

Sicherheitsdatenblatt (SDS/SDB)

Trifluormethan (R23 / HFC-23)

CAS-Nr.: 75-46-7 UN-Nr.: 1984 Datum: 29. August 2026 Version: V1.0

1 Angaben zum chemischen Produkt und zum Unternehmen

1.1 Produktidentifizierung

Chemischer Name	Trifluormethan
Synonyme	R23, HFC-23, HFC23, Fluoroform, Freon 23, FE-13
CAS-Nummer	75-46-7
UN-Nummer	1984 (Hochdruckverflüssigtes Gas)
Gefahrgutnummer	22026 (Klasse 2.2 Nicht brennbares, ungiftiges Gas)
Summenformel	CHF ₃
Molekulargewicht	70.01 g/mol
Hauptverwendungen	Kältemittel für extrem tiefe Temperaturen (Tieftemperaturstufe von Kaskaden-Kälteanlagen), Löschmittel (Vollflutungssysteme), Ätzgas für die Halbleiterfertigung, Zwischenprodukt der organischen Synthese

1.2 Hersteller/Lieferantenangaben

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

1.3 Notfalltelefon

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

Zhejiang Chemie-Notfall: +86-571-88071797

2 Identifizierung der Gefahren

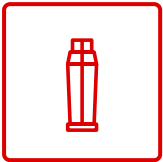
2.1 GHS-Gefahreneinstufung

Gefahreneinstufung:

- Gase unter Druck (Physikalische Gefahr) — Hochdruckverflüssigtes Gas
- Spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition (Gesundheitsgefahr, narkotische Wirkungen) — Kategorie 3 (bei hohen Konzentrationen)

Hinweis: Erfrierungen durch Kontakt der Flüssigkeit mit Haut/Augen sind physikalische Kälteverletzungen; es gibt in GHS keine eigene Kategorie „Erfrierung“. Dieser Stoff ist ASHRAE Klasse A1 (nicht brennbar, geringe Toxizität). Die primäre physikalische Gefahr ist das Gas unter Druck.

2.2 GHS-Kennzeichnungselemente



GHS04 Gasflasche

Signalwort: **ACHTUNG**

Gefahrenhinweise:

- H280** Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.
- H336** Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Sicherheitshinweise:

- P102** Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
- P271** Nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen verwenden.
- P280** Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.
- P304+P340** BEI EINATMEN: Die Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen.
- P308+P313** Bei Exposition oder falls betroffen: Ärztlichen Rat einholen / ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P403** An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
- P410+P403** Vor Sonnenbestrahlung schützen. An einem gut belüfteten Ort aufbewahren.
- P405** Unter Verschluss aufbewahren.

2.3 Sonstige Gefahren

- Der Dampf ist schwerer als Luft und kann am Boden entlang strömen, wobei er sich in tiefliegenden Bereichen ansammelt und sauerstoffarme Umgebungen erzeugt.
- Dieses Produkt ist nicht brennbar, zersetzt sich jedoch bei hohen Temperaturen ($>400^{\circ}\text{C}$) und bildet toxische und korrosive Gase (u. a. Fluorwasserstoff).
- Durch erhöhten Innendruck können Flaschen beim Erhitzen bersten.
- Bei hohen Konzentrationen kann es zu einfacher Erstickung und Herzüberempfindlichkeit (Herzrhythmusstörungen) kommen.

Hinweis zur kritischen Temperatur: R23 hat eine kritische Temperatur von 25.9°C (78.6°F), die nahe der Raumtemperatur liegt. Wenn die Umgebungstemperatur 25.9°C überschreitet, geht der Stoff in der Flasche in einen überkritischen Fluidzustand über, und der Dampfdruck steigt stark auf den kritischen Druck (ca. 4.84 MPa / 701.6 psia) an, was extreme Anforderungen an die Flaschendruckfestigkeit stellt. Die Temperatur muss während des Sommertransports und der Lagerung streng kontrolliert werden, um Überhitzung und Überdruck zu verhindern.

3 Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoff/Gemisch

Dieses Produkt ist ein reiner Stoff.

3.2 Angaben zu Bestandteilen

Bezeichnung des Bestandteils	CAS-Nummer	Konzentration (Massenanteil)
Trifluormethan	75-46-7	$\geq 99,9\%$ (Premium-Qualität $\geq 99,95\%$)

3.3 Angaben zu Verunreinigungen

Verunreinigung	Premium-Qualität	Erstqualität
Säuregehalt (als HCl)	$\leq 0.1\text{ ppm}$	$\leq 1\text{ ppm}$
Feuchte	$\leq 5\text{ ppm}$	$\leq 10\text{ ppm}$
Verdampfungsrückstand	$\leq 100\text{ ppm}$	$\leq 100\text{ ppm}$
Nicht kondensierbare Gase (25°C , Volumen)	$\leq 1.5\%$	$\leq 1.5\%$
Chloride	Bestanden	Bestanden

4.1 Beschreibung der erforderlichen Erste-Hilfe-Maßnahmen

Allgemeine Hinweise: Sofort die betroffene Person aus dem Kontaminationsbereich entfernen. Warm und ruhig halten. Dieses Sicherheitsdatenblatt dem behandelnden Arzt vorlegen.

Einatmen:

- Die betroffene Person schnell an die frische Luft bringen. Atemweg freihalten.
- Bei Atembeschwerden Sauerstoff verabreichen.
- Bei Atemstillstand künstliche Beatmung durchführen (Beatmungsbeutel oder Gesichtsmaske verwenden; Mund-zu-Mund-Beatmung vermeiden).
- Bei Herzstillstand sofort mit der Herz-Lungen-Wiederbelebung (CPR) beginnen.
- Betroffene Person warm und ruhig halten. Engmaschig überwachen.
- Sofort ärztliche Hilfe hinzuziehen.

Hautkontakt (Erfrierung):

- Erfrorenen Bereich sofort mit reichlich warmem Wasser (37-40°C / 98.6-104°F) spülen, um das Wiederaufwärmen zu fördern.
- Kein heißes Wasser (>40 °C) oder direkte Hitze (z. B. Elektroheizgeräte) verwenden.
- Reiben erfrorener Stellen vermeiden, um Gewebeschäden zu verschlimmern.
- Eingefrorene Kleidung vorsichtig entfernen. Klebt Kleidung an der Haut, nicht gewaltsam entfernen; rund um den festgefrorenen Bereich abschneiden.
- Wunde mit sterilem Verband abdecken.
- Sofort ärztliche Hilfe hinzuziehen.

Augenkontakt:

- Augenlider sofort offen halten und mit reichlich fließendem Wasser oder Kochsalzlösung mindestens 15 Minuten ausspülen.
- Gründliches Ausspülen aller Teile des Augapfels durch Anheben der Ober- und Unterlider sicherstellen.
- Kontaktlinsen vor dem Spülen entfernen, sofern möglich.
- Sofort ärztliche Hilfe hinzuziehen, vorzugsweise von einem Augenarzt.

Verschlucken:

Nicht anwendbar. Dieses Produkt ist bei Raumtemperatur ein Gas und kann nicht eingenommen werden.

4.2 Wichtigste Symptome und Gesundheitsschäden

- Akute Inhalation: Schwindel, Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Koordinationsverlust, Bewusstlosigkeit, Herzrhythmusstörungen.
- Inhalation hoher Konzentrationen: Kann zu einfacher Erstickung (Verdrängung von Sauerstoff in der Luft) und Herzüberempfindlichkeit (Herzrhythmusstörungen) führen.
- Hautkontakt mit Flüssigkeit: Erfrierung (Haut wird weiß, verhärtet, Schmerzen, Blasen).

- Augenkontakt mit Flüssigkeit: Schwere Erfrierung, Hornhautschäden, Sehbeeinträchtigung.

4.3 Hinweise auf sofortige ärztliche Hilfe und besondere Behandlung

Hinweis für den Arzt:

- Symptomatisch behandeln. Atemweg freihalten. Bei Bedarf Sauerstoff verabreichen.
- Herzfunktion überwachen; Exposition mit hoher Konzentration kann Herzrhythmusstörungen verursachen.
- Katecholamin-haltige Arzneimittel wie Adrenalin vermeiden (können die Empfindlichkeit des Herzmuskels gegenüber Fluorkohlenwasserstoffen erhöhen und Kammerflimmern auslösen).
- Erfrierungen mit herkömmlichen Methoden behandeln: Wiederaufwärmen mit warmem Wasser (37-40°C). Niemals trockene Hitze oder Reibung verwenden.
- Bei Verdacht auf Exposition gegenüber thermischen Zersetzungsprodukten (HF) als Fluorwasserstoffvergiftung behandeln. Serumkalzium überwachen und bei Bedarf Calciumgluconat verabreichen.

5

Maßnahmen zur Brandbekämpfung

5.1 Löschmittel

Geeignete Löschmittel: Dieses Produkt ist nicht brennbar. Löschmittel verwenden, die für den umgebenden Brand geeignet sind. Kohlendioxid, Trockenlöschpulver, Wasserspray oder Schaum können verwendet werden.

Ungeeignete Löschmittel: Keine besonderen Einschränkungen.

5.2 Besondere Gefahren

- Dieses Produkt ist nicht brennbar. Kein Flammpunkt. Keine Explosionsgrenzen.
- Zersetzt sich bei hohen Temperaturen (>400°C) unter Bildung toxischer und korrosiver Gase: Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid usw.
- Durch erhöhten Innendruck können Flaschen beim Erhitzen bersten. Dieses Risiko ist besonders kritisch, wenn die Umgebungstemperatur die kritische Temperatur (25.9°C) erreicht oder überschreitet.
- Kann unter bestimmten Bedingungen mit Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Aluminiumpulver reagieren.

5.3 Gefährliche Verbrennungsprodukte

Fluorwasserstoff (HF), Kohlenmonoxid (CO), Carbonylfluorid (COF₂), andere fluorierte Verbindungen

5.4 Brandschutzmaßnahmen und Schutzausrüstung

- Feuerwehrleute müssen eine Druckluft-Atemschutzgerät (SCBA) mit positivem Druck und vollständige feuerwehrtechnische Schutzbekleidung tragen.

- Behälter aus dem Brandbereich entfernen, sofern dies sicher möglich ist.
- Behälter, die dem Feuer ausgesetzt sind, mit Wasser abkühlen, bis die Brandbekämpfung beendet ist.
- Wenn Behälter im Feuer die Farbe ändern oder Geräusche von Druckentlastungseinrichtungen von sich geben, sofort evakuieren.
- Unfallbereich absperren. Unbefugten ist das Betreten verboten.
- Direktes Richten von Wasserstrahlen auf auslaufendes verflüssigtes Gas vermeiden, da dies Verdunstung und Verbreitung beschleunigt.

6

Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

6.1 Personenbezogene Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstung und Notfallverfahren

- Personal schnell aus dem Leckbereich in windaufwärts gelegene Orte evakuieren. Bereich absperren und Zugang streng beschränken.
- Notfallpersonal muss Druckluft-SCBA mit positivem Druck, allgemeine Arbeitskleidung, Kälteschutzhandschuhe und Schutzbrille tragen.
- Von windaufwärts in den Bereich eindringen.
- Undichte Quelle absperren, sofern möglich.
- Das verschüttete Material nicht berühren oder darauf treten.
- Notfallkontaktpersonal bestimmen und für externe Unterstützung bereitstehen.

6.2 Umweltschutzmaßnahmen

- Verhindern, dass Gas in Kanalisation, Kellerräume oder geschlossene Räume gelangt.
- Für ausreichende Belüftung sorgen, um die Verbreitung zu beschleunigen.
- **Besondere Aufmerksamkeit auf die Kontrolle von Treibhausgasemissionen bei großen Lecks legen.** R23 hat ein GWP von 14,700. Die Rückgewinnung sollte vorrangig erfolgen, um die Freisetzung in die Atmosphäre zu verhindern.
- Freisetzung in die Atmosphäre, Gewässer und Boden vermeiden.

6.3 Methoden und Materialien zur Rückhaltung und Reinigung

- **Kleine Lecks:** Belüftung verstärken, um die Gasverbreitung zu beschleunigen. Sauerstoffgehalt überwachen, um Erstickung zu verhindern.
- **Große Lecks:**
 - Ventil der Leckequelle schließen (sofern sicher durchführbar).
 - Zur Rückgewinnung des Gases spezielle Gasrückgewinnungsgeräte verwenden (bevorzugte Methode zur Wiederverwertung).
 - Ist eine Rückgewinnung nicht möglich, mit Wasserspray verdünnen und lösen, jedoch Wasserverunreinigung verhindern.
 - Kann das Flaschenventil nicht geschlossen werden, Flasche in alkalische Lösung eintauchen zur Absorptionsbehandlung.

- **Entsorgung undichter Flaschen:** Flasche an einen gut belüfteten, sicheren Ort bringen und langsam ablassen. Kann das Ventil nicht geschlossen werden, Lieferanten für fachgerechte Handhabung kontaktieren.

6.4 Referenz

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

Besondere Warnung: Die Dampfdichte von R23 beträgt etwa das 2,4-Fache der von Luft. Er sammelt sich in tiefliegenden Bereichen und geschlossenen Räumen an und erzeugt eine sauerstoffarme Umgebung. Vor dem Betreten geschlossener Räume oder tiefliegender Bereiche muss der Sauerstoffgehalt geprüft werden ($\geq 19,5\%$), wobei eine weitere Person die Überwachung übernimmt.

7 Handhabung und Lagerung

7.1 Handhabungsvorkehrungen

- In einer geschlossenen Anlage betreiben. Für ausreichende natürliche oder örtliche Abluftbelüftung sorgen.
- Personal muss eine spezielle Schulung erhalten, die Arbeitsvorschriften strikt befolgen und entsprechende Befähigungen besitzen.
- Verhindern, dass Gas in die Arbeitsplatzluft gelangt.
- Kontakt mit reaktiven Metallen und starken Oxidationsmitteln vermeiden.
- Flaschen schonend handhaben. Schäden an Flaschen und Zubehör verhindern. Nicht fallen lassen, rutschen lassen, rollen oder stoßen.
- Arbeitsplatz mit Ausrüstung zur Notfall-Leckbeseitigung ausstatten.
- Am Arbeitsplatz nicht rauchen, essen oder trinken.
- Bei Handhabung der Flüssigkeit wärmeisolierende Handschuhe und Schutzbrille tragen, um Erfrierungen zu verhindern.
- Explosionsgeschützte Belüftungssysteme und -ausrüstung verwenden.
- Flaschen, Ventile und Rohrleitungen regelmäßig auf Lecks prüfen.
- Hochtemperatur-Umgebungen am Arbeitsplatz vermeiden. Besondere Beachtung: Die Umgebungstemperatur sollte 25°C (nahe der kritischen Temperatur) nicht überschreiten.

7.2 Sichere Lagerbedingungen einschließlich Unverträglichkeiten

- In einem kühlen, trockenen, gut belüfteten Lagerhaus lagern, das für nicht brennbare Gase bestimmt ist.
- Lagertemperatur sollte 25°C (nahe der kritischen Temperatur von $25,9^{\circ}\text{C}$; Überschreiten führt zu überkritischem Zustand und Druckanstieg) nicht überschreiten. Von Feuer, Wärmequellen und direkter Sonneneinstrahlung fernhalten.
- Getrennt von Oxidationsmitteln und reaktiven Metallen lagern. Nicht gemeinsam lagern.

- Der Lagerbereich sollte mit Ausrüstung zur Notfall-Leckbeseitigung ausgestattet sein.
- Flaschen aufrecht mit Ventilkappen und stoßdämpfenden Ringen ordnungsgemäß befestigt lagern. Flaschen sichern, um Umkippen zu verhindern.
- Explosionsgeschützte Beleuchtung und Lüftungseinrichtungen verwenden.
- Keine mechanischen Einrichtungen und Werkzeuge verwenden, die Funken erzeugen können.
- Maximaler Füllfaktor: 0.76 kg/L.
- Klare Sicherheitswarzeichen im Lagerbereich anbringen.
- Zwei-Personen-Empfang/Versand und Zwei-Personen-Verwahrung durchführen.

Hinweis zur Lagertemperatur: R23 hat eine kritische Temperatur von nur 25.9°C. In sommerlichen Hochtemperatur-Umgebungen kann das Medium in der Flasche leicht die kritische Temperatur erreichen oder überschreiten und in einen überkritischen Zustand übergehen. Ab diesem Punkt kann das Gas unabhängig vom angewendeten Druck nicht verflüssigt werden, und der Dampfdruck entspricht dem kritischen Druck oder nähert sich ihm an (4.84 MPa / 701.6 psia), was eine schwere Bedrohung für die Flaschensicherheit darstellt. Die Lagertemperatur darf 25°C nicht überschreiten, und es muss eine Temperaturüberwachung mit Überhitzungs-Alarmgeräten vorhanden sein.

7.3 Besondere Verwendungen

Nur für industrielle Zwecke. Personal muss fachgerecht geschult sein. Hauptanwendungen: Kältemittel für extrem tiefe Temperaturen in der Tieftemperaturstufe von Kaskaden-Kälteanlagen (Verdampfungstemperatur -80°C bis -100°C), Löschmittel für Vollflutungssysteme, Ätzgas für die Halbleiterfertigung. Verboten für Lebensmittelkontakt, medizinische Inhalation oder andere nicht genehmigte Verwendungen.

8 Expositionskontrollen/Personalschutz

8.1 Berufsbedingte Expositionsgrenzwerte

China OEL	Kein gesetzlicher Grenzwert festgelegt. Empfohlene Referenz: ACGIH TLV: 1000 ppm (TWA, 8 Stunden)
ACGIH TLV-TWA (USA)	1000 ppm (ca. 2890 mg/m ³), zeitgewichteter Mittelwert
OSHA PEL-TWA (USA)	1000 ppm (8-Stunden-TWA)
Deutscher MAK	1000 ppm (ca. 2900 mg/m ³)
Biologischer Grenzwert	Nicht festgelegt

Hinweis: Gemäß GBZ 2.1-2019 „Berufsbedingte Expositionsgrenzwerte für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz – Teil 1: Chemische Gefahrstoffe“ ist dieser Stoff derzeit nicht in der chinesischen Tabelle der berufsbedingten Expositionsgrenzwerte aufgeführt. Für den Betrieb werden internationale Standards zur Referenz empfohlen.

8.2 Expositionsüberwachungsmethoden

Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektion (GC-FID) oder Massenspektrometrie (GC-MS); nicht disperse Infrarotspektroskopie (NDIR)

8.3 Technische Schutzmaßnahmen

- Produktionsprozesse einkapseln. Für allgemeine oder örtliche Abluftbelüftung sorgen.
- Sicherheitsduschen und Augenspülstationen bereitstellen.
- In Bereichen, in denen größere Lecks auftreten können, Gaswarnalarme (Sauerstoffüberwachung und Fluoridüberwachung) installieren.
- Explosionsgeschützte Elektroausrüstung verwenden.

8.4 Persönliche Schutzausrüstung

Atemschutz:

- Normale Bedingungen (Luftkonzentration unterhalb der Grenzwerte): Kein besonderer Schutz erforderlich.
- Bei höheren Konzentrationen: Halbmasken-Atemschutzgerät mit Kartuschen für organische Dämpfe/Säuregase empfohlen.
- Umgebungen mit hoher Konzentration oder Notrettung/Evakuierung: Druckluft-Atemschutzgerät (SCBA) mit positivem Druck erforderlich.

Augenschutz:

- Normale Arbeitsvorgänge: Kein besonderer Schutz erforderlich.
- Bei Handhabung von Flüssigkeit oder möglichem Flüssigkeitskontakt: Chemische Schutzbrille oder Gesichtsschutz muss getragen werden, um Erfrierungen zu verhindern.

Hautschutz:

- Handschutz: Allgemeine Arbeitshandschuhe für normale Arbeitsvorgänge; wärmeisolierende Kälteschutzhandschuhe (z. B. Trockeneis-Handschuhe, Leder-Kälteschutzhandschuhe) bei Flüssigkeitskontakt.
- Körperschutz: Allgemeine Arbeitskleidung für normale Arbeitsvorgänge; Kälteschutzanzug bei Flüssigkeitskontakt.
- Sonstiges: Am Arbeitsplatz nicht rauchen. Inhalation hoher Konzentrationen vermeiden. Beim Betreten von Tanks, geschlossenen Räumen oder anderen Bereichen mit hoher Konzentration ist eine Überwachung durch eine weitere Person erforderlich.

8.5 Hygienemaßnahmen

- Kontaminierte Kleidung nach der Arbeit umgehend ausziehen. Haut gründlich waschen.
- Gute persönliche Hygienegewohnheiten pflegen.
- Arbeitsplätze sollten mit Augenspülstationen und Notduschen ausgestattet sein.



9.1 Grundlegende physikalische und chemische Eigenschaften

Aussehen	Farblose Gas mit schwach ätherischem Geruch; bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck gasförmig; farblose, transparente Flüssigkeit unter Druck
Geruchsschwelle	Keine Daten verfügbar (schwach ätherischer Geruch)
pH	Nicht anwendbar (Gas)
Schmelzpunkt	-155.0°C (-247.0°F)
Siedepunkt (101.3 kPa)	-82.1°C (-115.8°F)
Flammpunkt	Keiner (nicht entzündbares Gas)
Verdunstungsrate	Keine Daten verfügbar
Entzündbarkeit (Gas)	Nicht entzündbar
Obere/Untere Explosionsgrenze	Nicht anwendbar (nicht entzündbares Gas)
Dampfdruck (25°C)	Ca. 4.84 MPa (4840 kPa) — nahe dem kritischen Druck; Temperatur leicht über 25°C erreicht überkritischen Zustand
Dampfdichte (Luft = 1)	Ca. 2.4 (schwerer als Luft)
Flüssigkeitsdichte (beim Siedepunkt)	Ca. 1.445 g/cm ³
Löslichkeit	Wenig löslich in Wasser (ca. 0.1 g/L bei 25°C); löslich in Ethanol, Ether und anderen organischen Lösungsmitteln
Verteilungskoeffizient (log P, Octanol/Wasser)	Ca. 0.64
Selbstentzündungstemperatur	Nicht anwendbar (nicht entzündbar)
Zersetzungstemperatur	>400°C (thermische Zersetzung beginnt)

9.2 Thermodynamische Eigenschaften

Kritische Temperatur	25.9°C (78.6°F) — nahe der Raumtemperatur; erfordert besondere Beachtung
----------------------	--

Kritischer Druck	4.836 MPa (4836 kPa / 701.6 psia)
Kritische Dichte	0.528 g/cm ³
Kritisches Volumen	133 cm ³ /mol
Verdampfungswärme (beim Siedepunkt)	Ca. 231 kJ/kg
Flüssigkeitsspezifische Wärme (beim Siedepunkt)	Ca. 1.88 kJ/(kg·°C)
Gasspezifische Wärme (25°C, konstanter Druck)	0.726 kJ/(kg·°C)

9.3 Weitere Sicherheitsdaten

ASHRAE-Sicherheitsklasse	A1 (nicht toxisch, nicht brennbar)
Ozonabbaupotenzial (ODP)	0 (baut die Ozonschicht nicht ab; siehe Abschnitt 12.6)
Treibhauspotenzial (GWP, 100-Jahres-Zeithorizont)	14,700 (extrem hoher Treibhauseffekt; siehe Abschnitt 12.6)
Atmosphärische Lebensdauer	Ca. 270 Jahre

Hinweis zur kritischen Temperatur: R23 hat eine kritische Temperatur von 25.9°C, eine der niedrigsten unter den gängigen Kältemitteln. Das bedeutet:

- Unterhalb 25°C kann R23 als Flüssigkeit unter Druck vorliegen (hochdruckverflüssigtes Gas);
- Oberhalb 25.9°C geht R23 in einen überkritischen Zustand über und kann durch Druck allein nicht verflüssigt werden. Der Dampfdruck entspricht dem kritischen Druck oder nähert sich ihm an;
- In der Praxis wird R23 hauptsächlich in der Tieftemperaturstufe von Kaskaden-Kälteanlagen eingesetzt (Verdampfungstemperatur -80°C bis -100°C) und nicht allein für herkömmliche Kälteanlagen;
- Die Temperatur muss während Transport und Lagerung streng kontrolliert werden, um überkritischen Zustand und Überdruck zu verhindern.

10 Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität

Chemisch stabil unter normalem Druck und normaler Temperatur. Neigt nicht zu chemischen Reaktionen.

10.2 Chemische Stabilität

Stabil unter normalem Druck und normaler Temperatur.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen ($>400^{\circ}\text{C}$) unter Bildung von toxischem Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid und Carbonylfluorid.
- Kann mit Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Aluminiumpulver bei hohen Temperaturen oder unter bestimmten Bedingungen reagieren.
- Kann mit starken Oxidationsmitteln Redoxreaktionen eingehen.

10.4 Zu vermeidende Bedingungen

Hohe Temperatur, offene Flamme, direkte Wärmequellen, Überdruck der Flasche. Besondere Beachtung: Umgebungstemperaturen oberhalb der kritischen Temperatur von 25.9°C vermeiden.

10.5 Unverträgliche Materialien

Reaktive Metalle (Natrium, Kalium, Calcium, Aluminiumpulver, Magnesiumpulver usw.), starke Oxidationsmittel

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte

Fluorwasserstoff (HF), Kohlenmonoxid (CO), Carbonylfluorid (COF_2), andere fluorierte Verbindungen

10.7 Polymerisationsgefahr

Polymerisation tritt nicht auf.

11 Toxikologische Informationen

11.1 Akute Toxizität

Ratten-Inhalation LC_{50} (4 Stunden)	$>500,000$ ppm (über 50 % Volumen, höchste getestete Konzentration)
Mäuse-Inhalation LC_{50} (2 Stunden)	$>700,000$ ppm
Kaninchen dermale LD_{50}	Keine Daten (gasförmiger Stoff)

11.2 Hautreizung/-ätzung

Kontakt mit Flüssigkeit kann Erfrierungen (physikalische Verletzung) verursachen, ist jedoch keine chemisch ätzende Substanz. GHS-Einstufung: Keine Einstufung als Hautätzung/-reizung (nur physikalische Erfrierung).

11.3 Augenreizung/-ätzung

Kontakt mit Flüssigkeit kann schwere Erfrierungen und Hornhautschäden verursachen. GHS-Einstufung: Keine spezifische Einstufung als Augenreizung (physikalischer Erfrierungseffekt).

11.4 Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut

Keine Sensibilisierung berichtet. Vorhandene Tierstudien und epidemiologische Daten zeigen keine sensibilisierenden Wirkungen.

11.5 Keimzellmutagenität

In-vitro- und In-vivo-Tests (Ames-Test, Chromosomenaberrationstest, Maus-Mikronukleus-Test usw.) zeigten keine mutagenen Wirkungen.

11.6 Krebserzeugendheit

Keine ausreichenden Belege für Karzinogenität.

- IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung): Nicht aufgeführt
- ACGIH (Amerikanische Konferenz regierungsamtlicher Industriehygieniker): Gruppe A4 (Nicht als humanes Karzinogen einstuft)
- EPA (US-Umweltschutzbehörde): Nicht aufgeführt

11.7 Reproduktionstoxizität

Tierstudien zeigten bei hohen Konzentrationen (>50.000 ppm) keine signifikante Reproduktions- oder Entwicklungstoxizität. Keine Daten zur humanen Reproduktionstoxizität verfügbar.

11.8 Spezifische Zielorgan-Toxizität - Einmalexposition

- Narkotische Wirkungen (Kategorie 3): Inhalation hoher Konzentrationen kann eine Depression des Zentralnervensystems verursachen, die sich als Schwindel, Schläfrigkeit, Kopfschmerzen und Bewusstseinsstörung äußert.
- Herzeffekte: Exposition mit hoher Konzentration kann Herzrhythmusstörungen verursachen, insbesondere unter Stress oder Belastung (Herzüberempfindlichkeit gegenüber Katecholaminen).
- Einfache Erstickung: Bei hohen Konzentrationen kann Sauerstoff in der Luft verdrängt werden, was zu hypoxischer Erstickung führt.

11.9 Spezifische Zielorgan-Toxizität - Wiederholte Exposition

Wiederholte Exposition mit niedriger Konzentration zeigte keine signifikante Zielorgantoxizität. Langzeit-Inhalationsstudien an Tieren (hohe Konzentration) ergaben keinen eindeutigen Organschaden.

11.10 Aspirationsgefahr

Als Gas ist Aspirationspneumonie im Allgemeinen kein Problem. Bei Inhalation hoher Konzentrationen kann es jedoch zu Depression des Zentralnervensystems, Herzüberempfindlichkeit und einfacher Erstickung kommen.

12 Ökologische Informationen

12.1 Ökotoxizität

Fisch-Akuttoxizität (LC ₅₀ , 96h)	> 100 mg/L (geringe Toxizität für Fische)
Daphnien-Akuttoxizität (EC ₅₀ , 48h)	> 100 mg/L
Algenwachstumshemmung (EC ₅₀ , 72h)	> 100 mg/L
Bakterielle Toxizität	Keine Daten verfügbar

12.2 Persistenz und Abbaubarkeit

- Abbau in der Atmosphäre: Hauptsächlich durch Reaktion mit Hydroxylradikalen abgebaut. Atmosphärische Lebensdauer: etwa 270 Jahre (extrem persistent).
- Biologischer Abbau: Nicht leicht biologisch abbaubar (resistent gegen mikrobiellen Abbau).
- Hydrolyse: Bei Raumtemperatur nicht leicht hydrolysierbar.
- Photolyse: Kann in der Atmosphäre photochemischen Abbau erfahren, jedoch mit sehr geringer Rate.

12.3 Bioakkumulationspotenzial

$\log P = 0.64$. Geringes Bioakkumulationspotenzial (unter dem Biokonzentrationsschwellenwert von $\log P = 4.5$).

12.4 Mobilität im Boden

Als Gas verflüchtigt es sich leicht. Geringe Wasserlöslichkeit führt zu hoher Mobilität. Nach Eintritt in den Boden verflüchtigt es sich leicht in die Atmosphäre.

12.5 PBT- und vPvB-Beurteilung

Erfüllt nicht die Kriterien für PBT (Persistent, Bioakkumulativ und Toxisch)/vPvB (sehr Persistent, sehr Bioakkumulativ). Seine extrem lange atmosphärische Lebensdauer (270 Jahre) weist jedoch stark persistierende Eigenschaften auf.

12.6 Weitere nachteilige Umweltauswirkungen

Warnung vor extrem hohem Treibhauspotenzial (GWP):

- **Ozonabbaupotenzial (ODP):** 0 (baut die Ozonschicht nicht ab; HFC-Nicht-ODS-Stoff)
- **Treibhauspotenzial (GWP, 100-Jahres-Zeithorizont):** 14,700 (relativ zu CO₂ = 1) — einer der höchsten GWP-Werte gängiger Kältemittel
- **Atmosphärische Lebensdauer:** Etwa 270 Jahre (extrem resistent gegen natürlichen Abbau)
- Das GWP von R23 beträgt etwa das 11-Fache von R134A (GWP = 1,300) und das 14,700-Fache von CO₂
- Eine großflächige Freisetzung hätte schwerwiegende Auswirkungen auf die globale Erwärmung. Emissionen müssen streng kontrolliert werden, wobei Rückgewinnung und Wiederverwertung

13 Entsorgungshinweise

13.1 Abfallbehandlungsmethoden

Produkt/Rückstände:

- **Direkte Freisetzung in die Atmosphäre ist streng verboten** (GWP = 14,700, extrem hoher Treibhauseffekt).
- Rückgewinnung und Regeneration zur Wiederverwertung ist die bevorzugte Behandlungsmethode.
- Ist Wiederverwertung nicht möglich, an eine qualifizierte Entsorgungsanlage für gefährliche Abfälle übergeben.
- Hochtemperatur-Verbrennung kann verwendet werden; Fluorid-Emissionen aus dem Verbrennungsabgas müssen über alkalische Wäscher entfernt werden.
- Fortgeschrittene Technologien wie Plasmaszersetzung oder katalytische Zersetzung können verwendet werden.
- Nicht in Kanalisation, Gewässer oder Boden einleiten.

Kontaminierte Verpackung:

- Leere Flaschen sind an den Lieferanten oder eine qualifizierte Behandlungsanlage zurückzugeben. Nicht unbefugt entsorgen oder zerschneiden.
- Leere Flaschen mit Restdruck müssen als gefährliche Abfälle behandelt werden.

13.2 Entsorgungsvorkehrungen

- Vor der Entsorgung nationale und örtliche Vorschriften konsultieren, wie z. B. das „Gesetz der Volksrepublik China über die Verhütung und Bekämpfung der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle“ und den „Standard zur Verunreinigungskontrolle für die Lagerung gefährlicher Abfälle“.
- Betreiber sollten geeignete persönliche Schutzausrüstung tragen (siehe Abschnitt 8).
- Für ausreichende Belüftung sorgen, um Erstickung zu verhindern.
- Entsorgung muss durch qualifizierte Stellen erfolgen.
- Entsorgungsaufzeichnungen sollten geführt werden.
- **Als Stoff mit extrem hohem GWP muss die Entsorgung von R23 die Emissionsminderungsanforderungen des Kigali-Übereinkommens und der einschlägigen HFC-Kontrollvorschriften strikt einhalten.**

14 Angaben zum Transport

14.1 UN-Nummer

1984 (Trifluormethan, hochdruckverflüssigtes Gas)

14.2 UN-Versandbezeichnung

TRIFLUORMETHAN / KÄLTEMITTELGAS R 23

14.3 Gefahrklasse beim Transport

Klasse 2.2 — Nicht brennbares, ungiftiges Gas

14.4 Verpackungsgruppe

Nicht anwendbar (Gase der Klasse 2 haben keine Verpackungsgruppeneinstufung)

14.5 Kennzeichnung der Verpackung

- Hauptgefahrzettel: Zettel für nicht brennbares, ungiftiges Gas (grün, Klasse 2.2)
- Nebengefahrzettel: Keiner

14.6 Verpackungsmethode

- Nahtlose Stahlflaschen gemäß GB 5099 „Nahtlose Stahlgasflaschen“ oder gleichwertigen Standards.
- Übliche Ausführungen: 13.6kg, 50kg, 100kg, 400kg, 800kg Flaschen.
- Maximaler Füllfaktor: 0.76 kg/L.
- Gewinderichtung des Flaschenventils: Rechtsgewinde (für nicht brennbare, ungiftige Gase).

14.7 Besondere Anforderungen nach Transportart

Straßentransport (GB/T 12268):

- Transportfahrzeuge müssen eine Befähigung zum Gefahrguttransport besitzen.
- Flaschen müssen mit Ventilkappen und stoßdämpfenden Ringen ordnungsgemäß befestigt sein.
- Flaschen werden im Allgemeinen liegend mit in dieselbe Richtung weisenden Ventilausgängen transportiert; kein Überkreuzen. Höhe darf Fahrzeugleitplanke nicht überschreiten.
- Im Sommer während der Morgen- oder Abendstunden transportieren. Sonneneinstrahlung vermeiden. **Besondere Beachtung: Die Umgebungstemperatur darf 25°C nicht überschreiten** um das Erreichen der kritischen Temperatur und Überdruck zu vermeiden.
- Festgelegten Routen folgen. Nicht in Wohn- oder dicht besiedelten Gebieten halten.
- Transportfahrzeuge sollten mit Temperaturüberwachungsgeräten ausgestattet sein.

Eisenbahntransport (Vorschriften für den Eisenbahngüterverkehr mit gefährlichen Gütern):

- Kein freies Rollen (Bremsen durch Schwerkraft verboten).
- Transport in gedeckten Wagen. Flaschen aufrecht oder liegend gestapelt und gesichert.

Seetransport (IMDG-Code):

- UN 1984, Klasse 2.2
- Meeresschadstoff: Nein
- Stauklasse: A (darf an Deck oder unter Deck gestaut werden)
- Von Wärmequellen fernhalten. Gute Belüftung aufrechterhalten.

Lufttransport (ICAO/IATA DGR):

- UN 1984, Klasse 2.2
- Nicht brennbares, ungiftiges Gas
- Beförderung in Passagier- und Frachtflugzeugen möglich (unterliegt Mengenbeschränkungen der Verpackung)

14.8 Transportvorkehrungen

- Nicht zusammen mit Oxidationsmitteln, reaktiven Metallen oder Lebensmittelchemikalien transportieren.
- Transportfahrzeuge sollten mit geeigneter Feuerlöschhausrüstung und Ausrüstung zur Notfall-Leckbeseitigung ausgestattet sein.
- Transportpersonal muss speziell geschult und zertifiziert sein.
- Während des Transports vor Sonneneinstrahlung, Regen und hohen Temperaturen schützen. **Transporttemperatur streng auf nicht mehr als 25°C kontrollieren.**
- Bei Zwischenstopp von Feuer, Wärmequellen und Hochtemperaturbereichen fernhalten.
- Auspuffrohre von Fahrzeugen müssen mit Flammensperren ausgestattet sein.
- Beladen und Entladen schonend durchführen, um Schäden an Flaschen und Zubehör zu verhindern.

15 Angaben zu Rechtsvorschriften

15.1 Chinesische Vorschriften

- **Verordnung über die sichere Verwaltung gefährlicher Chemikalien** (Erlass des Staatsrats Nr. 591): Sicherheitsverwaltung von Produktion, Lagerung, Verwendung, Vertrieb und Transport gefährlicher Chemikalien
- **Katalog gefährlicher Chemikalien** (Ausgabe 2015): Aufgeführter Stoff
- **Normen für Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien** (GB 30000-Reihe): GHS-Einstufungs- und Kennzeichnungsnormen
- **Sicherheitsdatenblatt für Chemische Produkte - Inhalt und Reihenfolge** (GB/T 16483-2008): SDS-Erstellungsstandard
- **Verordnung über die sichere Verwendung von Chemikalien am Arbeitsplatz** (Arbeitsministerium-Dokument Nr. 423 [1996])
- **Berufsbedingte Expositionsgrenzwerte für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz - Teil 1: Chemische Gefahrstoffe** (GBZ 2.1-2019)
- **Sicherheitstechnische Vorschriften für Gasflaschen** (TSG 23-2021)
- **Verordnung über den Straßentransport gefährlicher Güter**
- **Produktionssicherheitsgesetz der Volksrepublik China**
- **Gesetz der Volksrepublik China über die Verhütung und Bekämpfung der Luftverschmutzung:** Einschließlich Treibhausgas-Management

- **Gesetz der Volksrepublik China über die Verhütung und Bekämpfung der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle**
- **Verordnung über die Verwaltung ozonabbauender Stoffe:** Kein kontrollierter Stoff (ODP=0), muss jedoch die HFC-Kontrollvorschriften einhalten
- **Kigali-Übereinkommen zum Montreal-Protokoll über Stoffe, die die Ozonschicht abbauen:** China hat ratifiziert. R23, als HFC-Stoff mit extrem hohem GWP, ist in den Kontroll- und Reduktionsplan aufgenommen.

15.2 Internationale Vorschriften

- **UN GHS (weltweit harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien):** 8. überarbeitete Ausgabe
- **Montreal-Protokoll über Stoffe, die die Ozonschicht abbauen:** Kein kontrollierter ozonabbauender Stoff (ODP=0)
- **Kigali-Übereinkommen zum Montreal-Protokoll (2016):** R23, als HFC-Stoff mit extrem hohem GWP (14,700), ist in die globale HFC-Reduktionskontrolle einbezogen. Alle Vertragsparteien müssen die HFC-Produktion und -verwendung gemäß den vereinbarten Zeitplänen schrittweise reduzieren.
- **Kyoto-Protokoll / Pariser Abkommen:** In das Treibhausgas-Inventar aufgenommen (HFC-Kategorie). R23 erhält aufgrund seines extrem hohen GWP besondere Beachtung.
- **EU-F-Gas-Verordnung (EU 517/2014):** R23 ist als kontrolliertes fluoriertes Treibhausgas aufgeführt. Stoffe mit $GWP \geq 150$ unterliegen strenger Kontrolle und Kontingentbeschränkungen. R23 ($GWP=14,700$) wird als Stoff mit extrem hohem GWP eingestuft, der der Phase-out gefährdet ist.
- **EU REACH-Verordnung (EG 1907/2006):** Eingetragener Stoff
- **EU CLP-Verordnung (EG 1272/2008):** Verordnung über Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung
- **SNAP-Programm der US-Umweltschutzbehörde (EPA):** Für bestimmte Kälte- und Löschmittelanwendungen zugelassen, jedoch werden die Beschränkungen enger.
- **US-amerikanisches AIM-Gesetz (Innovations- und Fertigungsgesetz):** Erfordert die schrittweise Reduktion von HFC-Produktion und -verwendung. R23 wird aufgrund des extrem hohen GWP vorrangig zurückgeführt.
- **U.S. OSHA HCS 2012:** Gefahrenkommunikations-Standard
- **49 CFR (US-DOT):** Vorschriften für den Transport gefährlicher Güter
- **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)

- NIOSH-Taschenleitfaden zu chemischen Gefahren
- Internationaler Sicherheitsdatenausweis (ICSC) Nr. 0577
- NOAA-CAMEO-Chemikaliensammlung
- PubChem-Verbindungsdatenbank (CID 6376)
- ASHRAE Handbook – Kälteanlagen und Anwendungen
- UNEP Ozonesekretariat - Kigali-Übereinkommen zum Montreal-Protokoll
- IPCC Fünfter Sachstandsbericht (AR5) - GWP-Daten
- GB/T 16483-2008 „Sicherheitsdatenblatt für Chemische Produkte - Inhalt und Reihenfolge“
- GB 30000-Reihe „Normen für Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien“
- UN „weltweit harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien“ (GHS), 8. überarbeitete Ausgabe

16.2 Abkürzungen

Abkürzung	Vollständiger Name
SDS/SDB	Sicherheitsdatenblatt / Material-Sicherheitsdatenblatt
GHS	weltweit harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien
CAS	Chemical Abstracts Service (Nummer)
UN	Vereinte Nationen (Gefahrgutnummer)
ODP	Ozonabbaupotenzial
GWP	Treibhauspotenzial
HFC	Hydrofluorcarbon
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
AIM Act	Innovations- und Fertigungsgesetz (AIM Act)

16.3 Haftungsausschluss

Dieses Sicherheitsdatenblatt (SDS) ist gemäß GB/T 16483-2008 und dem UN-GHS-Standard erstellt. Es dient als Leitfaden für die sichere Verwendung, Handhabung und Entsorgung des Produkts. Die Informationen dienen ausschließlich als Sicherheitsbetriebsanleitung und stellen keine Garantie für Produktspezifikationen oder -leistungen dar. Anwender sollten deren Anwendbarkeit anhand spezifischer Verwendungsszenarien und örtlicher regulatorischer Anforderungen bewerten und erforderliche Sicherheitsvorkehrungen treffen. Der Ersteller übernimmt keine rechtliche Haftung für direkte oder indirekte Verluste, die aus der Verwendung der Informationen in diesem Dokument entstehen. Die Daten in diesem Dokument können mit neuen Forschungsergebnissen und regulatorischen Änderungen aktualisiert werden. Es wird empfohlen, regelmäßig die neueste Version zu prüfen.

Erstellt gemäß GB/T 16483-2008 und UN GHS, 8. überarbeitete Ausgabe | Sicherheitsdatenblatt Trifluormethan (R23)