

Sicherheitsdatenblatt (SDS)

Kältemittelgemisch R407C (HFC-407C, R32/R125/R134a = 23/25/52)

CAS-Nr.: Keine (Gemisch) UN-Nr.: 3162 Ausstellungsdatum: 29. August 2026 Version: 1.0

1 Identifizierung

1.1 Produktidentifizierung

Chemische Bezeichnung	Kältemittelgemisch R407C (zeotropes Gemisch)
Handelsnamen / Synonyme	R407C, HFC-407C, SUVA 407C, Genetron 407C, Forane 407C, Freon 407C
CAS-Nummer	Keine (Gemisch); CAS-Nummern der Komponenten sind in Abschnitt 3 aufgeführt
UN-Nummer	3162 (verflüssigtes Gas, nicht brennbar, nicht giftig, Gemisch)
Gefahrgutkennzeichen	Klasse 2.2 Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas
Gemischzusammensetzung	R32 (Difluormethan) / R125 (Pentafluorethan) / R134a (1,1,1,2-Tetrafluorethan) = 23/25/52 (Massen-%)
Mittlere Molmasse	86.2 g/mol
Empfohlene Verwendung	Kältemittel für Klimaanlage in Gewerbe- und Wohngebäuden sowie für Mitteltemperatur-Kälteanlagen; Ersatzkältemittel für R22

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

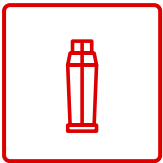
2.1 GHS-Einstufung

Gefahreneinstufung:

- Komprimiertes Gas (Physikalische Gefahr) — Verflüssigtes Gas
- Spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition (Gesundheitsgefahr, narkotischer Effekt) — Kategorie 3

Hinweis: Erfrierungen durch Kontakt mit der Flüssigkeit sind eine physikalische Kälteverletzung. Das GHS sieht keine eigene Kategorie „Erfrierung“ vor. Dieses Gemisch ist nicht brennbar; die ASHRAE-Sicherheitsklassifizierung ist A1.

2.2 GHS-Kennzeichnungselemente



GHS04 Gasflasche



GHS07 Ausrufezeichen

Signalwort: ACHTUNG

Gefahrenhinweise:

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

Sicherheitshinweise:

- P102** Vor der Handhabung alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.
- 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.
- P312** Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt/... anrufen.
- 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 sich über große Entfernungen am Boden ausbreiten, wodurch in tiefliegenden Bereichen eine sauerstoffarme Umgebung entsteht.
- Nicht brennbar, zersetzt sich jedoch bei hohen Temperaturen (>250 °C) unter Bildung giftiger und korrosiver Gase (Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid usw.).
- Behälter können beim Erhitzen durch steigenden Innendruck bersten oder explodieren.
- Zeotropes (nicht azeotropes) Gemisch mit einem Temperaturglide von etwa 7 °C beim Phasenwechsel. Die Befüllung muss in flüssiger Phase erfolgen, um die korrekten Komponentenverhältnisse zu gewährleisten.

3 Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoff/Gemisch

Dieses Produkt ist ein Gemisch (zeotropes Gemisch) aus drei Fluorkohlenwasserstoffen (HFC) in einem bestimmten Massenverhältnis.

3.2 Zusammensetzungsangaben

Bezeichnung des Bestandteils	CAS-Nr.	Summenformel	Konzentration (Massenanteil)
Difluormethan (R32)	75-10-5	CH ₂ F ₂	23%
Pentafluorethan (R125)	354-33-6	C ₂ HF ₅	25%
1,1,1,2-Tetrafluorethan (R134a)	811-97-2	C ₂ H ₂ F ₄	52%

3.3 Verunreinigungsangaben

Verunreinigung	Spezifikationsgrenzwert
Säuregehalt (als HCl)	≤1 ppm
Feuchte	≤10 ppm
Verdampfungsrückstand	≤100 ppm
Nicht kondensierbares Gas (25 °C, Vol.-%)	≤1.5%
Chlorid	Bestanden

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 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 (flüssig): Erfrierung (blasse, harte Haut, Schmerzen, Blasenbildung).
- Augenkontakt (flüssig): schwere Erfrierung, Hornhautschaden, Sehbeeinträchtigung.

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.

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.
- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen (>250 °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 fluorierte 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.

- Direkten Wasserstrahl auf ausströmendes verflüssigtes Gas vermeiden, da dies Verdunstung und Ausbreitung beschleunigt.

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.
- Notfallhelfer sollten SCBA, normale Arbeitskleidung, kryogene Handschuhe und Augenschutz tragen.
- Aus windzugewandter Richtung herangehen.
- 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 zur Begrenzung von Treibhausgasemissionen minimieren; nach Möglichkeit zurückgewinnen.
- Freisetzung in die Atmosphäre, Gewässer oder den Boden vermeiden.

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.
 - Mit speziellen Gas-Rückgewinnungsanlagen zurückgewinnen.
 - Falls eine Rückgewinnung nicht möglich ist, Nebel/Wasservernebelung verwenden, um das Gas zu verdünnen und zu lösen (Wasserverunreinigung vermeiden).
 - Falls das Zylinderventil nicht geschlossen werden kann, Zylinder in alkalische Wasserlösung eintauchen, um ihn zu absorbieren.
- **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: R407C-Dampf ist schwerer als Luft und sammelt sich in tiefliegenden und geschlossenen Bereichen an, wodurch eine sauerstoffarme Atmosphäre entsteht. Vor dem Betreten

von engen Räumen oder tiefliegenden Bereichen stets den Sauerstoffgehalt prüfen (muss $\geq 19.5\%$ betragen) und das Buddy-System anwenden.

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.
- Kontakt mit reaktiven Metallen und starken Oxidationsmitteln vermeiden.
- Zylinder vorsichtig handhaben; nicht fallen lassen, rutschen, rollen oder stoßen. Geeignete Hebevorrichtungen verwenden.
- Bereich mit Notfallausrüstung für Lecks ausstatten.
- In Arbeitsbereichen nicht rauchen, essen oder trinken.
- Bei der Handhabung von Flüssigkeit isolierende Handschuhe und Augen-/Gesichtsschutz tragen, um Erfrierungen zu verhindern.
- Explosionsgeschützte Belüftungssysteme und -ausrüstung verwenden.
- Zylinder, Ventile und Rohrleitungen regelmäßig auf Lecks prüfen.
- **Hinweis zur Befüllung:** R407C ist ein zeotropes Gemisch und muss zur Entnahme und Befüllung in flüssiger Phase gehandhabt werden, um die korrekten Komponentenverhältnisse zu erhalten. NICHT in der Gasphase befüllen, da dies zu einer Fraktionierung der Zusammensetzung führt (das flüchtigere R32 entweicht bevorzugt).

7.2 Bedingungen für die sichere Lagerung, einschließlich Unverträglichkeiten

- In einem kühlen, trockenen, gut belüfteten Lager für nicht entzündbare Gase lagern.
- 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.
- 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.
- Verwendung von Ausrüstung und Werkzeugen, die Funken erzeugen können, verbieten.
- Klare Sicherheitswarnzeichen in Lagerbereichen anbringen.
- Zwei-Personen-Annahme/-Ausgabe und Zwei-Personen-Aufbewahrungssystem einführen.

7.3 Spezifische Endverwendungen

Nur für die industrielle Verwendung. Wird in erster Linie als Kältemittel in Klimaanlage und Mitteltemperatur-Kälteanlagen eingesetzt. Das Personal muss fachkundig geschult sein. 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: ACGIH TLV (basierend auf der R134a-Komponente): 1000 ppm (TWA, 8 Std.)
ACGIH TLV-TWA (USA)	1000 ppm (R134a-Komponente, ca. 4170 mg/m ³), zeitgewichteter 8-Stunden-Mittelwert
OSHA PEL-TWA (USA)	1000 ppm, 8-stündiger zeitgewichteter Mittelwert
Biologischer Grenzwert	Nicht festgelegt

Hinweis: Gemäß GBZ 2.1-2019 ist dieses Gemisch derzeit nicht in der chinesischen OEL-Liste aufgeführt. Es wird empfohlen, internationale Normen und komponentenspezifische Grenzwerte als Referenz heranzuziehen.

8.2 Expositionsüberwachungsmethoden

Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektion (GC-FID) oder Massenspektrometrie (GC-MS); die einzelnen Komponenten R32, R125 und R134a können getrennt quantifiziert werden.

8.3 Geeignete technische Schutzmaßnahmen

- Geschlossenes Prozessdesign mit Allgemeinbelüftung oder örtlicher Absaugung.
- Sicherheitsdusche und Augenspülstation bereitstellen.
- In Bereichen, in denen größere Leckagen auftreten können, Gasdetektionsalarme (Sensorkombination für Sauerstoffmangel/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	Kein einheitlicher Wert (Gemisch; Komponenten: R32 -136 °C, R125 -103 °C, R134a -103.3 °C)
Siedepunkt / Siedebereich (101.3 kPa)	Blasenpunkt -43.8 °C, Taupunkt -36.7 °C (Temperaturglide ca. 7 °C; zeotropes Gemisch)
Flammpunkt	Keiner (nicht entzündbares Gas)
Verdunstungsrate	Nicht verfügbar
Entzündbarkeit (Gas)	Nicht entzündbar
Explosionsgrenzen (oben/unten)	Nicht anwendbar (nicht entzündbares Gas)
Dampfdruck (25 °C)	~1230 kPa

Dampfdichte (Luft = 1)	~3.0 (schwerer als Luft)
Relative Dichte (flüssig, 25 °C)	1.145 g/cm ³
Löslichkeit	Wenig löslich in Wasser; löslich in Ethanol, Ether und anderen organischen Lösungsmitteln
Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient (log P)	Kein einheitlicher Wert (Gemisch; Komponenten ca. 0.7–1.5)
Selbstentzündungstemperatur	Nicht anwendbar (nicht entzündbar)
Zersetzungstemperatur	>250 °C Beginn der thermischen Zersetzung
Temperaturglide (Blasenpunkt - Taupunkt, 101.3 kPa)	~7 °C

9.2 Thermodynamische Eigenschaften

Kritische Temperatur	86.7 °C (ungefähre kritische Temperatur des Gemischs)
Kritischer Druck	~4600 kPa (4.6 MPa)
Verdampfungswärme (am Siedepunkt)	~232 kJ/kg
Flüssige spezifische Wärmekapazität (25 °C)	~1.54 kJ/(kg·°C)

9.3 Weitere Sicherheitsdaten

ASHRAE-Sicherheitsgruppe	A1 (geringe Toxizität, nicht entzündbar)
Ozonabbaupotenzial (ODP)	0 (baut die Ozonschicht nicht ab; siehe Abschnitt 12.6)
Treibhauspotenzial (GWP, 100 Jahre)	~1774 (Treibhausgas; siehe Abschnitt 12.6)
Gemischtyp	Zeotropes Gemisch (Temperaturglide ca. 7 °C)

10 Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität

Chemisch stabil unter normalen Temperatur- und Druckbedingungen; nicht leicht reaktiv.

10.2 Chemische Stabilität

Stabil unter normalen Temperatur- und Druckbedingungen. Das zeotrope Gemisch weist im Gleichgewicht unterschiedliche Gas-/Flüssigphasenzusammensetzungen auf, ist jedoch chemisch stabil.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen ($>250\text{ }^{\circ}\text{C}$) 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.

10.4 Zu vermeidende Bedingungen

Hohe Temperatur, offene Flamme, direkte Wärmequellen, Zylinderüberdruck

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) 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.)	$>500,000\text{ ppm}$ (Gemisch; extrapoliert aus Daten der Hauptkomponente R134a)
Akute Toxizität der Komponenten	R32 $\text{LC}_{50}>1,000,000\text{ ppm}$; R125 $\text{LC}_{50}>800,000\text{ ppm}$; R134a $\text{LC}_{50}>500,000\text{ ppm}$
Kaninchen dermal LD_{50}	Nicht verfügbar (gasförmiger Stoff)

11.2 Hautreizung/-ätzung

Flüssigkeitskontakt kann Erfrierungen (physikalische Verletzung) verursachen, ist aber nicht chemisch ätzend. GHS-Einstufung: keine Einstufung als Hautätzung/-reizung (nur physikalische Erfrierung).

11.3 Augenreizung/-ätzung

Kontakt mit der Flüssigkeit kann schwere Erfrierungen und Hornhautschäden verursachen. Beruht auf der physikalischen Kälteverletzung; keine gesonderte Einstufung als augenreizend.

11.4 Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut

Für keine Komponente wurde eine Sensibilisierung berichtet. Vorliegende Tierversuchsdaten und humanepidemiologische Daten zeigen keine sensibilisierende Wirkung.

11.5 Keimzellmutagenität

In-vitro- und In-vivo-Tests für alle Komponenten (Ames-Test, Chromosomenaberrationstest, Maus-Mikronukleustest usw.) zeigen keine mutagene Wirkung.

11.6 Krebserzeugendheit

Keine ausreichenden Belege für Kanzerogenität. Bewertung der Kanzerogenität der Komponenten:

- IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung): Keine der Komponenten ist aufgeführt
- ACGIH (Amerikanische Konferenz der staatlich-industriellen Hygieniker): R32, R125 und R134a sind alle Kategorie A4 (nicht als krebserzeugend für den Menschen einstufbar)

11.7 Reproduktionstoxizität

Tierstudien zeigen für die Komponenten bei hohen Konzentrationen keine signifikante Reproduktions- oder Entwicklungstoxizität (R125 zeigt Entwicklungstoxizitätstendenzen nur bei sehr hohen Konzentrationen, weit oberhalb realistischer Expositionswerte). Es liegen keine Daten zur Reproduktionstoxizität beim Menschen vor.

11.8 STOT-Einmalexposition

- Narkotischer Effekt (Kategorie 3): Inhalation hoher Konzentrationen kann eine Depression des zentralen Nervensystems verursachen, die sich als Schwindel, Schläfrigkeit, Kopfschmerzen und Bewusstseinsstörung äußert.
- Herzwirkungen: Exposition mit hoher Konzentration kann Herzrhythmusstörungen verursachen, insbesondere unter Stress oder körperlicher Belastung (Katecholamin-Sensibilisierung).

11.9 STOT-Wiederholungsexposition

Wiederholte Exposition mit niedriger Konzentration zeigt keine signifikante Zielorgantoxizität. Langzeitige Inhalationsstudien an Tieren (hohe Konzentrationen) haben keinen klaren Organschaden gezeigt.

11.10 Aspirationsgefahr

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

12.1 Ökotoxizität

Akute Fischtoxizität (LC ₅₀ , 96 Std.)	> 100 mg/L (geringe Toxizität für Fische; basierend auf Daten der R134a-Komponente)
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: Die Komponenten werden hauptsächlich durch Reaktion mit Hydroxylradikalen abgebaut. Atmosphärische Lebensdauer: R32 ~5.2 Jahre, R125 ~29 Jahre, R134a ~14 Jahre; die gewichtete Lebensdauer des Gemischs ist relativ lang.
- Biologische Abbaubarkeit: Schwer biologisch abbaubar (nicht leicht durch Mikroorganismen abgebaut).
- Hydrolyse: Bei Umgebungstemperatur nicht leicht hydrolysiert.
- Photodegradation: Kann in der Atmosphäre photochemisch abgebaut werden.

12.3 Bioakkumulationspotenzial

Alle Komponenten haben niedrige log-P-Werte (0.7–1.5). 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 nicht die Kriterien für PBT (persistent, bioakkumulativ und toxisch) / vPvB (sehr persistent und sehr bioakkumulativ).

12.6 Weitere nachteilige Wirkungen

- **Ozonabbaupotenzial (ODP):** 0 (baut die Ozonschicht nicht ab; HFC-Klasse, kein ODS-Stoff)
- **Treibhauspotenzial (GWP, 100-Jahres-Zeithorizont):** ~1774 (bezogen auf CO₂ = 1, massengewichtet)
- Große Freisetzungen tragen zur globalen Erwärmung bei; Emissionen sollten vorrangig durch Rückgewinnung und Wiederverwendung kontrolliert werden.
- Keine durch das Montreal-Protokoll kontrollierte Substanz, jedoch ein im Kyoto-Protokoll und im Übereinkommen von Paris aufgeführte Treibhausgas. Nach der Kigali-Änderung zum Montreal-Protokoll werden HFC-Stoffe schrittweise reduziert.

13.1 Abfallbehandlungsmethoden

Produkt/Rückstände:

- Nicht direkt in die Atmosphäre freisetzen (Treibhausgas mit hohem GWP).
- Rückgewinnung und Recycling (Reinigung und Wiederverwendung) ist der bevorzugte Ansatz. Nach der Rückgewinnung müssen die Zusammensetzungsverhältnisse von R407C erneut überprüft werden.
- 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).
- Gute Belüftung sicherstellen, um Erstickung zu verhindern.
- Die Entsorgung muss durch eine qualifizierte und zugelassene Einrichtung erfolgen.
- Entsorgungsaufzeichnungen sollten geführt werden.

14 Angaben zum Transport

14.1 UN-Nummer

3162 (verflüssigtes Gas, nicht brennbar, nicht giftig, Gemisch)

14.2 UN-Versandbezeichnung

VERFLÜSSIGTES GAS, N.A.G. (enthält R32/R125/R134a-Gemisch)

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 Stahlzylinder. Zylinder müssen geltenden nationalen Normen entsprechen (z. B. GB 5099).
- Gängige Gebindegrößen: 13.6 kg, 100 kg, 400 kg, 800 kg Flaschen, Tonnenflaschen und ISO-Tankcontainer.
- Gewinderichtung des Zylinderventilausgangs: Rechtsgewinde für nicht entzündbare, nicht giftige Gase.

14.7 Besondere Anforderungen für verschiedene Transportarten

Straßentransport (GB/T 12268 / ADR):

- 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.

Schienentransport (RID):

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

Seetransport (IMDG-Code):

- UN 3162, Klasse 2.2
- Meeresschadstoff: Nein
- Stauklasse: A (an Deck oder unter Deck)

Lufttransport (ICAO/IATA DGR):

- UN 3162, Klasse 2.2
- Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas
- Zulässig in Passagier- und Frachtluftfahrzeugen (vorbehaltlich Mengenbeschränkungen)

14.8 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für den Nutzer

- Nicht zusammen mit Oxidationsmitteln, reaktiven Metallen oder Lebensmitteln/Futtermitteln transportieren.
- Fahrzeuge müssen mit geeigneter Feuerlösch- und Notfallausrüstung für Lecks ausgestattet 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 ausgestattet 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

Chinesische Vorschriften:

- Verordnung über das Sicherheitsmanagement gefährlicher Chemikalien (Staatsratsdekret Nr. 591)
- Katalog der gefährlichen Chemikalien (Ausgabe 2015): Komponenten wie R32 und R134a sind aufgeführt
- GB 30000-Reihe (Regeln für Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien)
- GB/T 16483-2008 (Inhalt und Reihenfolge der Abschnitte in Sicherheitsdatenblättern für Chemikalien)
- Verordnung über die sichere Verwendung von Chemikalien am Arbeitsplatz (Arbeitsministerium, 1996)
- GBZ 2.1-2019 (Berufsbedingte Expositionsgrenzwerte für gefährliche Stoffe am Arbeitsplatz — Teil 1: Chemische Stoffe)
- TSG 23-2021 (Sicherheitstechnische Vorschrift für Gasflaschen)
- Vorschriften über den Straßentransport gefährlicher Güter
- Gesetz der Volksrepublik China über Arbeitssicherheit
- Gesetz der Volksrepublik China zur Verhütung und Bekämpfung der Luftverschmutzung (einschließlich der Kontrolle von Treibhausgasen)
- Gesetz der Volksrepublik China zur Verhütung und Bekämpfung der Umweltverschmutzung durch feste Abfälle
- Verordnung über ozonabbauende Substanzen: keine kontrollierte Substanz (ODP = 0)

Internationale Vorschriften:

- **UN GHS (Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien):** 8. überarbeitete Ausgabe
- **Montreal-Protokoll:** Kein kontrollierter ozonabbauender Stoff (ODP = 0)
- **Kigali-Änderung zum Montreal-Protokoll:** HFC-Stoffe zur schrittweisen Reduzierung aufgeführt; R407C wird als Gemisch mit hohem GWP schrittweise durch Alternativen mit niedrigerem GWP ersetzt
- **Kyoto-Protokoll / Pariser Abkommen:** Als Treibhausgas aufgeführt (HFC-Klasse)
- **EU REACH-Verordnung (EG 1907/2006):** Alle Komponenten sind registrierte Stoffe
- **EU CLP-Verordnung (EG 1272/2008):** Verordnung über Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung
- **EU-F-Gas-Verordnung (EG 517/2014):** Kontrollen fluorierter Treibhausgase, einschließlich Quotenmanagement

- **US EPA SNAP-Programm:** Für verschiedene Kälteanwendungen zugelassen (einige Verwendungszwecke eingeschränkt)
- **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)

16 Weitere Informationen

16.1 Referenzen

- NIOSH-Taschenleitfaden zu chemischen Gefahren
- NOAA-CAMEO-Chemikaliensammlung
- PubChem-Verbindungsdatenbank (R32 CID 6225, R125 CID 9635, R134a CID 9661)
- ASHRAE Handbook – Kälteanlagen und Anwendungen
- ASHRAE-Norm 34 - Bezeichnung und Sicherheitsklassifizierung 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
- OSHA-Standard zur Gefahrenkommunikation (29 CFR 1910.1200)

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 %
TLV-TWA	Threshold Limit Value – zeitgewichteter Mittelwert
PEL	Zulässiger Expositionsgrenzwert
SCBA	Druckluft-Atemschutzgerät
PBT	Persistent, bioakkumulativ und toxisch
HFC	Hydrofluorcarbon
STOT	Spezifische Zielorgan-Toxizität
NOAEL	Höchste Dosis ohne beobachtete schädliche Wirkung
IARC	Internationale Agentur für Krebsforschung
ACGIH	Amerikanische Konferenz der staatlich-industriellen Hygieniker

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.