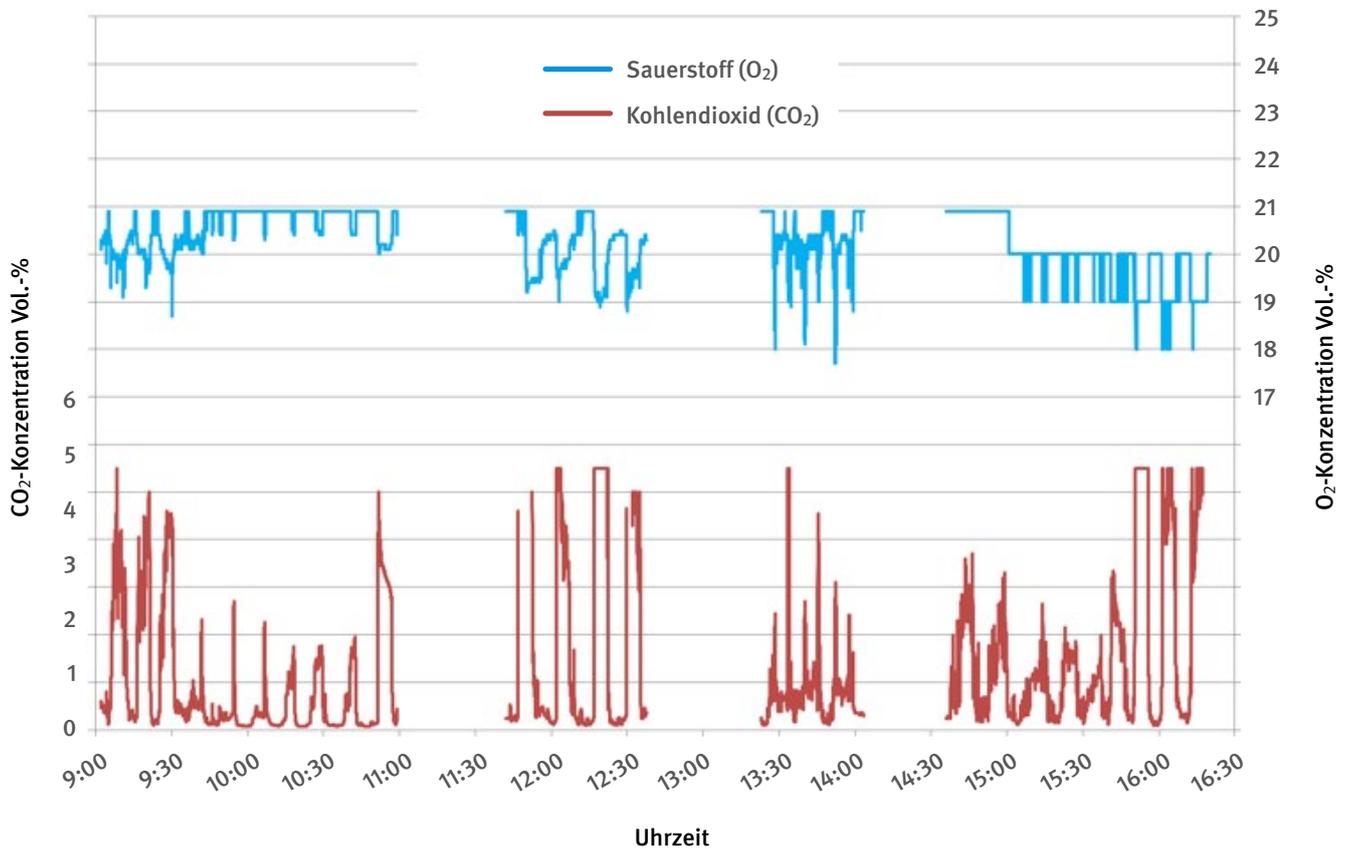


Abb. 4 Beispielhaftes Diagramm mit Messergebnissen der personengetragenen Detektion im Vergleich Kohlendioxid (CO₂) zu Sauerstoff (O₂) in der Atemluft (Quelle: IFA)

Beim Löschvorgang mittels CO₂-Feuerlöschers zeigt das beispielhafte Diagramm (Abb.4) aus den Löschversuchen, ausgehend von einem Sauerstoffanteil von ~21 Vol.-%, die Reduzierung auf 18 Vol.-% bei gleichzeitigem Anstieg des CO₂-Anteils auf bis zu ~6 Vol.-%. Somit liegt die CO₂-Konzentration über dem **maximalen Grenzwert von 5 Vol.-%!**

Bei CO₂ ist z. B. ab einer Konzentration von 5 Vol.-% CO₂ mit Gesundheitsschäden zu rechnen und ab einer Konzentration von mehr als 8 Vol.-% CO₂ besteht Lebensgefahr (vgl. DGUV Information 205-026 „Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“).



Merke

Bei möglichen Gefährdungen durch Kohlendioxid (CO₂) ausschließlich die Konzentration von CO₂ messen!

4 Wirkung von Kohlendioxid (CO₂) auf den Menschen

Die Atmung dient nicht nur der Sauerstoffaufnahme, sondern auch der Regulation des CO₂-Gehalts im Blut. Da CO₂ im Blut gelöst als Kohlensäure vorkommt, spielt die Atmung eine wichtige Rolle bei der Steuerung des Säure-Basen-Haushalts. Eine gestörte Abatmung von CO₂, z. B. durch Anstieg der Kohlendioxidkonzentration in der Einatemluft, kann für den Menschen bedrohlich werden, da ein konstanter pH-Wert um 7,4 für die Lebensprozesse von entscheidender Bedeutung sind. Bereits ab einem pH-Wert unter 7,35 spricht man von einer respiratorischen Azidose, d.h. von einer Übersäuerung des Blutes durch CO₂ bzw. Kohlensäure.

Mit steigender Übersäuerung werden die biochemischen Lebensprozesse empfindlich gestört und bedroht. Dies erklärt die in der Tabelle 2 dargestellten Wirkungen auf verschiedene Organsysteme und die Vergiftungserscheinungen bei hohen CO₂-Konzentrationen in der Einatemluft.

Die Stoffwechselfvorgänge, die in jeder Körperzelle ablaufen und der Energiegewinnung dienen, kann man als zelluläre Verbrennungsprozesse von Nährstoffen (Glucose) beschreiben. Hierbei wird Sauerstoff benötigt, welches die Zelle aus arteriellem (sauerstoffreichem) Blut bezieht. Als Produkt dieser Verbrennung entsteht Wasser und CO₂. Die zelluläre Sauerstoffaufnahme und CO₂-Abgabe werden auch als innere Atmung bezeichnet. Das CO₂ wird von der einzelnen Zelle über das venöse Blut und den Blutkreislauf zurück zur Lunge geführt.

In den Lungenbläschen der Lunge erfolgt dann die CO₂-Abgabe und die erneute Sauerstoffaufnahme (äußere Atmung). Durch Ventilation wird das CO₂ dann aus den Lungenbläschen über die kleinen und großen Bronchen sowie die Luftröhre (Trachea) an die Außenluft abgegeben.

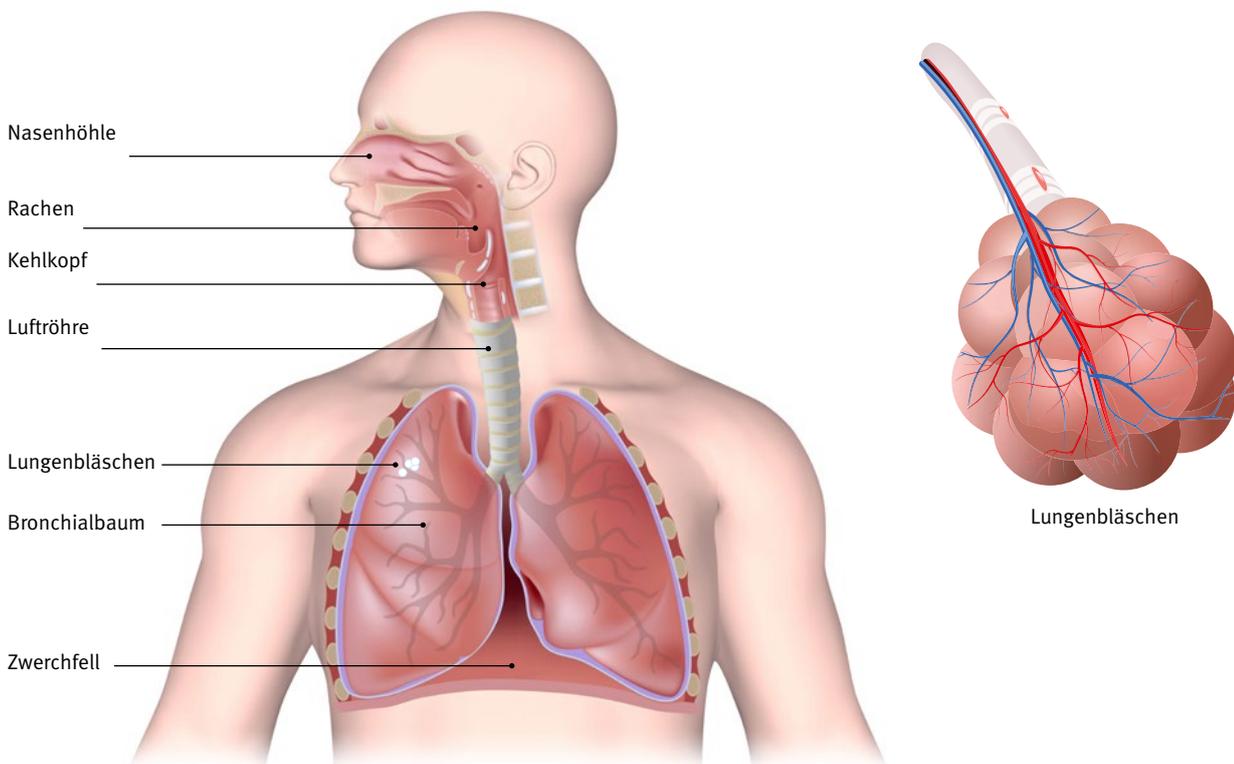


Abb. 5 Die Atemwege des Menschen und die Lungenbläschen (Alveoli)

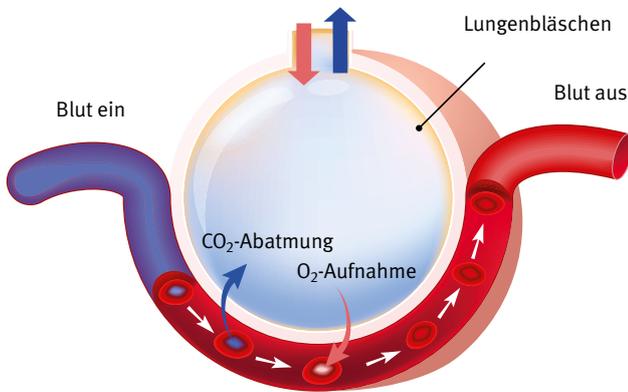


Abb. 6 Sauerstoff(O₂)- und Kohlendioxid(CO₂)-austausch in den Lungenbläschen

Tabelle 2 Orientierungswerte für die Wirkung von Kohlendioxid (CO₂) in Abhängigkeit von der Konzentration in der Einatemluft

CO ₂ -Anteil in der Einatemluft	Vergiftungssymptome durch CO ₂
ca. 0,5–1 Vol.-%	bei nur kurzzeitiger Einatmung generell noch keine besonderen Beeinträchtigungen der Körperfunktionen
ca. 2–3 Vol.-%	zunehmende Reizung des Atemzentrums mit Aktivierung der Atmung und Erhöhung der Pulsfrequenz
ca. 4–7 Vol.-%	Verstärkung der vorgenannten Beschwerden; zusätzlich Durchblutungsprobleme im Gehirn, Aufkommen von Schwindelgefühl, Brechreiz und Ohrensausen
ca. 8–10 Vol.-%	Verstärkung der vorgenannten Beschwerden bis zu Krämpfen und Bewusstlosigkeit mit kurzfristig folgendem Tod
über 10 Vol.-%	Tod tritt kurzfristig ein

Quelle: (BGN; ASI 8.01)

Bereits ab 4 Vol.-% ist mit erheblichen Symptomen und ab 8 Vol.-% mit Todesgefahr zu rechnen. Diese Werte dienen der Orientierung, da die Dauer einer Exposition und die individuelle Empfindlichkeit (z. B. bei Vorerkrankungen) bei der Schwere der Vergiftungssymptome ebenfalls eine Rolle spielen.

5 Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöscher

Bauart und Funktionsweise

CO₂-Feuerlöscher beinhalten das Löschgas Kohlendioxid (CO₂) und stehen bauartbedingt unter Dauerdruck. CO₂ ist das einzige in Feuerlöschern einsetzbare Löschmittel, das völlig rückstandslos löscht und sogar bei empfindlichen technischen Geräten oder Arbeitsbereichen eingesetzt werden kann.

Die Löschwirkung eines CO₂-Feuerlöschers wird durch Sauerstoffverdrängung erzielt und mit dem Bild des Branddreiecks (siehe Abb. 7) veranschaulicht dargestellt.

CO₂-Feuerlöscher eignen sich für Brände flüssiger oder flüchtig werdender Stoffe (Brandklasse B nach EN 2).

Feuerlöscher nach DIN EN 3, die für die Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen geeignet sind, werden mit der maximalen Spannung und dem notwendigen Mindestabstand gekennzeichnet, z. B. bis 1000V, Mindestabstand 1m.

Gerade bei technischen / elektronischen Anlagen oder Geräten kommen die Vorteile des Löschmittels CO₂ zum Tragen, da CO₂ nicht elektrisch leitend ist. Auch in Laboratorien, Reinräumen oder Bereichen mit hohen hygienischen Anforderungen ist ein CO₂-Feuerlöscher nahezu alternativlos.

Besonders effektiv löschen CO₂-Feuerlöscher in geschlossenen Räumen. Im Freien oder in großen Räumen hingegen verflüchtigt sich CO₂ sehr schnell. Tragbare CO₂-Feuerlöscher gibt es mit 2 und mit 5 kg Löschmittel. Fahrbare CO₂-Feuerlöscher gibt es mit 10, 20, 30 und 50 kg Löschmittel.

CO₂-Feuerlöscher stehen unter hohem Druck, welcher bei 20°C in etwa 60 bar beträgt und sich mit steigender Temperatur erhöht. Der Prüfdruck der CO₂-Behälter beträgt bis zu 310 bar. Sie sind mit einer Sicherheitseinrichtung gegen zu hohe Innendrucke gesichert.

CO₂-Feuerlöscher sind stets

- gegen Umfallen sowie
- vor mechanischen Beschädigungen zu sichern.

Bei einer Wandbefestigung ist der Wandhalter auf festen Halt zu überprüfen!

Bei der Standortwahl sind CO₂-Feuerlöscher keinen Temperaturen von unter -30°C und über +60°C oder direkter Sonneneinstrahlung auszusetzen!

Für die Wandmontage ist eine Griffhöhe von 80 bis 120 cm zu empfehlen.

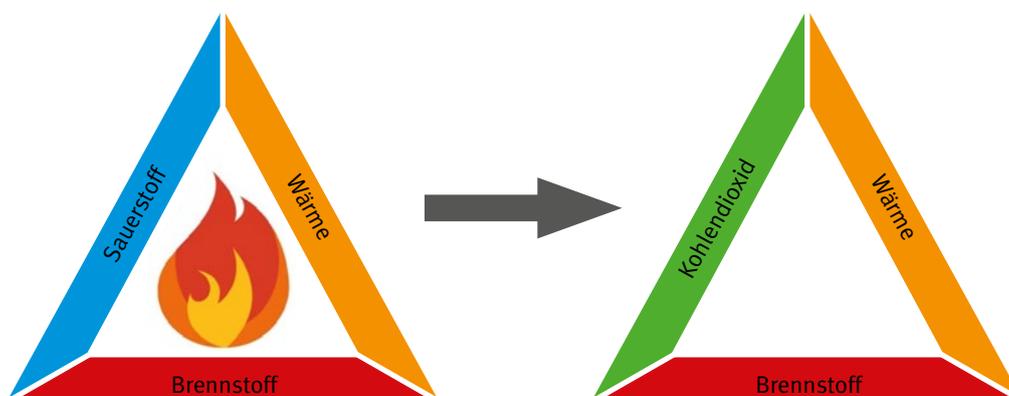


Abb. 7 Branddreieckdarstellungen unter Einflussnahme von Kohlendioxid (CO₂) auf das Erlöschen der Flamme

Tabelle 3 Ausgewählte technische Daten tragbarer CO₂-Feuerlöscher

CO ₂ -Löschmittelmenge	Betriebsdruck bei +20 °C ca. bar	Funktionsdauer ca. Sekunden	Effektive Einsatzreichweite ca. m	Löschvermögen
2 kg	58	min. 7	1–1,5	34 B
5 kg	58	min. 13	1,5–2	89 B

Mögliche Anwendungsbereiche eines CO₂-Feuerlöschers, die im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ermittelt und festgelegt werden müssen:

- elektrische und elektronische Anlagen (z. B. Schaltschränke, EDV-Anlagen, Serverräume): Feuerlöscher nach DIN EN 3, die für die Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen geeignet sind, werden mit der maximalen Spannung und dem notwendigen Mindestabstand gekennzeichnet, z. B. bis 1000 V, Mindestabstand 1 m (siehe DIN VDE 0132).
- Reinst- und Reinräume
- sensible Räume und Anlagen
- Laborräume
- In Bereichen mit hohen statischen Magnetfeldern sind CO₂-Feuerlöscher mit nicht magnetischen Eigenschaften einzusetzen. Dazu zählen Anlagen mit hohen statischen Magnetfeldern wie Magnetresonanz-Tomographen (MRT), MR-Spektroskopieanlagen, Beschleuniger, Galvanik- und Elektrolyseanlagen.

Beachte bei Anwendung von CO₂-Feuerlöschern:

- Vorsicht bei Verwendung in engen, schlecht belüfteten Räumen (Personengefährdung)!
- Keinen Kontakt mit dem sehr kalt austretenden Löschmittel zulassen (Kälteverbrennung für die Haut!).

Bedienung des CO₂ Feuerlöschers:

- Nach dem Herausziehen der Sicherung ist der CO₂-Feuerlöscher einsatzbereit.
- Die Löschdüse bzw. das Schneerohr ist zum Brandherd auszurichten.
- Mit Betätigen des Druckhebels wird das CO₂ als Schnee-Gas-Gemisch ausgestoßen. Der Löschmittelaustritt wird unterbrochen, wenn der Druckhebel losgelassen wird oder das Löschmittel vollständig verbraucht wurde.
- Flüssigkeitsbrände sind ohne Unterbrechung des Löschmittelaustritts zu löschen!

Ansonsten besteht die Gefahr des Wiederaufflammens des Feuers durch Rückzündungen.

Sicherheitshinweis beim Einsatz eines CO₂-Feuerlöschers in engen oder schlecht zu belüftenden Räumen:

- Siehe hierzu unter Kapitel 8 „Kennzeichnung“ in dieser DGUV Information.

Der CO₂-Feuerlöscher-Standort vor engen oder in schlecht belüfteten Räumen ist vorsorglich mit einer gesonderten Betriebsanweisung zur richtigen Brandbekämpfung zu versehen. Die Beschäftigten und die Brandschutzhelfer sind entsprechend zu unterweisen.

Feuerlöscher müssen in regelmäßigen Abständen entsprechend den Vorgaben nach ASR A2.2 „Maßnahmen gegen Brände“ geprüft werden.

Nach dem Löscheinsatz müssen Feuerlöscher, auch bei nur teilweiser Entleerung, unverzüglich wieder befüllt werden, um die Betriebsbereitschaft wiederherzustellen.



Warnhinweise

Geeignet bis 1.000 Volt bei 1m Mindestabstand, über 1.000 Volt DIN VDE 0132 beachten.

6 Einsatz von Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöschern in Räumen

Ergebnisse der Versuche

In zwei Räumen unterschiedlicher Abmessungen wurden praktische Löschversuche mit 2 kg und 5 kg CO₂-Feuerlöschern durchgeführt. Die CO₂-Konzentrationen wurden messtechnisch in drei Höhen (0,15 m über dem Boden, 1 m über dem Boden und 1,65 m über dem Boden) und auch personengetragen am Löschausführenden gemessen und aufgezeichnet.

Alle Löschversuche wurden fotografisch als auch mittels Video dokumentiert.

Bei allen Löschversuchen zeigte sich, dass sich das in 8 bis ca. 25 Sekunden ausströmende sehr kalte CO₂ über die freie Grundfläche verteilt und danach von unten nach oben in den Raum einschichtet. Aus diesem Grund ist die CO₂-Konzentration am Boden deutlich höher als im Atembereich einer stehenden Person. Daher muss unbedingt aufrecht stehend gelöscht werden. Bei den Versuchen mit geöffneter Tür ist die CO₂-Schichthöhe deutlich niedriger, da das CO₂ über die geöffnete Tür auch bodennah abströmen konnte. Aufgrund der Ergebnisse muss das bisherige volumenbezogene Abschätzungsverfahren zur Festlegung der benötigten CO₂-Löschmenge auf ein flächenbezogenes Abschätzungsverfahren geändert werden. Bei der Flächenberechnung wird eine maximale Raumhöhe von 2 m verwendet. Die bisher verwendete tatsächliche Raumhöhe größer 2 m suggeriert eine nicht vorhandene Sicherheit wegen der dann berechneten zu niedrigen CO₂-Konzentrationen.

Beispielhafte Berechnungen der CO₂-Konzentrationen sind im Anhang 1 zu finden.

Um keiner Gefährdung durch das freigesetzte CO₂ ausgesetzt zu sein, muss für eine Person, die sich im Raum aufhält um einen Brand zu löschen, pro Kilogramm CO₂-Löschmittel mindestens eine freie Grundfläche von 5,5 m² vorhanden sein. Die freie Grundfläche ist die sichtbare freie Bodenfläche, dazu zählen auch Flächen unter Stühlen und Tischen sowie offene Regale.



Es gilt

2 kg CO₂-Feuerlöscher erfordern mindestens 11 m² freie Grundfläche,

5 kg CO₂-Feuerlöscher erfordern mindestens 27,5 m² freie Grundfläche.

Daraus folgt:

- Das Löschen mit einem CO₂-Feuerlöscher kann im Brandraum erfolgen, wenn die oben genannten Bedingungen eingehalten sind. Ist die vorgehaltene CO₂-Löschmenge größer, kann nur von außen über den Türspalt oder über die geöffnete Tür gelöscht werden.
- Der Unternehmer und die Unternehmerin müssen in der Gefährdungsbeurteilung den geeigneten CO₂-Feuerlöscher ermitteln. Bei bereits vorhandenen CO₂-Feuerlöschern muss die Gefährdungsbeurteilung überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Gegebenenfalls muss auch der Standort des CO₂-Feuerlöschers verändert werden.

In Anhang 2 sind Handlungsanleitungen für die Gefährdungsermittlung eingestellt.

7 Richtiges Verhalten beim Löscheinsatz

Löschen im Raum

Vor Einleitung der Löschmaßnahme muss sichergestellt sein, dass sich keine weiteren Personen im Brandraum aufhalten. Der CO₂-Feuerlöscher ist möglichst nahe am Brandherd, jedoch ohne Eigengefährdung zu betätigen.



Empfehlung:

Um eine größtmögliche Löschwirkung zu erzielen, ist im Gegensatz zu anderen Löschmittelarten der komplette Inhalt des Feuerlöschers abzugeben.

Der Löschvorgang soll im Stehen mit aufgerichtetem Oberkörper erfolgen. Es darf nur die für den Raum geeignete CO₂-Löschmittelmenge verwendet werden. Nach Beendigung des Löschvorgangs muss der Raum zügig verlassen und die Tür verschlossen werden.

Andere Personen sind am Betreten des Raumes zu hindern und zu warnen, bevor die Feuerwehr eintrifft.



Abb. 8 Löschen im Raum

Löschen durch den Türspalt

Vor Einleitung der Löschmaßnahme muss sichergestellt sein, dass sich keine weiteren Personen im Brandraum aufhalten.

Die Tür zum Brandraum ist so weit zu öffnen, dass die Löschdüse bzw. das Schneerohr des CO₂-Feuerlöschers gerade noch in den Türspalt passt.



Empfehlung:

Um eine größtmögliche Löschwirkung zu erzielen, ist im Gegensatz zu anderen Löschmittelarten der komplette Inhalt des Feuerlöschers abzugeben.

Der Löschvorgang soll im Stehen mit aufgerichtetem Oberkörper erfolgen. Nach Beendigung des Löschvorgangs ist die Tür zum Brandraum sofort zu schließen.

Andere Personen sind am Betreten des Raumes zu hindern und zu warnen, bis die Feuerwehr eintrifft.



Abb. 9 Löschen durch den Türspalt

Löschen durch die geöffnete Tür

Vor Einleitung der Löschmaßnahme muss sichergestellt sein, dass sich keine weiteren Personen im Brandraum sowie im davorliegenden Raum / Flur aufhalten. Das CO₂ verteilt sich sowohl im Brandraum wie auch im Vorraum bzw. Flur.

Die Löschdüse bzw. das Schneerohr des CO₂-Feuerlöschers sind möglichst weit in den Brandraum zu halten.



Empfehlung:

Um eine größtmögliche Löschwirkung zu erzielen, ist im Gegensatz zu anderen Löschmittelarten der komplette Inhalt des Feuerlöschers abzugeben.

Es darf nur die für den Raum vorgesehene CO₂-Löschmittelmenge verwendet werden.

Der Löschvorgang soll im Stehen mit aufgerichtetem Oberkörper erfolgen. Nach Beendigung des Löschvorgangs ist die Tür zum Brandraum sofort zu schließen. Der vorgelagerte Raum ist zügig zu verlassen.

Andere Personen sind am Betreten des Brandraumes sowie des vorgelagerten Raumes/Flures zu hindern und zu warnen, bis die Feuerwehr eintrifft.



Abb. 10 Löschen durch die geöffnete Tür

8 Vorschlag zur Kennzeichnung der Räume

An allen Zugängen zu den Lösch- und Gefährdungsbereichen sollte das Warnzeichen W041 „Warnung vor Erstickungsgefahr“ und ein Zusatzzeichen mit der entsprechenden Aufschrift (siehe nachfolgende Beispiele in diesem Abschnitt) gut sichtbar und dauerhaft angebracht sein.



Die Zeichen müssen den Technischen Regeln für Arbeitsstätten „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ (ASR A1.3) sowie der DIN EN ISO 7010:2012 / A7:2017-08 „Graphische Symbole – Sicherheitsfarben und Sicherheitszeichen – Registrierte Sicherheitszeichen – Änderung 7“ entsprechen.

a) Löschen mit dem CO₂-Feuerlöscher im Raum



Achtung!
Löschvorgang mit Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöscher im Raum einleiten.
Nach Löschvorgang Raum sofort verlassen – Tür schließen!
Danach Raum nicht betreten – **Erstickungsgefahr!**

b) Löschen mit dem CO₂-Feuerlöscher durch den Türspalt/geöffnete Tür



Achtung!
Löschvorgang mit Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöscher nur von außen durch den Türspalt einleiten.
Danach Tür schließen!
Raum nicht betreten – **Erstickungsgefahr!**

9 Unterweisung

Alle Beschäftigten müssen regelmäßig, mindestens einmal jährlich, über die in ihrem Arbeitsbereich vorhandenen Brandgefahren und Brandschutzeinrichtungen sowie das Verhalten im Gefahrenfall (z. B. Evakuierung, Fluchtwege, Sammelstelle) nach ASR A2.2 „Maßnahmen gegen Brände“ unterwiesen werden. Beim CO₂-Feuerlöscher muss auf den Einsatzbereich und die Gefahren des Löschmittels in Räumen sowie auf das richtige Verhalten beim Löschen hingewiesen werden. Die Unterweisung ist zu dokumentieren.

Des Weiteren müssen im Betrieb eine ausreichende Anzahl von Beschäftigten als Brandschutzhelfer ausgebildet werden. Nähere Informationen sind in der DGUV Information 205-023 „Brandschutzhelfer – Ausbildung und Befähigung“ beschrieben.

Neben dem theoretischen Teil muss auch die Anwendung von Feuerlöschern im Rahmen von Löschübungen geübt werden. Es empfiehlt sich, die Ausbildung in Abständen von 3 bis 5 Jahren sowie bei wesentlichen betrieblichen Änderungen zu wiederholen.

10 Eignung von Feuerlöschern zur Brandbekämpfung an spannungsführenden Anlagen

Die ASR A 2.2 „Maßnahmen gegen Brände“ führt zur Brandbekämpfung an elektrischen Anlagen aus:

„Feuerlöscher nach DIN EN 3, die für die Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen geeignet sind, werden mit der maximalen Spannung und dem notwendigen Mindestabstand gekennzeichnet, z. B. bis 1000 V, Mindestabstand 1 m.“

Damit wären formal alle CO₂-Feuerlöscher zur Brandbekämpfung geeignet, die mit einem solchen Sicherheitshinweis gekennzeichnet sind. Die Frage der Eignung der Löschmittel wird dabei nicht betrachtet.

11 Elektrostatische Aufladung bei der Betätigung von tragbaren Feuerlöschern

Bei der Benutzung eines Feuerlöschers tritt eine elektrostatische Aufladung auf.

Der Grund für eine elektrostatische Aufladung bei der Benutzung von Feuerlöschern besteht darin, dass strömende Löschmittel eine Ladungstrennung verursachen. Das Maß elektrostatischer Aufladung ist von einer Vielzahl von Faktoren abhängig.

Die elektrostatische Aufladung kann bei ausströmendem CO₂ für die Person, die den Feuerlöscher benutzt, besonders intensiv sein. Kommt es dann zu einer Entladung, kann es in Abhängigkeit von der gespeicherten Energie und der körperlichen Konstitution zu unterschiedlichen Auswirkungen kommen. In der Regel wird die Entladung zu einer Schreckreaktion führen.

Verschiedene Faktoren wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Kontakt zu geerdeten Teilen, Schuhwerk und Bekleidung der benutzenden Person sowie Fußbodenbeschaffenheit beeinflussen den Grad der elektrostatischen Aufladung. Personen, die einen CO₂-Feuerlöscher benutzen, müssen über die Risiken der elektrostatischen Aufladung unterwiesen werden. Die bei der Benutzung eines CO₂-Feuerlöschers zu erwartende Ladungsenergie kann als unkritisch betrachtet werden (siehe TRGS 727 „Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen“ im Anhang D).

Hinweis:

Auch dann, wenn im Normalfall eine Personengefährdung nicht zu befürchten ist, kann insbesondere bei Personen mit einem labilen Gesundheitszustand oder mit einem Herzschrittmacher die Auswirkung der Entladung zu stärkeren Beeinträchtigungen führen als bei gesunden Personen.

Der Unternehmer bzw. die Unternehmerin hat im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung die Auswirkungen der elektrostatischen Aufladung zu bewerten, die Beschäftigten zu unterweisen und insbesondere für die Benutzung der Feuerlöschers in explosionsgefährdeten Bereichen die erforderlichen Maßnahmen festzulegen.

Nähere Informationen sind im Merkblatt des bvfa „Elektrostatische Aufladung bei der Betätigung von tragbaren Feuerlöschern“ (Merkblatt bvfa-FL 2016-07 (03)) zu finden. Es steht auf der bvfa-Homepage unter www.bvfa.de (Presse/Medien - Publikationen – Merkblätter, Positionspapiere, Informationen) zum Download zur Verfügung.

12 Ausgewählte Literaturhinweise und Quellen

Literaturverzeichnis

1. Gesetze, Verordnungen

- Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)
„Gefährdungsbeurteilung“ ASR V3
- Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)
„Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennung“
ASR A1.3
- Technische Regeln für Arbeitsstätten (ASR)
„Maßnahmen gegen Brände“ ASR A2.2
- Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)
„Vermeidung von Zündgefahren infolge elektro-
statischer Aufladungen“ TRGS 727

2. DGUV Regelwerk für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit

Bezugsquelle:

*Bei Ihrem zuständigen Unfallversicherungsträger
und unter www.dguv.de/publikationen*

Vorschriften

- DGUV Vorschrift 1 „Grundsätze der Prävention“

Regeln

- DGUV Regel 100-001
„Grundsätze der Prävention“

Informationen

- DGUV Information 205-023
„Brandschutzhelfer – Ausbildung und Befähigung“
- DGUV Information 205-025
„Feuerlöscher richtig einsetzen“
- DGUV Information 205-026
„Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Einsatz
von Feuerlöschanlagen mit Löschgasen“
- Arbeitssicherheitsinformation (ASI) der BGN
„CO₂ in der Getränkeindustrie“ ASI 8.01

3. Normen/VDE-Bestimmungen

Bezugsquelle:

*Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin
und VDE-Verlag, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin*

- DIN EN 2: 2005-01
„Brandklassen“
- DIN EN 3-7:2007-10;
DIN EN 3-8:2007-02;
DIN EN 3-9:2007-02 und
DIN EN 3-10:2010-03
„Tragbare Feuerlöscher“
- DIN VDE 0132:2018-07
„Brandbekämpfung und technische Hilfeleistung
in elektrischen Anlagen“
- DIN 14 406-4: 2009-09
„Tragbare Feuerlöscher – Teil 4 Instandhaltung“

4. Weitere Informationen

- Merkblatt bvfa-FL 2016-07 (03)
„Elektrostatische Aufladung bei der Betätigung
von tragbaren Feuerlöschern“
- Gefahrstoffinformationssystem (GESTIS) der DGUV
„GESTIS-Stoffdatenbank“
- European Industrial Gases Association (EIGA)
- Institut für Arbeitsschutz der DGUV (IFA)

Anhang 1

Berechnungen der Kohlendioxid (CO₂)-Konzentration

Anhand der hier durchgeführten Berechnungen soll die Vol.-% an CO₂ in Räumen bei unterschiedlichen Löschmittelmengen berechnet werden.

Voraussetzungen für die hier durchgeführten Rechnungen sind folgende Annahmen:

- ideales Gas
- spontane gleichmäßige Verteilung im Bilanzraum
- Standardhöhe für die Berechnungen sind 2 m, da unterhalb von 2 m die Einatemhöhe aller Personen liegt
- Standardbedingungen (0 °C; 25 °C; 1013 hPa)
- natürliche CO₂-Konzentration und eventuell durch Brände entstehendes CO₂ sind nicht berücksichtigt.

Ideales Gasgesetz:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \triangleq P \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

Berechnung des CO₂-Volumens

$$V = \frac{R}{M \cdot P} \cdot m \cdot T$$

V: Volumen [m³]

P: Druck [Pa] $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} \right]$; (Normbedingung: 101325 Pa)

R: allgemeine Gaskonstante $\left(8,3144598 \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2 \cdot \text{mol} \cdot \text{K}} \right] \right)$

T: Temperatur [K]; (T_{0°C} = 273,15 K); (T_{25°C} = 298,15 K)

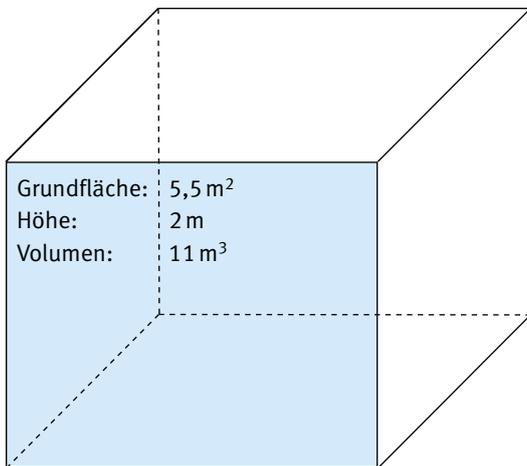
n: Stoffmenge [Mol]

M: Molmasse $\left[\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right]$ (CO₂: 44,01 $\left[\frac{\text{g}}{\text{mol}} \right]$; 0,04401 $\left[\frac{\text{kg}}{\text{mol}} \right]$)

m: Masse [kg]; (1 od. 2 od. 5 kg CO₂)

Berechnung des Volumenanteils:

$$\varphi = \frac{\text{Volumen}_{\text{CO}_2}}{\text{Volumen}_{\text{Luft}} + \text{Volumen}_{\text{CO}_2}} = \frac{\text{Volumen}_{\text{CO}_2}}{\text{Raumvolumen}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^3} \right]$$



Beispielberechnung

$$V = \frac{R}{M \cdot P} \cdot m \cdot T$$

$$V_{T_{0^{\circ}\text{C}}} = \frac{8,3144598}{0,04401 \cdot 101325} \cdot 1 \cdot 273,15$$

$$V_{T_{0^{\circ}\text{C}}} = 0,509 \text{ m}^3$$

$$\varphi_{T_{0^{\circ}\text{C}}} = 0,046299$$

$$\varphi_{T_{0^{\circ}\text{C}}} = 4,6 \text{ Vol.-%}$$

Unter den o.g. Voraussetzungen ergibt sich ein Volumenanteil im Raum von 4,6 Vol.-% CO₂. Bei einer Temperatur von 25 °C erhöht sich die Volumenkonzentration auf **5,1 Vol.-% CO₂**.

Tabelle 4 Beispielhafte Berechnungen der CO₂-Konzentration in Abhängigkeit von Löschmittelmenge zur freien Grundfläche

CO ₂ -Löschmittelmenge [kg]	Freie Grundfläche [m ²]	Volumen bei anrechenbarer Raumhöhe von 2 m [m ³]	berechnete CO ₂ -Volumenkonzentration bei 0 °C [Vol.-%]	berechnete CO ₂ -Volumenkonzentration bei 25 °C [Vol.-%]
1	5,5	11	4,6	5,1
2	5,5	11	9,3	10,1
2	11	22	4,6	5,1
5	5,5	11	23,1	25,3
5	11	22	11,6	12,6
5	27,5	55	4,6	5,1

Anhang 2

Handlungsanleitungen

Schaubild 1 Ablaufschema zur Gefährdungsermittlung

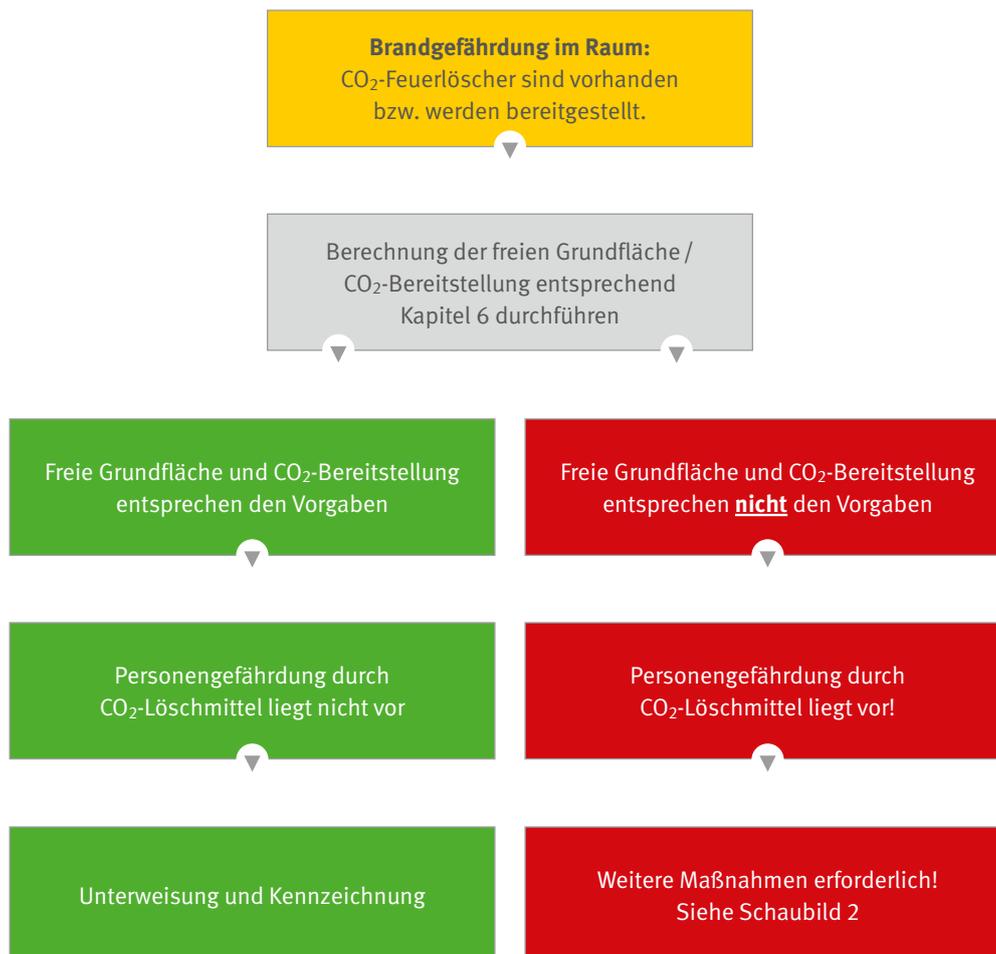


Schaubild 2 Weiterführendes Ablaufschema zur Gefährdungsermittlung



Anhang 3

Alternative Möglichkeiten zum Einsatz von Kohlendioxid (CO₂)-Feuerlöschern

- A. **Einsatz alternativer Löschmittel**, wie z. B. sogenannte Nasslöscher mit Eignung bis 1000 V (siehe Beschriftungsschild). Sie sind erhältlich für die Brandklasse **A** sowie die Brandklassen **A und B**.

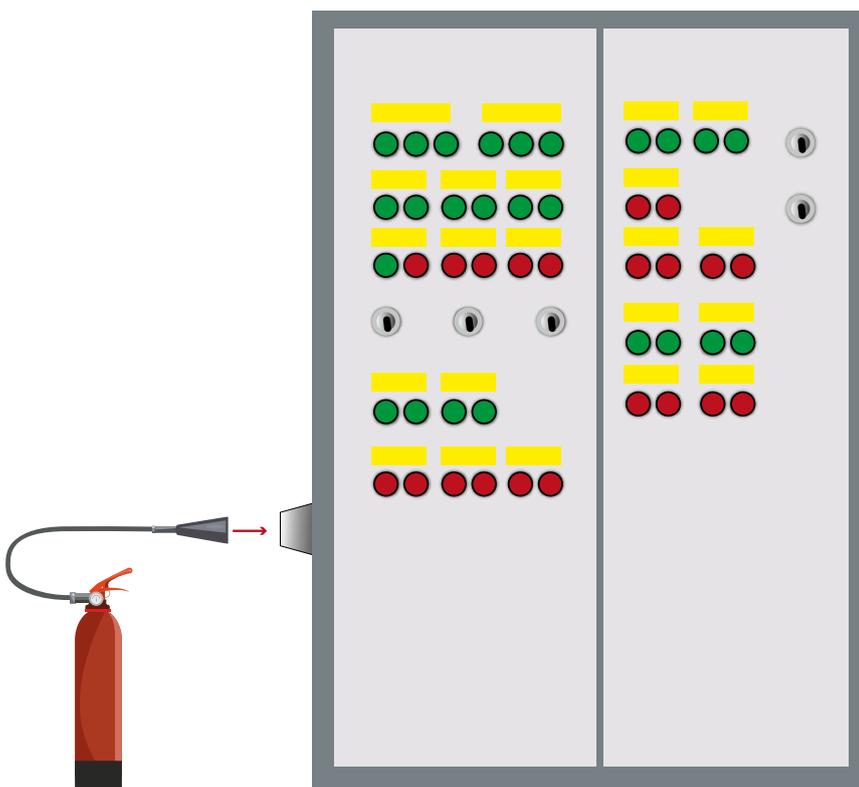


Brände fester Stoffe



Brände von flüssigen oder flüssig werdenden Stoffen

- B. **Beispielhafte Darstellung einer möglichen Öffnungseinrichtung für die Schneerohrzuführung des CO₂-Feuerlöschers an einem Schaltschrank**



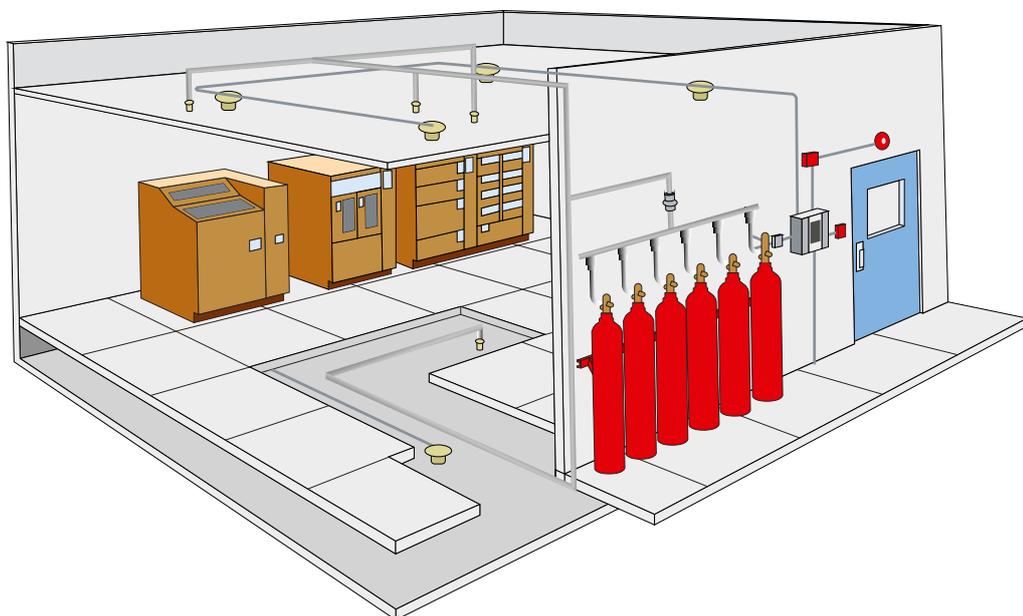
Hinweis:

Zustimmung durch den Hersteller
Die Möglichkeiten zur Installation einer Öffnungseinrichtung (ab Werk oder im Nachhinein) müssen mit dem Hersteller, des Schaltschranks, Serverschranks o.dgl. abgestimmt werden. Des Weiteren muss beachtet werden, dass der zu verdrängende Sauerstoff gegebenenfalls entweichen kann (Druckausgleich). Folglich kann auch CO₂ in gewissen Anteilen entweichen; Personenschutz prüfen!

C. **Beispielhafte Darstellung einer Objektschutz-Löschanlage**



D. **Beispielhafte Darstellung einer ortsfesten Löschanlage (Raumflutung)**



Informatives zur Projektdurchführung

Ergebnis aus allen Versuchsreihen

Die Anzahl der „Löscheinsätze“ unter Verwendung von CO₂-Feuerlöschern gliedern sich wie folgt auf:

- 30 Löscheinsätze x 2 kg CO₂-Feuerlöscher
 - 25 Löscheinsätze x 5 kg CO₂-Feuerlöscher
- Ergibt insgesamt: 55 „Löscheinsätze“ mit 185 kg CO₂!

Während der Projektdurchführung wurden über 7.000 Messdaten erfasst und einer umfangreichen Auswertung zugeführt.



Danksagung

Bei der Projektdurchführung und Erarbeitung dieser Schrift waren beteiligt:

- die Firma Total Feuerschutz GmbH in Ladenburg
- die Werkfeuerwehr der Freudenberg Service KG in Weinheim
- das Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)
- die Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU)
- die Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse (BG ETEM)
- die Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gastgewerbe (BGN)
- das Sachgebiet „Betrieblicher Brandschutz“ des Fachbereichs „Feuerwehren, Hilfeleistungen, Brandschutz“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e. V. (DGUV)

Mit freundlicher Unterstützung von:

Bundesverband Betrieblicher Brandschutz/Werkfeuerwehrverband Deutschland e. V. (WFVD)

Bundesverband Technischer Brandschutz e. V. (bvfa)

Bundesverband Brandschutz-Fachbetriebe e. V. (bvbf)

**Deutsche Gesetzliche
Unfallversicherung e. V. (DGUV)**

Glinkastraße 40
10117 Berlin
Telefon: 030 13001-0 (Zentrale)
Fax: 030 13001-9876
E-Mail: info@dguv.de
Internet: www.dguv.de