

Sicherheitsdatenblatt (SDS)

Tetrafluormethan (R14 / CF₄ / Kohlenstofftetrafluorid)

CAS-Nr.: 75-73-0 UN-Nr.: 1982 Ausstellungsdatum: 29. August 2026 Version: 1.0

1 Identifizierung

1.1 Produktidentifizierung

Chemische Bezeichnung	Tetrafluormethan (Kohlenstofftetrafluorid)
Handelsnamen / Synonyme	R14, CFC-14, PFC-14, Freon 14, Kohlenstofftetrafluorid, Perfluormethan (CF ₄)
CAS-Nummer	75-73-0
UN-Nummer	1982 (verdichtetes Gas)
Gefahrgutkennzeichen	Klasse 2.2 Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas
Summenformel	CF ₄
Molekulargewicht	88.00 g/mol
Empfohlene Verwendung	Tieftemperatur-Kältemittel, Ätzgas für die Halbleiterfertigung, elektrisches Isoliergas, Lasergas usw.

1.2 Angaben zum Lieferanten des Sicherheitsdatenblatts

Name des Lieferanten	Hangzhou Wula Chemical Co., Ltd.
Anschrift	Nr. 7 Longtan Road, Bezirk Yuhang, Hangzhou, Provinz Zhejiang, China
Postleitzahl	311100
Telefon	+86-571-87024025
Telefax	+86-571-87024025
E-Mail	safety@wulachem.cn

1.3 Notrufnummer

Nationale Chemie-Notrufzentrale (China): +86-532-83889090 (24 Stunden)

Notruf für Chemieunfälle der Provinz Zhejiang: +86-571-88071797

2 Identifizierung der Gefahren

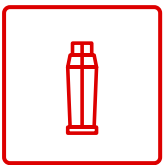
2.1 GHS-Einstufung

Gefahreneinstufung:

- Gas unter Druck (physikalische Gefahr) — Verdichtetes Gas

Hinweis: Dieser Stoff gehört zur ASHRAE-Sicherheitsgruppe A1 (geringe Toxizität, nicht entzündbar). Er ist im Wesentlichen nicht toxisch ($LC_{50} > 500,000$ ppm). Die Hauptgefahren sind die physikalische Gefahr durch Hochdruckgas und Erstickung. Der Dampfdruck ist mit 3800 kPa bei 25°C extrem hoch, die kritische Temperatur mit -45.6°C sehr niedrig, sodass der Stoff bei Umgebungstemperatur nicht verflüssigt werden kann. Das GWP beträgt bis zu 7390; es handelt sich daher um ein extrem stark wirksames Treibhausgas.

2.2 GHS-Kennzeichnungselemente



GHS04 Gasflasche

Signalwort: **ACHTUNG**

Gefahrenhinweise:

H280 Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.

Sicherheitshinweise:

P102 Vor der Handhabung alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.

P410+P403 Vor Sonnenbestrahlung schützen. An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

2.3 Sonstige Gefahren

- Das Gas ist schwerer als Luft (etwa das 3.0-Fache der Luftdichte) und kann sich über weite Strecken entlang des Bodens ausbreiten, wodurch eine sauerstoffarme Umgebung entsteht (Erstickungsgefahr).
- Nicht entzündbar, zersetzt sich jedoch bei hohen Temperaturen ($> 1000^{\circ}\text{C}$) unter Bildung von giftigem Fluorwasserstoff und anderen Gasen.
- Extrem hoher Innendruck der Druckgasflasche (3800 kPa bei 25°C); der Druck steigt bei Erwärmung weiter an, wodurch die Gefahr des Berstens und der Explosion der Flasche besteht.
- Die kritische Temperatur ist mit -45.6°C extrem niedrig; bei Umgebungstemperatur nicht verflüssigbar, Lagerung als verdichtetes Gas bei weitaus höheren Drücken als bei üblichen verflüssigten Gasen.

- GWP von bis zu 7390, womit es sich um ein extrem stark wirksames Treibhausgas handelt; Emissionen sind streng zu begrenzen.

3 Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoff/Gemisch

Dieses Produkt ist ein reiner Stoff.

3.2 Zusammensetzungsangaben

Bezeichnung des Bestandteils	CAS-Nr.	Konzentration (Massenanteil)
Tetrafluormethan	75-73-0	≥99.9% (Halbleiterqualität ≥99.999%)

3.3 Verunreinigungsangaben

Verunreinigung	Industriequalität	Elektronikqualität (Halbleiter)
Säuregehalt (als HF)	≤0.1 ppm	≤0.01 ppm
Feuchte	≤10 ppm	≤1 ppm
Luft (N ₂ +O ₂)	≤100 ppm	≤5 ppm
CO ₂	≤50 ppm	≤1 ppm
Andere Fluorkohlenwasserstoffe	≤500 ppm	≤5 ppm

4 Erste-Hilfe-Maßnahmen

4.1 Beschreibung der erforderlichen Erste-Hilfe-Maßnahmen

Allgemeiner Rat: Betroffene Person sofort aus dem kontaminierten Bereich entfernen. Warm und ruhig halten. Dieses SDS dem behandelnden Arzt vorlegen.

Einatmen:

- Betroffene Person sofort an die frische Luft bringen. Atemwege freihalten.
- Sauerstoff verabreichen, wenn die Atmung erschwert ist.
- Bei fehlender Atmung künstliche Beatmung durchführen (vorzugsweise mit Beutel-Masken-Beatmung oder Pocket-Maske; Mund-zu-Mund-Beatmung vermeiden).
- Bei fehlendem Puls sofort mit Herz-Lungen-Wiederbelebung (CPR) beginnen.
- Betroffene Person warm und ruhig halten. Zustand genau überwachen.

- Sofort ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen. Dieser Stoff ist ein erstickend wirkendes Gas; die Hauptgefahr ist Erstickung durch Sauerstoffmangel.

Hautkontakt (Erfrierung / Verletzung durch Injektion von Hochdruckgas):

- Die Injektion von Hochdruckgas kann Erfrierungen der Haut und Gewebedurchdringungsverletzungen verursachen.
- Betroffenen Bereich sofort mit großen Mengen lauwarmen Wassers (37–40 °C) spülen, um das Wiederaufwärmen zu fördern.
- Kein heißes Wasser (>40 °C) oder direkte Hitze (z. B. Elektroheizgeräte) verwenden.
- Erfrorenen Bereich nicht reiben oder massieren; dies kann Gewebeschäden verschlimmern.
- Mit sterilem Verband abdecken.
- Sofort ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen. Verletzungen durch Injektion von Hochdruckgas können tiefgehende Gewebeschäden verursachen, die eine fachärztliche Beurteilung erfordern.

Augenkontakt:

- Die Injektion von Hochdruckgas kann Erfrierungen des Auges und mechanische Verletzungen verursachen.
- Augenlider sofort offen halten und mindestens 15 Minuten gründlich mit reichlich Wasser oder physiologischer Kochsalzlösung spülen.
- Kontaktlinsen entfernen, sofern vorhanden und leicht entfernbar.
- Sofort ärztliche Hilfe hinzuziehen, vorzugsweise von einem Augenarzt.

Verschlucken:

Nicht anwendbar. Dieser Stoff ist ein verdichtetes Gas; eine Exposition durch Verschlucken ist nicht zu erwarten.

4.2 Wichtigste akute und verzögerte Symptome und Wirkungen

- Erstickung: Dieser Stoff ist ein erstickend wirkendes Gas. Hohe Konzentrationen verdrängen den Sauerstoff in der Luft und führen zu Hypoxie. Zu den Symptomen gehören beschleunigte Atmung, Schwindel, Kopfschmerzen, Übelkeit, Bewusstlosigkeit und Tod.
- Hautkontakt mit Injektion von Hochdruckgas: Erfrierung, Gewebedurchdringungsverletzung, Luftembolie (selten, aber schwerwiegend).
- Augenkontakt mit Injektion von Hochdruckgas: schwere Erfrierung, Hornhautschädigung, Sehbeeinträchtigung.

4.3 Hinweise auf erforderliche sofortige ärztliche Versorgung und Spezialbehandlung

Hinweise für Ärzte:

- Symptomatische und unterstützende Therapie. Atemwege freihalten; bei Bedarf Sauerstoff verabreichen.
- Dieser Stoff ist im Wesentlichen nicht toxisch; die Hauptgefahr ist Erstickung. Die Behebung der Hypoxie ist das vorrangige Behandlungsziel.

- Verletzungen durch Injektion von Hochdruckgas können tiefgehende Gewebeschäden und Luftembolien verursachen; eine sorgfältige Beurteilung und engmaschige Überwachung sind erforderlich.
- Erfrierungen nach Standardprotokollen behandeln: Wiederaufwärmen mit lauwarmem Wasser (37–40 °C). Keine trockene Hitze oder Massage anwenden.
- Bei Verdacht auf Luftembolie (Eindringen von Hochdruckgas durch die Haut in Blutgefäße) ist eine hyperbare Sauerstofftherapie in Betracht zu ziehen.

5 Maßnahmen zur Brandbekämpfung

5.1 Löschmittel

Geeignete Löschmittel: Dieser Stoff ist nicht entzündbar. Löschmittel verwenden, die für den umgebenden Brand geeignet sind. Kohlenstoffdioxid, Trockenlöschmittel, Wasservernebelung und Schaum sind zulässig.

Ungeeignete Löschmittel: Keine spezifischen Gegenanzeigen.

5.2 Besondere Gefahren durch den Stoff oder das Gemisch

- Nicht entzündbar. Kein Flammpunkt. Keine Explosionsgrenzen. Extrem chemisch inert.
- Zersetzt sich bei extrem hohen Temperaturen (>1000°C) langsam unter Bildung von giftigem Fluorwasserstoff (HF) und anderen Gasen.
- Extrem hoher Innendruck der Druckgasflasche (3800 kPa bei 25°C); der Druck steigt bei Erwärmung stark an, was zum Bersten der Flasche führen kann. Umherfliegende Bruchstücke können bei hoher Geschwindigkeit schwere Verletzungen verursachen.
- Kann bei hohen Temperaturen mit reaktiven Metallen (Lithium, Natrium usw.) reagieren.

5.3 Gefährliche Verbrennungsprodukte

Fluorwasserstoff (HF) und andere fluoriierte Verbindungen (nur bei extrem hohen Temperaturen).

5.4 Hinweise für Feuerwehrleute

- Feuerwehrleute müssen einen Druckluft-Atemschutz (SCBA) mit positivem Druck und vollständige feuerfeste Schutzkleidung tragen.
- Behälter nach Möglichkeit aus dem Brandbereich an einen sicheren Ort bringen.
- Behälter aus sicherer Entfernung mit Wasserstrahl kühlen, bis das Feuer gelöscht ist.
- Sofort evakuieren, wenn Behälter Verfärbungen zeigen oder Sicherheitsventile zu entlüften beginnen.
- Bereich absperren; Unbefugte fernhalten.
- Beim Bersten einer Druckgasflasche können mit hoher Geschwindigkeit umherfliegende Bruchstücke entstehen; die Einsatzkräfte der Feuerwehr müssen einen sicheren Abstand einhalten und Deckung nutzen.

Hochdruckwarnung: R14 weist bei 25°C einen Dampfdruck von 3800 kPa (etwa 38 atm) auf und liegt damit weit über dem üblicher Kältemittel. Der Innendruck der Flasche steigt bei Erwärmung stark an, woraus ein extrem hohes Berstrisiko resultiert. Bei Lagerung und Transport ist die Temperatur streng zu überwachen; direkte Sonneneinstrahlung und die Nähe zu Wärmequellen sind streng untersagt.

6 Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

6.1 Persönliche Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstung und Notfallverfahren

- Personal sofort aus dem Leckbereich an windzugewandte Orte evakuieren. Absperrung errichten und Zugang beschränken.
- Einsatzkräfte sollten einen Überdruck-Pressluftatmer (SCBA), übliche Arbeitskleidung, Schutzhandschuhe und eine Schutzbrille tragen.
- Aus windzugewandter Richtung herangehen.
- Leck schließen, sofern dies gefahrlos möglich ist. Vor der Gefahr der Injektion von Hochdruckgas wird gewarnt.
- Nicht mit verschüttetem Material in Berührung kommen oder darüber laufen.
- Ventile von Hochdruckgas niemals auf Personen richten.
- Notfallkontaktpersonal für externe Unterstützung bereithalten.

6.2 Umweltvorsichtsmaßnahmen

- Verhindern, dass Gas in Abwasserkanäle, Kellerräume oder enge Räume gelangt.
- Bereich belüften, um die Ausbreitung zu beschleunigen.
- Bei größeren Leckagen die Emissionen dieses extrem stark wirksamen Treibhausgases begrenzen; nach Möglichkeit rückgewinnen.
- Freisetzung in die Atmosphäre vermeiden (GWP = 7390).

6.3 Methoden und Materialien zur Rückhaltung und Reinigung

- **Kleines Leck:** Belüftung erhöhen, um die Gasausbreitung zu beschleunigen. Sauerstoffgehalt überwachen, um Erstickung zu verhindern.
- **Großes Leck:**
 - Quellventil schließen, sofern dies sicher möglich ist.
 - Rückgewinnung mit spezieller Ausrüstung zur Rückgewinnung von Hochdruckgas.
 - Ist eine Rückgewinnung nicht möglich, durch Lüftung auf eine unbedenkliche Konzentration verdünnen.
- **Zylinderleck:** Druckgasflasche an einen gut belüfteten, sicheren Ort bringen und langsam entleeren. Lässt sich das Ventil nicht schließen, den Lieferanten zur fachgerechten Bearbeitung kontaktieren. Der Austrittsöffnung eines Hochdruckgaslecks nicht von vorn nähern.

6.4 Referenz

Siehe Abschnitt 8 (Expositionskontrollen/Personalschutz) und Abschnitt 13 (Entsorgungshinweise).

Besonderer Warnhinweis: Die Gasdichte von R14 beträgt etwa das 3.0-Fache der von Luft; das Gas sammelt sich in tiefer gelegenen Bereichen und geschlossenen Räumen an und schafft dort eine sauerstoffarme Umgebung (Erstickungsgefahr). Vor dem Betreten geschlossener Räume oder tiefer gelegener Bereiche stets den Sauerstoffgehalt prüfen ($\geq 19.5\%$) und das Partnerverfahren anwenden. Dieser Stoff ist ein verdichtetes Hochdruckgas; bei Leckagen besteht die Gefahr der Injektion unter hohem Druck.

7 Handhabung und Lagerung

7.1 Vorsichtsmaßnahmen für die sichere Handhabung

- In geschlossenen Systemen mit ausreichender natürlicher Belüftung oder örtlicher Absaugung handhaben.
- Personal muss speziell geschult sein und Arbeitsvorschriften strikt befolgen. Nur zertifiziertes Personal.
- Gasleckage in die Arbeitsplatzatmosphäre verhindern.
- **Der Sicherheit beim Umgang mit Hochdruckgas ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen: Ventile langsam öffnen; Ventilausgänge niemals auf Personen richten.**
- Spezielle Druckminderer und Rohrleitungen für Hochdruckgas verwenden; sicherstellen, dass die Druckfestigkeiten den Anforderungen entsprechen.
- Flaschen sorgfältig behandeln; Flaschen nicht fallen lassen, rutschen lassen, rollen oder anstoßen.
- Bereich mit Notfallausrüstung für Lecks ausstatten.
- In Arbeitsbereichen nicht rauchen, essen oder trinken.
- Explosionsgeschützte Belüftungssysteme und -ausrüstung verwenden.
- Druckgasflaschen, Ventile und Rohrleitungen regelmäßig auf Leckagen und Druckfestigkeit prüfen.
- Druckgasflaschen müssen mit Ventilschutzkappen und Sicherheitsringen versehen sein.

7.2 Bedingungen für die sichere Lagerung, einschließlich Unverträglichkeiten

- In einem kühlen, trockenen, gut belüfteten Lager für nicht entzündbare Gase lagern.
- **Die Lagertemperatur sollte 30°C nicht überschreiten.** Von Feuer, Wärmequellen und direkter Sonneneinstrahlung fernhalten. Hochdruckgas reagiert sehr empfindlich auf Temperatur.
- Getrennt von entzündbaren Gasen, Oxidationsmitteln und reaktiven Metallen lagern.
- Lagerbereich sollte mit Notfallausrüstung für Lecks ausgestattet sein.
- Zylinder müssen aufrecht mit Ventilkappen und Sicherungsringen stehend und gegen Umfallen gesichert gelagert werden.
- Explosionsgeschützte Beleuchtung und Belüftungssysteme verwenden.
- Klare Sicherheitswarnzeichen in Lagerbereichen anbringen.

- Zwei-Personen-Annahme/-Ausgabe und Zwei-Personen-Aufbewahrungssystem einführen.
- Das Lager sollte mit Messgeräten für die Hochdruckgaskonzentration und mit Sauerstoffmessgeräten ausgestattet sein.

7.3 Spezifische Endverwendungen

Nur für industrielle Verwendung. Das Personal muss fachlich geschult sein. Hauptsächlich verwendet für Tieftemperaturkälte, Ätzprozesse in der Halbleiterfertigung und elektrische Isolierung. Nicht für direkten Lebensmittelkontakt, medizinische Inhalation oder andere nicht zugelassene Anwendungen verwenden. Hinweis: Dieser Stoff ist ein extrem stark wirksames Treibhausgas (GWP = 7390); Emissionen und Leckagen sind streng zu begrenzen.

8 Expositionskontrollen/Personalschutz

8.1 Kontrollparameter

China OEL (Arbeitsplatzgrenzwert)	Kein gesetzlicher Grenzwert festgelegt. Dieser Stoff ist ein erstickend wirkendes Gas; der Sauerstoffgehalt am Arbeitsplatz sollte bei $\geq 19.5\%$ gehalten werden
ACGIH TLV-TWA (USA)	Kein spezifischer Grenzwert festgelegt (erstickend wirkendes Gas). Siehe Richtwerte für den Sauerstoffgehalt
OSHA PEL-TWA (USA)	Nicht festgelegt (erstickend wirkendes Gas)
Biologischer Grenzwert	Nicht festgelegt

Hinweis: Dieser Stoff ist ein erstickend wirkendes Gas und im Wesentlichen nicht toxisch. Die Hauptgefahr ist die Verdrängung von Sauerstoff bei hohen Konzentrationen mit nachfolgender Erstickung. Die Schutzmaßnahmen sollten auf die Überwachung des Sauerstoffgehalts am Arbeitsplatz ($\geq 19.5\%$) ausgerichtet sein.

8.2 Expositionsüberwachungsmethoden

Gaschromatographie mit Wärmeleitfähigkeitsdetektor (GC-TCD) oder Massenspektrometrie (GC-MS), nichtdispersive Infrarotspektroskopie (NDIR), Sauerstoffmessgeräte.

8.3 Geeignete technische Schutzmaßnahmen

- Geschlossenes Prozessdesign mit Allgemeinbelüftung oder örtlicher Absaugung.
- Sicherheitsdusche und Augenspülstation bereitstellen.
- In Bereichen, in denen Leckagen auftreten können, Sauerstoffmelder installieren (unterer Grenzwert 19.5%).
- Explosionsgeschützte Elektroausrüstung verwenden.
- Hochdruckrohrleitungssysteme müssen mit Sicherheitseinrichtungen zur Druckentlastung und Drucküberwachungsmanometern ausgestattet sein.

8.4 Individuelle Schutzmaßnahmen

Atemschutz:

- Normale Bedingungen (ausreichender Sauerstoffgehalt): kein besonderer Schutz erforderlich.
- Sauerstoffgehalt unter 19.5% oder Konzentration unbekannt: Ein Überdruck-Pressluftatmer (SCBA) oder ein Atemschutzgerät mit Luftversorgung muss getragen werden.
- Betreten von Bereichen mit hoher Konzentration oder Rettungseinsatz: Ein Überdruck-Pressluftatmer (SCBA) muss getragen werden.

Augen-/Gesichtsschutz:

- Allgemeine Handhabung: Schutzbrille tragen.
- Beim Umgang mit Hochdruckgas: Eine Chemikalienschutzbrille oder ein Gesichtsschutzschild muss getragen werden, um Verletzungen durch Injektion von Hochdruckgas zu vermeiden.

Hautschutz:

- Handschutz: Beim Bedienen von Hochdruckventilen und Rohrleitungen Schutzhandschuhe tragen.
- Körperschutz: übliche Arbeitskleidung.
- Sonstiges: Rauchverbot in Arbeitsbereichen; beim Betreten von Behältern oder geschlossenen Räumen das Partnerverfahren anwenden und den Sauerstoffgehalt überwachen.

8.5 Hygienemaßnahmen

- Kontaminierte Kleidung entfernen und Haut nach der Arbeit gründlich waschen.
- Gute persönliche Hygiene aufrechterhalten.
- Sicherstellen, dass Augenspülung und Notdusche am Arbeitsplatz verfügbar sind.

9

Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Grundlegende physikalische und chemische Eigenschaften

Aussehen und Geruch	Farbloses, geruchloses Gas; bei Umgebungstemperatur und -druck gasförmig. Extrem chemisch inert.
Geruchsschwelle	Kein Geruch
pH	Nicht anwendbar (Gas)
Schmelzpunkt / Gefrierpunkt	-183.6 °C (-298.5 °F)
Siedepunkt / Siedebereich (101.3 kPa)	-128 °C (-198.4 °F)
Flammpunkt	Keiner (nicht entzündbares Gas)
Verdunstungsrate	Nicht verfügbar

Entzündbarkeit (Gas)	Nicht entzündbar
Explosionsgrenzen (oben/unten)	Nicht anwendbar (nicht entzündbares Gas)
Dampfdruck (25 °C)	3800 kPa (extrem hoch, etwa 37.5 atm)
Dampfdichte (25°C, 1 atm)	3.62 g/L (etwa 3.0, schwerer als Luft)
Relative Gasdichte (Luft = 1)	Etwa 3.0
Löslichkeit	Sehr wenig löslich in Wasser (~0.0015 g/L bei 25°C); wenig löslich in Ethanol und Ether
Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient (log P)	~1.2
Selbstentzündungstemperatur	Nicht anwendbar (nicht entzündbar)
Zersetzungstemperatur	> 1000°C Beginn der langsamen Zersetzung
Viskosität (Gas, 25 °C)	~17.3 µPa·s
Wärmeleitfähigkeit (Gas, 25°C)	~0.0159 W/(m·K)

9.2 Thermodynamische Eigenschaften

Kritische Temperatur	-45.6 °C (-50.1 °F) (extrem niedrig; bei Umgebungstemperatur nicht verflüssigbar)
Kritischer Druck	3740 kPa (3.74 MPa / 543 psia)
Kritische Dichte	0.63 g/cm ³
Verdampfungswärme (am Siedepunkt)	136 kJ/kg
Spezifische Wärmekapazität des Gases (25 °C, konstanter Druck)	0.707 kJ/(kg·°C)
Henry-Konstante (25 °C)	Nicht verfügbar

9.3 Weitere Sicherheitsdaten

ASHRAE-Sicherheitsgruppe	A1 (geringe Toxizität, nicht entzündbar)
--------------------------	--

Ozonabbau Potenzial (ODP)	0 (baut die Ozonschicht nicht ab; siehe Abschnitt 12.6)
Treibhauspotenzial (GWP, 100 Jahre)	7390 (extrem stark wirksames Treibhausgas; siehe Abschnitt 12.6)

10 Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität

Extrem chemisch inert; geht bei normaler Temperatur und normalem Druck keine chemischen Reaktionen ein. Eine der stabilsten bekannten organischen Verbindungen.

10.2 Chemische Stabilität

Unter normalen Temperatur- und Druckbedingungen extrem stabil. Weist selbst bei erhöhten Temperaturen eine hohe thermische Stabilität auf.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

- Zersetzt sich bei extrem hohen Temperaturen ($>1000^{\circ}\text{C}$) langsam unter Bildung von giftigem Fluorwasserstoff.
- Kann bei hohen Temperaturen mit reaktiven Metallen (z. B. geschmolzenem Lithium, geschmolzenem Natrium) reagieren.
- Kann unter extremen Bedingungen (z. B. Plasma, Lichtbogen) mit bestimmten Materialien reagieren.

10.4 Zu vermeidende Bedingungen

Hohe Temperatur, offene Flamme, Lichtbogen, direkte Wärmequellen, Überdruck in der Druckgasflasche

10.5 Unverträgliche Materialien

Reaktive Metalle (Lithium, Natrium, Kalium usw., insbesondere bei hohen Temperaturen oder im geschmolzenen Zustand), starke Reduktionsmittel

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte

Fluorwasserstoff (HF) und andere fluoridierte Verbindungen (nur bei extrem hohen Temperaturen)

10.7 Gefährliche Polymerisation

Findet nicht statt.

11 Toxikologische Informationen

11.1 Akute Toxizität

Ratten-Inhalation LC ₅₀ (4 Std.)	> 500,000 ppm (im Wesentlichen nicht toxisch, höchste geprüfte Konzentration)
Kaninchen dermal LD ₅₀	Nicht verfügbar (gasförmiger Stoff)

Hinweis: R14 ist im Wesentlichen nicht toxisch (LC₅₀ > 500,000 ppm). Die wichtigste Gesundheitsgefahr ist die einfache Erstickungswirkung (Verdrängung des Sauerstoffs in der Luft bei hohen Konzentrationen mit nachfolgender Hypoxie), nicht chemische Toxizität.

11.2 Hautreizung/-ätzung

Im gasförmigen Zustand keine Hautreizung oder -ätzwirkung. Die Injektion von Hochdruckgas kann physikalische Erfrierungen und mechanische Verletzungen verursachen.

11.3 Augenreizung/-ätzung

Im gasförmigen Zustand keine Augenreizung oder -ätzwirkung. Die Injektion von Hochdruckgas kann physikalische Erfrierungen und mechanische Verletzungen verursachen.

11.4 Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut

Keine Sensibilisierung berichtet.

11.5 Keimzellmutagenität

Keine Daten verfügbar. Aufgrund der chemischen Inertheit ist keine mutagene Wirkung zu erwarten.

11.6 Krebserzeugendheit

Kein Hinweis auf Karzinogenität.

- IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung): Nicht aufgeführt
- ACGIH (Amerikanische Konferenz der staatlich-industriellen Hygieniker): Nicht aufgeführt
- EPA (US-Umweltschutzbehörde): Nicht als karzinogen eingestuft

11.7 Reproduktionstoxizität

Keine Daten verfügbar. Aufgrund der chemischen Inertheit ist keine Reproduktionstoxizität zu erwarten.

11.8 STOT-Einmalexposition

Keine spezifische Zielorgan-Toxizität. Dieser Stoff ist ein erstickend wirkendes Gas; die einzige Wirkung einer Exposition gegenüber hohen Konzentrationen sind durch Hypoxie verursachte Symptome des Zentralnervensystems (Schwindel, Kopfschmerzen, Bewusstlosigkeit).

11.9 STOT-Wiederholungsexposition

Nach wiederholter Exposition wurde keine Zielorgan-Toxizität beobachtet. Aufgrund der chemischen Inertheit ist keine Toxizität bei wiederholter Exposition zu erwarten.

11.10 Aspirationsgefahr

Dieser Stoff ist ein erstickend wirkendes Gas; die Hauptgefahr ist die Verdrängung von Sauerstoff bei hohen Konzentrationen mit nachfolgender Erstickung. Er verursacht keine chemische Lungenschädigung und keine Aspirationspneumonie. Die Erstickungssymptome verschlimmern sich mit sinkendem Sauerstoffgehalt: 16–19% verursachen beschleunigte Atmung und verminderte Aufmerksamkeit; 10–14% verursachen beeinträchtigtes Urteilsvermögen und Schwindel; 6–10% verursachen Übelkeit, Erbrechen und Bewusstlosigkeit; <6% können innerhalb kurzer Zeit tödlich sein.

12 Ökologische Informationen

12.1 Ökotoxizität

Akute Fischtoxizität (LC ₅₀ , 96 Std.)	Nicht verfügbar (chemisch inert, es ist von einer geringen Toxizität auszugehen)
Akute Daphnien-Toxizität (EC ₅₀ , 48 Std.)	Nicht verfügbar
Algenwachstumshemmung (EC ₅₀ , 72 Std.)	Nicht verfügbar
Bakterielle Toxizität	Nicht verfügbar

12.2 Persistenz und Abbaubarkeit

- Abbau in der Atmosphäre: Äußerst persistent; atmosphärische Verweilzeit von etwa 50,000 Jahren. Reagiert nicht ohne Weiteres mit Hydroxylradikalen; auf natürlichem Weg äußerst schwer abbaubar.
- Biologische Abbaubarkeit: Nicht biologisch abbaubar (chemisch inert).
- Hydrolyse: Keine Hydrolyse (chemisch inert).
- Photolyse: Äußerst widerstandsfähig gegen photolytischen Abbau.

12.3 Bioakkumulationspotenzial

log P = 1.2. Sehr geringes Bioakkumulationspotenzial (unterhalb des Schwellenwertes für Biokonzentration von log P = 4.5).

12.4 Mobilität im Boden

In gasförmiger Form hochflüchtig; praktisch unlöslich in Wasser. Verflüchtigt sich bei Freisetzung in den Boden rasch in die Atmosphäre.

12.5 Ergebnisse der PBT- und vPvB-Bewertung

Dieser Stoff ist in der Umwelt äußerst persistent (atmosphärische Verweilzeit ~50,000 Jahre), weist jedoch eine geringe Bioakkumulation und geringe Toxizität auf. Er erfüllt die Kriterien für Toxizität (T) und Bioakkumulation (B) des PBT-Standards nicht strikt, gilt jedoch als sehr persistenter Stoff (vP).

12.6 Weitere nachteilige Wirkungen

- **Ozonabbaupotenzial (ODP):** 0 (baut die Ozonschicht nicht ab; kein ODS-Stoff)
- **Treibhauspotenzial (GWP, 100-Jahres-Zeithorizont):** 7390 (bezogen auf CO₂ = 1; extrem starke Treibhauswirkung; gehört zu den perfluorierten Kohlenwasserstoffen der PFC-Klasse)
- Dieser Stoff ist ein extrem stark wirksames Treibhausgas mit einer atmosphärischen Verweilzeit von etwa 50,000 Jahren, das mit extrem langfristigen kumulativen Wirkungen zur globalen Erwärmung beiträgt.
- Als perfluorierter Kohlenwasserstoff (PFC) eingestuft, in den Treibhausgas-Listen des Kyoto-Protokolls und des Übereinkommens von Paris aufgeführt.
- Große Freisetzen haben schwerwiegende Auswirkungen auf das Weltklima; Emissionen sind streng zu begrenzen, wobei Rückgewinnung und Wiederverwendung Vorrang haben.

13 Entsorgungshinweise

13.1 Abfallbehandlungsmethoden

Produkt/Rückstände:

- Nicht direkt in die Atmosphäre freisetzen (extrem stark wirksames Treibhausgas, GWP = 7390, atmosphärische Verweilzeit ~50,000 Jahre).
- Rückgewinnung und Wiederverwertung (Reinigung und Wiederverwendung) ist der bevorzugte Weg (empfohlenes Verfahren).
- Falls eine Rückgewinnung nicht durchführbar ist, über eine zugelassene Behandlungsanlage für Gefahrstoffabfall entsorgen.
- Es können Verfahren der Hochtemperaturverbrennung oder der Plasmazersetzung angewendet werden; die Zersetzungsprodukte werden über alkalische Wäscher entfernt.
- Nicht in Abwasserkanäle, Gewässer oder Boden einleiten.

Kontaminierte Verpackung:

- Leere Zylinder müssen an den Lieferanten oder eine qualifizierte Einrichtung zur Entsorgung zurückgegeben werden. Leere Zylinder nicht wegwerfen oder zerschneiden.
- Leere Druckgasflaschen mit restlichem Hochdruckgas werden als gefährlicher Abfall behandelt.

13.2 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für die Entsorgung

- Vor der Entsorgung sind die nationalen und örtlichen Vorschriften zu beachten (z. B. Gesetz zur Verhinderung und Bekämpfung der Verschmutzung durch feste Abfälle, Gesetz zur Verhinderung und Bekämpfung der Luftverschmutzung usw.).
- Personal sollte geeignete persönliche Schutzausrüstung tragen (siehe Abschnitt 8).
- Gute Belüftung sicherstellen, um Erstickung zu verhindern.
- Die Entsorgung muss durch eine qualifizierte und zugelassene Einrichtung erfolgen.
- Entsorgungsaufzeichnungen sollten geführt werden.

14.1 UN-Nummer

1982 (Tetrafluormethan, verdichtetes Gas)

14.2 UN-Versandbezeichnung

TETRAFLUORMETHAN

14.3 Transportgefahrenklasse(n)

Klasse 2.2 Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas

14.4 Verpackungsgruppe

Nicht anwendbar (Gase der Klasse 2 werden keine Verpackungsgruppe zugewiesen)

14.5 Verpackungskennzeichen / Gefahrzettel

- Hauptgefahrzettel: Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas (grün, Klasse 2.2)
- Nebengefahrzettel: Keiner

14.6 Methoden und Materialien für Rückhaltung und Verpackung

- Nahtlose Hochdruck-Stahlflaschen. Die Flaschen müssen den geltenden nationalen Normen entsprechen (z. B. GB 5099). Die Druckfestigkeiten müssen den Hochdruckanforderungen genügen.
- Übliche Gebindegrößen: 10L, 20L, 40L, 50L Hochdruckflaschen; Rohrtransportanhänger (ISO-Tankcontainer sind nicht anwendbar, da das Gas bei Umgebungstemperatur nicht verflüssigt werden kann).
- Gewinderichtung des Zylinderventilausgangs: Rechtsgewinde für nicht entzündbare, nicht giftige Gase.
- Fülldruck: üblicherweise 15 MPa (150 bar); Hochdruckflaschen und -ventile sind erforderlich.

14.7 Besondere Anforderungen für verschiedene Transportarten

Straßentransport:

- Fahrzeuge müssen eine Gefahrgutbeförderungslizenz haben.
- Zylinder müssen mit Ventilkappen und Sicherungsringen versehen sein.
- Zylinder werden im Allgemeinen flach mit in dieselbe Richtung zeigenden Ventilen gelegt; nicht kreuzweise stapeln. Die Höhe darf das Fahrzeugschutzgitter nicht überschreiten.
- Transport im Sommer in den frühen Morgen- oder Abendstunden zur Vermeidung direkter Sonneneinstrahlung (Hochdruckgas reagiert sehr empfindlich auf Temperatur).
- Festgelegten Routen folgen; nicht in Wohn- oder dicht besiedelten Gebieten halten.

Schienentransport:

- Rangierkuppenbetrieb verboten (keine Freiauflauf-Einstufung).
- Transport in gedeckten Wagen; Zylinder aufrecht oder flach gelegt und gesichert.

Seetransport (IMDG-Code):

- UN 1982, Klasse 2.2
- Meeresschadstoff: Nein
- Staukategorie: A (an oder unter Deck); von Wärmequellen fernhalten

Lufttransport (ICAO/IATA DGR):

- UN 1982, Klasse 2.2
- Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas
- In Passagier- und Frachtflugzeugen zulässig (vorbehaltlich der Mengenbegrenzungen für Verpackungen und der Anforderungen an Hochdruckflaschen)

14.8 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Nutzer

- Nicht zusammen mit Oxidationsmitteln, reaktiven Metallen oder Lebensmitteln/Futtermitteln transportieren.
- Fahrzeuge müssen mit geeigneter Feuerlösch-ausrüstung und Notfallausrüstung für Lecks ausgestattet sein.
- Transportpersonal muss speziell geschult und zertifiziert sein.
- Während des Transports vor Sonneneinstrahlung, Regen und hohen Temperaturen schützen (Hochdruckgas reagiert sehr empfindlich auf Temperatur; steigende Temperatur führt zu einem starken Druckanstieg).
- Bei Unterbrechungen unterwegs von Feuer, Wärmequellen und Hochtemperaturbereichen fernhalten.
- Abgasrohre von Fahrzeugen, die dieses Produkt befördern, müssen mit Funkenfängern ausgestattet sein.
- Beim Be- und Entladen vorsichtig vorgehen, um Beschädigung von Zylindern und Armaturen zu verhindern.
- Flaschen während des Transports keinen Stößen aussetzen; Beschädigungen an Hochdruckgasflaschen können schwerwiegende Folgen haben.

15 Angaben zu Rechtsvorschriften

15.1 Sicherheits-, Gesundheits- und Umweltvorschriften/gesetze, die für den Stoff oder das Gemisch spezifisch sind

Internationale Vorschriften:

- **UN GHS (Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien):** 8. überarbeitete Ausgabe
- **Montreal-Protokoll:** Kein kontrollierter ozonabbauender Stoff (ODP = 0)
- **Kyoto-Protokoll / Pariser Abkommen:** Als Treibhausgas aufgeführt (perfluorierter Kohlenwasserstoff der PFC-Klasse, GWP = 7390)
- **EU REACH-Verordnung (EG 1907/2006):** Registrierter Stoff
- **EU CLP-Verordnung (EG 1272/2008):** Verordnung über Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung

- **EU-F-Gas-Verordnung (EG 517/2014):** Regelung fluorierter Treibhausgase
- **US-Umweltschutzbehörde EPA:** Treibhausgas der PFC-Klasse, enthalten in der Verordnung zur Berichterstattung über Treibhausgase (40 CFR 98)
- **US OSHA HCS 2012:** Gefahrenkommunikations-Standard
- **US DOT 49 CFR:** Vorschriften für den Gefahrguttransport
- **ADR/RID:** Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße/Schiene
- **IMDG-Code:** Internationale Gefahrgutvorschriften für die Seeschifffahrt (IMDG-Code)
- **IATA DGR:** Gefahrgutvorschriften der Internationalen Luftverkehrs-Vereinigung (IATA-DGR)

15.2 Chemikalien-Sicherheitsbewertung

Für diesen Stoff wurde im Rahmen dieses SDS keine Chemikalien-Sicherheitsbewertung durchgeführt. Anwender sollten eine eigene Bewertung basierend auf spezifischen Nutzungsbedingungen durchführen.

16 Weitere Informationen

16.1 Referenzen

- NIOSH-Taschenleitfaden zu chemischen Gefahren
- Internationale Chemikaliensicherheitskarte (ICSC)
- NOAA-CAMEO-Chemikaliensammlung
- PubChem-Stoffdatenbank (CID 6393)
- ASHRAE Handbook – Kälteanlagen und Anwendungen
- GB/T 16483-2008 (Inhalt und Reihenfolge der Abschnitte in Sicherheitsdatenblättern für Chemikalien)
- GB 30000-Reihe (Regeln für Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien)
- GHS der Vereinten Nationen (Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien), 8. überarbeitete Ausgabe
- IPCC Fünfter Sachstandsbericht (GWP-Daten zu Treibhausgasen)

16.2 Abkürzungen

Abkürzung	Vollständige Bezeichnung
SDS / MSDS	Sicherheitsdatenblatt / Material-Sicherheitsdatenblatt
GHS	Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien
CAS	Chemical Abstracts Service (Registrierungsnummer)
UN	United Nations (Gefahrgutnummer)

ODP	Ozonabbaupotenzial
GWP	Treibhauspotenzial
PFC	Perfluorierter Kohlenwasserstoff
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoff
LC ₅₀	Letale Konzentration, 50 %
LD ₅₀	Letale Dosis, 50 %
TLV-TWA	Threshold Limit Value – zeitgewichteter Mittelwert
PEL	Zulässiger Expositionsgrenzwert
SCBA	Druckluft-Atemschutzgerät
PBT	Persistent, bioakkumulativ und toxisch

16.3 Haftungsausschluss

Dieses Sicherheitsdatenblatt (SDB) wurde gemäß GB/T 16483-2008 und dem UN-GHS-Standard erstellt und soll Hinweise zur sicheren Verwendung, Handhabung und Entsorgung des Produkts geben. Die Angaben dienen ausschließlich als Leitfaden für den sicheren Umgang und stellen keine Garantie für Produktspezifikationen oder -leistung dar. Die Anwender sollten die Anwendbarkeit auf Grundlage der konkreten Einsatzbedingungen und der örtlichen Vorschriften bewerten und die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen treffen. Der Ersteller übernimmt keine Haftung für unmittelbare oder mittelbare Schäden, die aus der Verwendung der Angaben in diesem Dokument entstehen. Die Daten in diesem Dokument können aufgrund neuer Forschungsergebnisse und geänderter Vorschriften aktualisiert werden; eine regelmäßige Prüfung der jeweils aktuellen Fassung wird empfohlen.