

Sicherheitsdatenblatt (SDS)

trans-1,3,3,3-Tetrafluorpropen (R1234ze / HFO-1234ze(E))

CAS-Nr.: 29118-24-9 (E-Isomer) UN-Nr.: 3161 Ausstellungsdatum: 29. August 2026 Version: 1.0

1 Identifizierung

1.1 Produktidentifizierung

Chemische Bezeichnung	trans-1,3,3,3-Tetrafluorpropen
Handelsnamen / Synonyme	R1234ze, HFO-1234ze(E), HFO-1234ze, trans-1234ze, R-1234ze, DR-2
CAS-Nummer	29118-24-9 (E-Isomer)
UN-Nummer	3161 (verflüssigtes entzündbares Gas)
Gefahrgutkennzeichen	Klasse 2.1 Entzündbares Gas
Summenformel	CF ₃ CH=CHF (trans), d. h. C ₃ H ₂ F ₄
Molekulargewicht	114.04 g/mol
Empfohlene Verwendung	HFO-Kältemittel der 4. Generation, Kaltwassersätze, gewerbliche Kälte, Aerosoltreibmittel, Treibmittel für Polymerschäume, Arbeitsfluid für den organischen Rankine-Kreislauf (ORC) 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)

2 Identifizierung der Gefahren

2.1 GHS-Einstufung

Gefahreneinstufung:

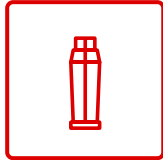
- Entzündbares Gas (physikalische Gefahr) — Kategorie 2
- Komprimiertes Gas (Physikalische Gefahr) — Verflüssigtes Gas
- Schwere Augenschädigung / Augenreizung (Gesundheitsgefahr) — Kategorie 2B
- Spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition (Gesundheitsgefahr, narkotischer Effekt) — Kategorie 3

Hinweis: R1234ze wird der ASHRAE-Sicherheitsgruppe A2L (geringere Toxizität, geringere Entflammbarkeit) zugeordnet. Es ist nur unter bestimmten Konzentrationsbedingungen (7.0 %-11.5 % Volumenanteil in Luft) und mit einer starken Zündquelle entflammbar. Die Brenngeschwindigkeit ist äußerst gering (<10 cm/s), wodurch es sich weitaus schwerer entzünden lässt als herkömmliche entzündbare Gase. Erfrierungen durch Kontakt mit der Flüssigkeit sind eine physikalische Kälteverletzung.

2.2 GHS-Kennzeichnungselemente



GHS02 Flamme



GHS04 Gasflasche



GHS07 Ausrufezeichen

Signalwort: ACHTUNG

Gefahrenhinweise:

- H221** Entzündbares Gas.
- H280** Enthält Gas unter Druck; kann bei Erwärmung explodieren.
- H316** Verursacht leichte Hautreizungen.
- H320** Verursacht Augenreizung.
- H336** Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Hinweis: H316/H320 sind Standard-Codes für GHS-Gefahrenhinweise. Der Haut-/Augenverletzungsmechanismus dieses Stoffes ist eine physikalische Kälteerfrierung; die Codes werden zur Darstellung ähnlicher Gefahrenwirkungen verwendet.

Sicherheitshinweise:

- P102** Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.

- P210** Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.
- P264** Nach Gebrauch ... gründlich waschen.
- P271** Nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen verwenden.
- P280** Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.
- P305+P351+P338** BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen. Eventuell vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.
- P332+P313** Bei Hautreizung: Ärztlichen Rat einholen/ärztliche Hilfe hinzuziehen.
- P377** Brand von austretendem Gas: Nicht löschen, es sei denn, der Austritt kann sicher gestoppt werden.
- P381** Bei Austritt alle Zündquellen beseitigen.
- 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 (ca. 3.9-mal die Luftdichte) und kann sich am Boden über große Entfernungen ausbreiten, wodurch in tiefliegenden Bereichen eine sauerstoffarme Umgebung entsteht.
- Als Kältemittel der Klasse A2L (geringe Entflammbarkeit) eingestuft; bei Raumtemperatur schwer entzündbar. Eine Verbrennung erfordert eine starke Zündquelle und eine Konzentration innerhalb der Entflammbarkeitsgrenzen (7.0 %-11.5 % Volumenanteil in Luft).
- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen (>400 °C) erzeugt giftige und korrosive Gase (Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid usw.).
- Behälter können beim Erhitzen durch steigenden Innendruck bersten oder explodieren.
- Isomer von R1234yf (trans- gegenüber cis-Konfiguration); beide haben dieselbe Summenformel, unterscheiden sich jedoch in der räumlichen Anordnung.

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)
trans-1,3,3,3-Tetrafluorpropen (HFO-1234ze(E))	29118-24-9	≥99.5%

3.3 Verunreinigungsangaben

Verunreinigung	Spezifikationsgrenzwert
Säuregehalt (als HCl)	≤ 1 ppm
Feuchte	≤ 10 ppm
Verdampfungsrückstand	≤ 100 ppm
Nicht kondensierbares Gas (25 °C, Vol.-%)	$\leq 1.5\%$
cis-Isomer (HFO-1234ze(Z))	$\leq 0.5\%$
Chlorid	Bestanden

4 Erste-Hilfe-Maßnahmen

4.1 Beschreibung der erforderlichen Erste-Hilfe-Maßnahmen

Allgemeiner Rat: Betroffene Person unverzüglich aus dem kontaminierten Bereich bringen. Warm halten und ruhigstellen. Dem behandelnden Arzt dieses Sicherheitsdatenblatt vorlegen. Alle Zündquellen beseitigen.

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 hinzuziehen.

Hautkontakt (Erfrierung):

- 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.
- Eingefrorene Kleidung vorsichtig entfernen. Wenn Kleidung an der Haut festklebt, nicht daran ziehen; ringsherum abschneiden.
- Mit sterilem Verband abdecken.
- Sofort ärztliche Hilfe hinzuziehen.

Augenkontakt:

- Augenlider sofort offen halten und mindestens 15 Minuten gründlich mit reichlich Wasser oder physiologischer Kochsalzlösung spülen.
- Durch Anheben des Ober- und Unterlids eine vollständige Spülung aller Augenfächen sicherstellen.
- Kontaktlinsen entfernen, sofern vorhanden und leicht entfernbar.
- Sofort ärztliche Hilfe hinzuziehen, vorzugsweise von einem Augenarzt.

Verschlucken:

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

4.2 Wichtigste akute und verzögerte Symptome und Wirkungen

- Akute Inhalation: Schwindel, Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Ataxie, Bewusstseinsverlust, Herzrhythmusstörungen.
- Hautkontakt (Flüssigkeit): Erfrierungen (blasse, harte Haut, Schmerzen, Blasenbildung), leichte Hautreizung.
- Augenkontakt (flüssig): schwere Erfrierung, Hornhautschaden, Sehbeeinträchtigung.
- Exposition gegenüber hohen Konzentrationen kann eine Dämpfung des zentralen Nervensystems und kardiale Sensibilisierung verursachen.

4.3 Hinweise auf erforderliche sofortige ärztliche Versorgung und Spezialbehandlung**Hinweise für Ärzte:**

- Symptomatische und unterstützende Therapie. Atemwege freihalten; bei Bedarf Sauerstoff verabreichen.
- Herzfunktion überwachen; Exposition mit hoher Konzentration kann Arrhythmien verursachen.
- Katecholamin-haltige Arzneimittel (z. B. Epinephrin/Adrenalin) vermeiden — diese können die Empfindlichkeit des Myokards gegenüber Fluorkohlenwasserstoffen erhöhen und Kammerflimmern auslösen.
- Erfrierungen nach Standardprotokollen behandeln: Wiederaufwärmen mit lauwarmem Wasser (37–40 °C). Keine trockene Hitze oder Massage anwenden.
- Besteht der Verdacht auf Exposition gegenüber thermischen Zersetzungsprodukten (Fluorwasserstoff), Kalzium- und Kaliumspiegel im Blut überwachen; bei Bedarf Kalziumglukonat verabreichen.

Geeignete Löschmittel: Dieser Stoff ist ein Gas der Klasse A2L (geringe Entflammbarkeit) und nur unter bestimmten Bedingungen brennbar. Trockenlöschpulver, Kohlendioxid, Wasserdampf und Schaum sind geeignet.

Ungünstige Löschmittel: Keine direkten Wasserstrahlen auf austretendes Gas richten (kann Ausbreitung und Verdampfung beschleunigen). Wasserdampf kann zum Kühlen der Behälter verwendet werden.

5.2 Besondere Gefahren durch den Stoff oder das Gemisch

Eigenschaften der geringen Entflammbarkeit A2L:

- R1234ze wird der ASHRAE-Klasse A2L (geringe Entflammbarkeit) zugeordnet, mit einem engen Entflammbarkeitsbereich (7.0 %-11.5 % Volumenanteil in Luft), hoher Mindestzündenergie und äußerst geringer Brenngeschwindigkeit (~1.5 cm/s), weit unter der gängiger entzündbarer Gase.
- Unter normalen Einsatzbedingungen ohne starke Zündquelle ist eine Entzündung höchst unwahrscheinlich.
- In geschlossenen Räumen, in denen die Konzentration innerhalb der Entflammbarkeitsgrenzen liegt und eine starke Zündquelle (z. B. Lichtbogen, offene Flamme) vorhanden ist, ist jedoch eine Verbrennung möglich.

- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen (>400 °C) erzeugt giftige und korrosive Gase: Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid usw.
- Behälter können beim Erhitzen durch steigenden Innendruck bersten oder explodieren.
- Kann unter bestimmten Bedingungen mit Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Aluminiumpulver reagieren.

5.3 Gefährliche Verbrennungsprodukte

Fluorwasserstoff (HF), Kohlenmonoxid (CO), Carbonylfluorid (COF₂) und andere fluoridierte Verbindungen.

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.
 - Bei Brand durch austretendes Gas: nicht löschen, es sei denn, das Leck kann sicher gestoppt werden (Grundsatz P377); zuerst die Gasquelle absperren.
 - Direkte Wasserstrahlen auf austretendes verflüssigtes Gas vermeiden, da dies Verdampfung und Ausbreitung beschleunigt.
-

6.1 Persönliche Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstung und Notfallverfahren

- Personal sofort aus dem Leckbereich an windzugewandte Orte evakuieren. Absperrung errichten und Zugang beschränken.
- Notfallhelfer sollten SCBA, normale Arbeitskleidung, kryogene Handschuhe und Augenschutz tragen.
- Aus windzugewandter Richtung herangehen.
- Alle Zündquellen, Wärmequellen und elektrischen Funken unverzüglich beseitigen (Grundsatz P381).
- Leck stoppen, sofern dies sicher möglich ist.
- Nicht mit verschüttetem Material in Berührung kommen oder darüber laufen.
- 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.
- Freisetzungen minimieren; nach Möglichkeit rückgewinnen.
- Freisetzung in die Atmosphäre, Gewässer oder den Boden vermeiden.

6.3 Methoden und Materialien zur Rückhaltung und Reinigung

- **Kleines Leck:** Lüftung erhöhen, um die Gasausbreitung zu beschleunigen. Sauerstoffgehalt und Konzentration brennbarer Gase überwachen, um Erstickung und Verbrennung zu vermeiden. Alle Zündquellen beseitigen.
- **Großes Leck:**
 - Quellventil schließen, sofern dies sicher möglich ist.
 - Mit speziellen Gas-Rückgewinnungsanlagen zurückgewinnen.
 - Falls eine Rückgewinnung nicht möglich ist, Nebel/Wasservernebelung verwenden, um das Gas zu verdünnen und zu lösen (Wasserverunreinigung vermeiden).
 - Lässt sich das Flaschenventil nicht schließen, die Flasche an einen sicheren, belüfteten Ort verbringen und langsam entleeren; Zündquellen ausschließen.
- **Zylinderleck:** Zylinder an einen gut belüfteten sicheren Ort bringen und langsam ablassen. Falls das Ventil nicht geschlossen werden kann, Lieferanten für fachgerechte Handhabung kontaktieren.

6.4 Referenz

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

Kritische Gefahr: R1234ze-Dampf ist etwa 3.9-mal schwerer als Luft und sammelt sich in tiefliegenden und geschlossenen Bereichen, wo er eine sauerstoffarme Atmosphäre erzeugt und möglicherweise entflammbare Konzentrationen erreicht. Vor dem Betreten geschlossener Räume oder

tiefliegender Bereiche stets den Sauerstoffgehalt (muss $\geq 19.5\%$ betragen) und die Konzentration brennbarer Gase prüfen und das Partnerprinzip anwenden. Alle Zündquellen beseitigen.

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.
- Von Feuer, Wärmequellen und offenen Flammen fernhalten. Rauchverbot in Arbeitsbereichen. Explosionsgeschützte Lüftungsanlagen und Elektrogeräte verwenden.
- Kontakt mit reaktiven Metallen und starken Oxidationsmitteln vermeiden.
- Zylinder vorsichtig handhaben; nicht fallen lassen, rutschen, rollen oder stoßen. Geeignete Hebevorrichtungen verwenden.
- Bereich mit Leck-Notfallausrüstung und Detektoren für brennbare Gase ausstatten.
- Bei der Handhabung von Flüssigkeit isolierende Handschuhe und Augen-/Gesichtsschutz tragen, um Erfrierungen zu verhindern.
- Verwendung von Ausrüstung und Werkzeugen, die Funken erzeugen können, verbieten.
- Zylinder, Ventile und Rohrleitungen regelmäßig auf Lecks prüfen.

7.2 Bedingungen für die sichere Lagerung, einschließlich Unverträglichkeiten

- In einem kühlen, trockenen, gut belüfteten Lager für entzündbare Gase aufbewahren.
- Lagertemperatur sollte 45 °C nicht überschreiten. Von Feuer, Wärmequellen und direkter Sonneneinstrahlung fernhalten.
- Getrennt von Oxidationsmitteln und reaktiven Metallen lagern. Nicht zusammen mit unverträglichen Stoffen lagern.
- Der Lagerbereich sollte mit Leck-Notfallausrüstung und Detektoren für brennbare Gase ausgestattet sein.
- Zylinder müssen aufrecht mit Ventilkappen und Sicherungsringen stehend und gegen Umfallen gesichert gelagert werden.
- Explosionsgeschützte Beleuchtung und Belüftungssysteme verwenden.
- Verwendung von Ausrüstung und Werkzeugen, die Funken erzeugen können, verbieten.
- Füllkoeffizient darf 1.1 kg/L nicht überschreiten.
- In Lagerbereichen deutliche Sicherheitswarnschilder und „Entzündbares Gas“-Kennzeichnungen anbringen.
- Zwei-Personen-Annahme/-Ausgabe und Zwei-Personen-Aufbewahrungssystem einführen.

7.3 Spezifische Endverwendungen

Nur für den industriellen Einsatz. Das Personal muss fachlich geschult sein. Geeignet für gewerbliche Kälte, Kaltwassersätze, Aerosoltreibmittel, Schäumungsmittel und Anwendungen im organischen Rankine-Kreislauf (ORC). Nicht für direkten Lebensmittelkontakt, medizinische Inhalation oder andere nicht zugelassene Anwendungen verwenden.

8 Expositionskontrollen/Personalschutz

8.1 Kontrollparameter

China OEL (Arbeitsplatzgrenzwert)	Kein gesetzlicher Grenzwert festgelegt. Empfohlener Richtwert: AIHA WEEL 500 ppm (TWA, 8 Std.)
AIHA WEEL-TWA (USA)	500 ppm (ca. 2850 mg/m ³), zeitgewichteter 8-Stunden-Mittelwert
OSHA PEL-TWA (USA)	Kein spezifischer Grenzwert festgelegt
DFG MAK (Deutschland)	Kein spezifischer Grenzwert festgelegt
Biologischer Grenzwert	Nicht festgelegt

Hinweis: Gemäß GBZ 2.1-2019 (Grenzwerte für Arbeitsplatzexposition gegenüber Gefahrstoffen – Teil 1: Chemische Stoffe) ist dieser Stoff derzeit nicht in der chinesischen OEL-Tabelle aufgeführt. Als Referenz werden internationale Standards empfohlen.

8.2 Expositionsüberwachungsmethoden

Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektion (GC-FID) oder Massenspektrometrie (GC-MS), alternativ Infrarot-Gasanalysatoren und elektrochemische Sensoren für die Vor-Ort-Überwachung.

8.3 Geeignete technische Schutzmaßnahmen

- Geschlossenes Prozessdesign mit Allgemeinbelüftung oder örtlicher Absaugung.
- Sicherheitsdusche und Augenspülstation bereitstellen.
- In Bereichen, in denen größere Leckagen auftreten können, Gaswarnanlagen für brennbare Gase installieren.
- Explosionsgeschützte Elektroausrüstung verwenden.

8.4 Individuelle Schutzmaßnahmen

Atemschutz:

- Normale Bedingungen (unter dem Expositionsgrenzwert): keine besondere Schutzausrüstung erforderlich.
- Erhöhte Konzentrationen: Halbmasken-Atemschutzgerät mit Filterkartusche für organische Dämpfe/saure Gase wird empfohlen.

- Hohe Konzentration oder Notfallrettung/Evakuierung: Druckluft-Atemschutzgerät (SCBA) mit positivem Druck muss getragen werden.

Augen-/Gesichtsschutz:

- Allgemeine Handhabung: keine besondere Schutzausrüstung erforderlich.
- Bei Handhabung von Flüssigkeit oder möglichem Flüssigkeitskontakt: Chemikalienschutzbrille oder Gesichtsschutz muss getragen werden, um Erfrierungen zu verhindern.

Hautschutz:

- Handschutz: normale Arbeitshandschuhe für normale Handhabung; kryogen isolierte Handschuhe (z. B. Trockeneishandschuhe, Leder-Kältehandschuhe) für Flüssigkeitskontakt.
- Körperschutz: normale Arbeitskleidung; kältebeständige Kleidung für Flüssigkeitskontakt.
- Sonstiges: in Arbeitsbereichen nicht rauchen; hochkonzentrierte Inhalation vermeiden; Buddy-System anwenden beim Betreten von Tanks, abgeschlossenen Räumen oder anderen hochkonzentrierten Bereichen.

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 Gas mit schwach ätherischem Geruch; bei Umgebungstemperatur und -druck gasförmig; unter Druck farblose transparente Flüssigkeit
Geruchsschwelle	Nicht verfügbar (schwach etherartiger Geruch)
pH	Nicht anwendbar (Gas)
Schmelzpunkt / Gefrierpunkt	-137 °C (-215 °F)
Siedepunkt / Siedebereich (101.3 kPa)	-19 °C (-2.2 °F)
Flammpunkt	Keine (Gas, besitzt jedoch einen Entflammbarkeitsbereich)
Verdunstungsrate	Nicht verfügbar
Entzündbarkeit (Gas)	Entzündbar (geringe Entflammbarkeit A2L; Grenzen 7.0 %-11.5 %)

Explosionsgrenzen (oben/unten)	Obere: 11.5 % (Vol.); Untere: 7.0 % (Vol.)
Dampfdruck (25 °C)	360 kPa (Sättigungsdampfdruck)
Dampfdichte (Luft = 1)	~3.9 (schwerer als Luft)
Relative Dichte (flüssig, 25 °C)	1.183 g/cm ³
Löslichkeit	Wenig löslich in Wasser; löslich in Ethanol, Ether und anderen organischen Lösungsmitteln
Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient (log P)	~1.6 (geschätzt)
Selbstentzündungstemperatur	~360 °C
Zersetzungstemperatur	>400 °C Beginn der thermischen Zersetzung
Brenngeschwindigkeit	~1.5 cm/s (äußerst gering, A2L-typisch)
Mindestzündenergie	> 1000 mJ (hoch; deutlich schwerer zu entzünden als herkömmliche entzündbare Gase)

9.2 Thermodynamische Eigenschaften

Kritische Temperatur	109.4 °C (228.9 °F)
Kritischer Druck	3636 kPa (3.64 MPa / 527.2 psia)
Kritische Dichte	0.473 g/cm ³
Verdampfungswärme (am Siedepunkt)	~162 kJ/kg
Flüssige spezifische Wärmekapazität (25 °C)	1.33 kJ/(kg·°C)
Spezifische Wärmekapazität des Gases (25 °C, konstanter Druck)	0.94 kJ/(kg·°C)

9.3 Weitere Sicherheitsdaten

ASHRAE-Sicherheitsgruppe	A2L (geringere Toxizität, geringere Entflammbarkeit)
Ozonabbaupotenzial (ODP)	0 (baut die Ozonschicht nicht ab; siehe Abschnitt 12.6)

Treibhauspotenzial (GWP, 100 Jahre)	<1 (~1; siehe Abschnitt 12.6)
Atmosphärische Lebensdauer	~14 Tage (~2 Wochen; schneller Abbau)

10 Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität

Chemisch stabil bei normalen Temperatur- und Druckbedingungen; nicht leicht reaktiv. Lässt sich unter normalen Betriebsbedingungen schwer entzünden.

10.2 Chemische Stabilität

Stabil unter normalen Temperatur- und Druckbedingungen.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen (>400°C) erzeugt giftigen Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid und Carbonylfluorid.
- Kann unter hoher Temperatur oder bestimmten Bedingungen mit Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Aluminiumpulver reagieren.
- Kann mit starken Oxidationsmitteln Redoxreaktionen eingehen.
- Bei bestimmten Konzentrationen (7.0 %-11.5 %) mit einer starken Zündquelle ist eine Verbrennung möglich.

10.4 Zu vermeidende Bedingungen

Hohe Temperatur, offene Flamme, direkte Wärmequellen, elektrische Lichtbögen, elektrostatische Funken, Überdruck in der Flasche

10.5 Unverträgliche Materialien

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

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte

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

10.7 Gefährliche Polymerisation

Findet nicht statt.

11 Toxikologische Informationen

11.1 Angaben zu toxikologischen Wirkungen

Akute Toxizität:

Ratten-Inhalation LC ₅₀ (4 Std.)	>500,000 ppm (über 50 Vol. %, höchste getestete Konzentration; keine Letalität beobachtet)
Subchronischer Inhalations-NOAEL (28/90 Tage)	80,000 ppm (höchste Konzentration ohne beobachtete nachteilige Wirkung)
Kaninchen dermal LD ₅₀	Nicht verfügbar (gasförmiger Stoff)

11.2 Hautreizung/-ätzung

Kontakt mit der Flüssigkeit kann Erfrierungen verursachen (physikalische Verletzung), die chemische Reizung ist jedoch gering. GHS-Einstufung: Hautreizung Kategorie 3 (leichte Reizung, H316).

11.3 Augenreizung/-ätzung

Kontakt mit der Flüssigkeit kann zu schweren Erfrierungen und Hornhautschäden führen. GHS-Einstufung: Schwere Augenschädigung/Augenreizung Kategorie 2B (H320).

11.4 Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut

Keine Sensibilisierung berichtet. Vorliegende Tierversuchs- und Humanepidemiologie-Daten zeigen keinen Sensibilisierungseffekt.

11.5 Keimzellmutagenität

In-vitro- und In-vivo-Tests (Ames-Test, Chromosomenaberrationstest, Mäuse-Mikronukleus-Test usw.) zeigen keinen mutagenen Effekt.

11.6 Krebserzeugendheit

Unzureichende Beweise für Krebserzeugendheit.

- IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung): Nicht aufgeführt
- ACGIH (Amerikanische Konferenz der staatlich-industriellen Hygieniker): Kategorie A4 (nicht als krebserzeugend für den Menschen einstuft)
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency): Gruppe D (nicht als krebserzeugend beim Menschen einstuft)

11.7 Reproduktionstoxizität

Tierstudien zeigen bei hohen Konzentrationen keine signifikante Reproduktions- oder Entwicklungstoxizität. Es liegen keine Daten zur Reproduktionstoxizität beim Menschen vor.

11.8 STOT-Einmalexposition

- Narkotische Wirkung (Kategorie 3, H336): Das Einatmen hoher Konzentrationen kann eine Dämpfung des zentralen Nervensystems verursachen, erkennbar an Schwindel, Schläfrigkeit, Kopfschmerzen und Bewusstseinsstrübung.

- Herzwirkungen: Exposition mit hoher Konzentration kann Herzrhythmusstörungen verursachen, insbesondere unter Stress oder körperlicher Belastung (Katecholamin-Sensibilisierung).

11.9 STOT-Wiederholungsexposition

Wiederholte Exposition gegenüber niedrigen Konzentrationen zeigt keine signifikante Toxizität für Zielorgane. Subchronische Inhalationsstudien zeigten einen NOAEL von 80,000 ppm ohne eindeutige Organschäden.

11.10 Aspirationsgefahr

In gasförmiger Form wird keine Aspirationspneumonie erwartet. Hohe Inhalationskonzentrationen können jedoch eine Depression des ZNS und kardiale Sensibilisierung verursachen.

12 Ökologische Informationen

12.1 Ökotoxizität

Akute Fischtoxizität (LC ₅₀ , 96 Std.)	> 100 mg/L (geringe Toxizität für Fische)
Akute Daphnien-Toxizität (EC ₅₀ , 48 Std.)	> 100 mg/L
Algenwachstumshemmung (EC ₅₀ , 72 Std.)	> 100 mg/L
Bakterielle Toxizität	Nicht verfügbar

12.2 Persistenz und Abbaubarkeit

- Atmosphärischer Abbau: Überwiegend durch Reaktion mit Hydroxylradikalen (OH[•]); atmosphärische Lebensdauer ~14 Tage (~2 Wochen); schneller Abbau.
- Biologische Abbaubarkeit: Schwer biologisch abbaubar (nicht leicht durch Mikroorganismen abgebaut).
- Hydrolyse: Bei Umgebungstemperatur nicht leicht hydrolysiert.
- Photodegradation: Wird in der Atmosphäre photochemisch schnell abgebaut.

12.3 Bioakkumulationspotenzial

$\log P \approx 1.6$. Geringes Bioakkumulationspotenzial (unter dem Biokonzentrations-Schwellenwert von $\log P = 4.5$).

12.4 Mobilität im Boden

In gasförmiger Form hoch flüchtig. Geringe Wasserlöslichkeit. Hohe Mobilität. Verdunstet bei Freisetzung in den Boden leicht in die Atmosphäre.

12.5 Ergebnisse der PBT- und vPvB-Bewertung

Erfüllt die Kriterien für PBT (persistent, bioakkumulierend, toxisch) / vPvB (sehr persistent und sehr bioakkumulierend) nicht. Die äußerst kurze atmosphärische Lebensdauer (~14 Tage) bedeutet, dass dieser Stoff nicht persistent ist.

12.6 Weitere nachteilige Wirkungen

- **Ozonabbaupotenzial (ODP):** 0 (baut die Ozonschicht nicht ab; Stoff der HFO-Klasse ohne Ozonabbaupotenzial)
- **Treibhauspotenzial (GWP, 100-Jahres-Zeithorizont):** <1 (~1, bezogen auf CO₂ = 1); Kältemittel mit extrem niedrigem GWP
- Sehr kurze atmosphärische Lebensdauer (~14 Tage); vernachlässigbare Auswirkungen auf die globale Erwärmung; wird als umweltfreundliches Kältemittel der 4. Generation eingestuft.
- Kein geregelter Stoff des Montreal-Protokolls. Aufgrund GWP <1 auch nicht als Treibhausgas im Kyoto-Protokoll oder Übereinkommen von Paris gelistet.
- Große Freisetzungen sollten dennoch begrenzt werden; Rückgewinnung und Wiederverwendung sind vorzuziehen.

13 Entsorgungshinweise

13.1 Abfallbehandlungsmethoden

Produkt/Rückstände:

- Obwohl das GWP äußerst niedrig ist, wird eine direkte Freisetzung in die Atmosphäre nicht empfohlen. Rückgewinnung und Wiederverwendung sind vorzuziehen.
- Rückgewinnung und Recycling (Reinigung und Wiederverwendung) ist der bevorzugte Ansatz.
- Falls eine Rückgewinnung nicht durchführbar ist, über eine zugelassene Behandlungsanlage für Gefahrstoffabfall entsorgen.
- Hochtemperaturverbrennung mit alkalischer Gaswäsche zur Fluoridentfernung ist eine akzeptable Methode.
- 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 Zylinder mit Restdruck werden als Gefahrstoffabfall behandelt.

13.2 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für die Entsorgung

- Vor der Entsorgung nationale und örtliche Vorschriften beachten (z. B. Gesetz zur Verhütung und Kontrolle der Abfallverschmutzung, Standards zur Kontrolle der Umweltverschmutzung durch Lagerung von Gefahrstoffabfällen usw.).
- Personal sollte geeignete persönliche Schutzausrüstung tragen (siehe Abschnitt 8).

- Für gute Lüftung sorgen, um Erstickung zu vermeiden. Alle Zündquellen beseitigen.
- Die Entsorgung muss durch eine qualifizierte und zugelassene Einrichtung erfolgen.
- Entsorgungsaufzeichnungen sollten geführt werden.

14 Angaben zum Transport

14.1 UN-Nummer

3161 (entzündbares verflüssigtes Gas, N.A.G.)

14.2 UN-Versandbezeichnung

ENTZÜNDBARES VERFLÜSSIGTES GAS, N.A.G. (trans-1,3,3,3-Tetrafluorpropen)

14.3 Transportgefahrenklasse(n)

Klasse 2.1 Entzündbares Gas

14.4 Verpackungsgruppe

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

14.5 Verpackungskennzeichen / Gefahrzettel

- Hauptgefahrzeichen: Entzündbares Gas (rot, Klasse 2.1)
- Nebengefahrzettel: Keiner

14.6 Methoden und Materialien für Rückhaltung und Verpackung

- Nahtlose Stahlzylinder. Zylinder müssen geltenden nationalen Normen entsprechen (z. B. GB 5099).
- Gängige Gebindegrößen: 13.6 kg, 100 kg, 400 kg, 800 kg Flaschen und ISO-Tankcontainer.
- Füllkoeffizient darf 1.1 kg/L nicht überschreiten.
- Gewinderichtung des Flaschenventilauslasses: Linksgewinde für entzündbare Gase.

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 in den frühen Morgen- oder Abendstunden im Sommer, um direkte Sonneneinstrahlung zu vermeiden.
- Festgelegten Routen folgen; nicht in Wohn- oder dicht besiedelten Gebieten halten.
- Auspuffrohre müssen mit Funkenfängern ausgestattet sein.

Schienentransport:

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

Seetransport (IMDG-Code):

- UN 3161, Klasse 2.1
- Meeresschadstoff: Nein
- Verstaubkategorie: D (bei entzündbaren Gasen nur an Deck)

Lufttransport (ICAO/IATA DGR):

- UN 3161, Klasse 2.1
- Entzündbares verflüssigtes Gas
- In Passagier- und Frachtflugzeugen zulässig (Mengenbegrenzungen und IATA-Verpackungsanforderungen unterworfen)

14.8 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Nutzer

- Nicht zusammen mit Oxidationsmitteln, reaktiven Metallen oder Lebensmitteln/Futtermitteln transportieren.
- Fahrzeuge müssen mit geeigneter Feuerlöschschrüstung und Notfallausrüstung für Lecks ausgerüstet sein.
- Transportpersonal muss speziell geschult und zertifiziert sein.
- Während des Transports vor Sonneneinstrahlung, Regen und hoher Temperatur schützen.
- Bei Unterbrechungen unterwegs von Feuer, Wärmequellen und Hochtemperaturbereichen fernhalten.
- Abgasrohre von Fahrzeugen, die dieses Produkt befördern, müssen mit Funkenfängern ausgerüstet sein.
- Beim Be- und Entladen vorsichtig vorgehen, um Beschädigung von Zylindern und Armaturen zu verhindern.

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:** GWP <1; nicht als reguliertes Treibhausgas gelistet
- **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):** HFO-Kältemittel; GWP <150; unterliegt keinen HFC-Quotenbeschränkungen

- **US EPA SNAP-Programm:** Für verschiedene Kälteanwendungen zugelassen (gewerbliche Kälte, Kaltwassersätze usw.)
- **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)

Chinesische Vorschriften:

- Verordnung über das Sicherheitsmanagement gefährlicher Chemikalien (Staatsratsdekret Nr. 591)
- Katalog gefährlicher Chemikalien (Ausgabe 2015)
- GB-30000-Reihe: Regeln für die Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien
- GB/T 16483-2008: Sicherheitsdatenblatt für Chemikalien — Inhalt und Reihenfolge der Abschnitte
- GBZ 2.1-2019: Berufsbedingte Expositionsgrenzwerte für gefährliche Stoffe am Arbeitsplatz
- TSG 23-2021: Sicherheits- und technische Vorschriften für Gasflaschen

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

- Honeywell-Sicherheitsdatenblatt für HFO-1234ze(E)
- Technische Information von Chemours (DuPont) zu R1234ze
- ASHRAE Handbook – Kälteanlagen und Anwendungen
- ASHRAE Standard 34-2019: Bezeichnung und sicherheitstechnische Klassifizierung von Kältemitteln
- 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
- WEEL-Leitfaden der AIHA (Amerikanische Gesellschaft für Industriehygiene)
- PubChem Compound Database (CID 53734742)

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
LC ₅₀	Letale Konzentration, 50 %
LD ₅₀	Letale Dosis, 50 %
NOAEL	Höchste Dosis ohne beobachtete schädliche Wirkung
WEEL	Grenzwert für die Exposition am Arbeitsplatz (Umwelt)
TLV-TWA	Threshold Limit Value – zeitgewichteter Mittelwert
PEL	Zulässiger Expositionsgrenzwert
SCBA	Druckluft-Atemschutzgerät
PBT	Persistent, bioakkumulativ und toxisch
HFO	Hydrofluorolefin
ORC	Organischer Rankine-Kreisprozess
IARC	Internationale Agentur für Krebsforschung
ACGIH	Amerikanische Konferenz der staatlich-industriellen Hygieniker
STOT	Spezifische Zielorgan-Toxizität

16.3 Haftungsausschluss

Dieses Sicherheitsdatenblatt (SDS) wurde gemäß dem UN-GHS-Standard und geltenden behördlichen Anforderungen erstellt. Die hierin enthaltenen Informationen basieren auf öffentlich zugänglichen chemischen Datenbanken, Fachliteratur und nationalen Normen und gelten zum Ausstellungsdatum als korrekt und vollständig. Es wird jedoch weder ausdrücklich noch stillschweigend eine Gewähr für die absolute Richtigkeit, Vollständigkeit oder Zuverlässigkeit der Informationen übernommen. Anwender sollten die Anwendbarkeit der Informationen für ihre spezifischen Nutzungsbedingungen prüfen und sich für Compliance-Zwecke auf das offizielle SDS des Herstellers/Lieferanten beziehen. Die Informationen in diesem Dokument

können aktualisiert werden, sobald neue Forschungsergebnisse und regulatorische Änderungen vorliegen; eine regelmäßige Überprüfung der neuesten Version wird empfohlen.

Sicherheitsdatenblatt — trans-1,3,3,3-Tetrafluorpropen (R1234ze) | Erstellt gemäß UN GHS, 8. überarbeitete Ausgabe |
Version 1.0