

Sicherheitsdatenblatt (SDS)

Kältemittelgemisch R404A (HFC-404A, R125/R143a/R134a = 44/52/4)

CAS-Nr.: Keine einheitliche CAS-Nr. (Gemisch); R125: 354-33-6; R143a: 420-46-2; R134a: 811-97-2 UN-Nr.: 3162

Ausstellungsdatum: 29. August 2026 Version: 1.0

1 Identifizierung

1.1 Produktidentifizierung

Chemische Bezeichnung	Kältemittelgemisch R404A (Gemisch aus Pentafluorethan/Trifluorethan/Tetrafluorethan)
Handelsnamen / Synonyme	R404A, HFC-404A, HFC404A, SUVA 404A, Genetron 404A, Forane 404A
CAS-Nummer	Keine einheitliche CAS-Nummer (Gemisch); R125: 354-33-6; R143a: 420-46-2; R134a: 811-97-2
UN-Nummer	3162 (Verflüssigtes Gas, n.a.g.)
Gefahrgutkennzeichen	Klasse 2.2 Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas
Summenformel	Gemisch ($\text{CHF}_2\text{CF}_3 + \text{CH}_3\text{CF}_3 + \text{CH}_2\text{FCF}_3$)
Molekulargewicht	97.6 g/mol (Gemischmittelwert)
Empfohlene Verwendung	Kältemittel für Gewerbekälte, Kühlketten-Transport und Supermarkt-Kälteanlagen; Ersatz für R502 und 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)

Lieferanten-Notfallkontakt: +86-571-87024025

2

Identifizierung der Gefahren

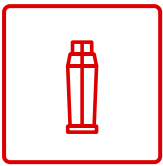
2.1 GHS-Einstufung

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.

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 (>300 °C) unter Bildung giftiger und korrosiver Gase (Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid usw.).
- Behälter können beim Erhitzen durch steigenden Innendruck bersten oder explodieren.
- R404A ist keine ozonabbauende Substanz (ODP = 0), jedoch ein Treibhausgas mit hohem GWP (GWP = 3922), das in der EU und anderen Regionen schrittweise reduziert wird.

3 Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoff/Gemisch

Dieses Produkt ist ein Gemisch (zeotropes/near-azeotropes Gemisch).

3.2 Zusammensetzungsangaben

Bezeichnung des Bestandteils	CAS-Nr.	Konzentration (Massenanteil)	Summenformel
Pentafluorethan (R125 / HFC-125)	354-33-6	44%	CHF_2CF_3
1,1,1-Trifluorethan (R143a / HFC-143a)	420-46-2	52%	CH_3CF_3
1,1,1,2-Tetrafluorethan (R134a / HFC-134a)	811-97-2	4%	CH_2FCF_3

3.3 Verunreinigungsangaben

Verunreinigung	Spezifikationsgrenzwert
Säuregehalt (als HCl)	≤ 1 ppm
Feuchte	≤ 10 ppm
Verdampfungsrückstand	≤ 100 ppm
Nicht kondensierbares Gas (25 °C, Vol.-%)	$\leq 1.5\%$
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.
- Thermische Zersetzungsprodukte: HF kann Reizungen der Atemwege und Lungenödem 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.
- Bei Verdacht auf thermische Zersetzungsprodukte (HF) auf verzögert auftretendes Lungenödem überwachen; Verabreichung von Kortikosteroiden und Bronchodilatoren in Erwägung ziehen.

5 Maßnahmen zur Brandbekämpfung

5.1 Löschmittel

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

Ungeeignete Löschmittel: Keine spezifischen Gegenanzeigen.

5.2 Besondere Gefahren durch den Stoff oder das Gemisch

- Nicht entzündbar. Kein Flammpunkt. Keine Explosionsgrenzen.
- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen (>300 °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.
- Freisetzung 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: Die Dampfdichte von R404A beträgt etwa das 3,4-Fache der von Luft; der Dampf 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.
- R404A ist ein zeotropes Gemisch; Befüllung und Rückgewinnung in flüssiger Phase durchführen, um eine gleichbleibende Zusammensetzung zu gewährleisten.

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.
- Füllkoeffizient darf 1,1 kg/L nicht überschreiten.
- Klare Sicherheitswarnzeichen in Lagerbereichen anbringen.

- Zwei-Personen-Annahme/-Ausgabe und Zwei-Personen-Aufbewahrungssystem einführen.

7.3 Spezifische Endverwendungen

Nur für die industrielle Verwendung. Das Personal muss fachkundig geschult sein. R404A wird in erster Linie in der Gewerbekälte und in Kühlkettenanlagen als Ersatz für R502 und R22 eingesetzt. Nicht für direkten Lebensmittelkontakt, medizinische Inhalation oder andere nicht zugelassene Anwendungen verwenden.

8 Expositionskontrollen/Personalschutz

8.1 Kontrollparameter

China OEL (Arbeitsplatzgrenzwert)	Kein festgelegter gesetzlicher Grenzwert. Empfohlene Referenz: ACGIH TLV 1000 ppm (TWA, 8 Std.)
ACGIH TLV-TWA (USA)	1000 ppm (alle Komponenten), zeitgewichteter 8-Stunden-Mittelwert
OSHA PEL-TWA (USA)	1000 ppm, 8-stündiger zeitgewichteter Mittelwert
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); Infrarotspektroskopie; Halogenid-Prüfröhrchen.

8.3 Geeignete technische Schutzmaßnahmen

- Geschlossenes Prozessdesign mit Allgemeinbelüftung oder örtlicher Absaugung.
- Sicherheitsdusche und Augenspülstation bereitstellen.
- Gaswarnalarme in Bereichen installieren, in denen größere Lecks auftreten können.
- 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	-139 °C (Gemisch, Näherungswert)
Siedepunkt / Siedebereich (101.3 kPa)	-46.5 °C (-51.7 °F) (zeotropes Gemisch, Siedebereich)
Flammpunkt	Keiner (nicht entzündbares Gas)
Verdunstungsrate	Nicht verfügbar
Entzündbarkeit (Gas)	Nicht entzündbar
Explosionsgrenzen (oben/unten)	Nicht anwendbar (nicht entzündbares Gas)
Dampfdruck (25 °C)	1280 kPa (Sättigungsdampfdruck)

Dampfdichte (Luft = 1)	~3.4 (schwerer als Luft)
Relative Dichte (flüssig, 25 °C)	1.057 g/cm ³
Löslichkeit	Wenig löslich in Wasser; löslich in Ethanol, Ether und anderen organischen Lösungsmitteln
Octanol/Wasser-Verteilungskoeffizient (log P)	~1.03 (Gemisch, Näherungswert)
Selbstentzündungstemperatur	Nicht anwendbar (nicht entzündbar)
Zersetzungstemperatur	>300 °C Beginn der thermischen Zersetzung
Viskosität (Gas, 25 °C)	~12.0 µPa·s
Oberflächenspannung (flüssig, 25 °C)	~7.0 mN/m
Brechungsindex (Gas, 25 °C)	1.0007

9.2 Thermodynamische Eigenschaften

Kritische Temperatur	72.1 °C (161.8 °F) (Gemisch, Näherungswert)
Kritischer Druck	3750 kPa (3.75 MPa / 544.0 psia)
Kritische Dichte	0.485 g/cm ³
Verdampfungswärme (am Siedepunkt)	201 kJ/kg
Flüssige spezifische Wärmekapazität (25 °C)	1.71 kJ/(kg·°C)
Henry-Konstante (25 °C)	1.0×10^{-3} mol/(m ³ ·Pa)

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)	3922 (Treibhausgas; siehe Abschnitt 12.6)

Temperaturglide	~0.5–1.0°C (zeotrop; beim Verdampfen/Kondensieren tritt ein Temperaturglide auf)
-----------------	--

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. R404A ist ein zeotropes Gemisch; beim Verdampfen und Kondensieren kommt es zu einer gewissen Zusammensetzungsverschiebung (Temperaturglide).

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen (>300 °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 (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 (Gemisch, höchste geprüfte Konzentration)
---	--

R125-Komponente: Inhalation LC Ratte ₅₀ (4 Std.)	>800,000 ppm
R143a-Komponente: Inhalation LC Ratte ₅₀ (4 Std.)	>540,000 ppm
R134a-Komponente: Inhalation LC Ratte ₅₀ (4 Std.)	>500,000 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.

11.4 Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut

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

11.5 Keimzellmutagenität

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

11.6 Krebserzeugendheit

Für alle Komponenten liegen keine ausreichenden Belege für Kanzerogenität vor.

- IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung): Keine Komponente ist aufgeführt
- ACGIH (Amerikanische Konferenz der staatlich-industriellen Hygieniker): Alle Komponenten Kategorie A4 (nicht als krebserzeugend für den Menschen einstuftbar)
- EPA (US-Umweltschutzbehörde): Alle Komponenten Gruppe D (nicht hinsichtlich Kanzerogenität beim Menschen einstuftbar)

11.7 Reproduktionstoxizität

Tierstudien zu allen Komponenten zeigen bei hohen Konzentrationen keine signifikante Reproduktions- oder Entwicklungstoxizität. 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

Alle Komponenten: wiederholte Exposition gegenüber niedrigen Konzentrationen zeigt keine signifikante Zielorgan-Toxizität. Langzeit-Inhalationsstudien an Tieren (hohe Konzentrationen) haben keine eindeutigen Organschäden gezeigt.

11.10 Aspirationsgefahr

In gasförmigem Zustand ist nicht mit einer Aspirationspneumonie zu rechnen. Das Einatmen hoher Konzentrationen kann jedoch eine Dämpfung des Zentralnervensystems und eine kardiale Sensibilisierung verursachen. Thermische Zersetzungsprodukte (HF) können schwere Verletzungen der Atemwege und verzögert auftretendes Lungenödem 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 von R125: erfolgt hauptsächlich durch Reaktion mit Hydroxylradikalen; atmosphärische Lebensdauer ~28.4 Jahre.
- Atmosphärischer Abbau von R143a: erfolgt hauptsächlich durch Reaktion mit Hydroxylradikalen; atmosphärische Lebensdauer ~52 Jahre.
- Atmosphärischer Abbau von R134a: erfolgt hauptsächlich durch Reaktion mit Hydroxylradikalen; atmosphärische Lebensdauer ~14 Jahre.
- 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

$\log P \approx 1.03$. 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):** 3922 (bezogen auf $\text{CO}_2 = 1$)
- Große Freisetzungen tragen erheblich zur globalen Erwärmung bei; Emissionen sind streng zu begrenzen, wobei Rückgewinnung und Wiederverwendung Vorrang haben.
- Kein kontrollierter Stoff gemäß Montreal-Protokoll, jedoch ein Treibhausgas, das im Kyoto-Protokoll und Pariser Abkommen aufgeführt ist.
- Die EU-F-Gas-Verordnung und die Kigali-Änderung schreiben die schrittweise Reduzierung von HFC-Stoffen vor. R404A unterliegt aufgrund seines hohen GWP strengen Beschränkungen.

13 Entsorgungshinweise

13.1 Abfallbehandlungsmethoden

Produkt/Rückstände:

- Nicht direkt in die Atmosphäre freisetzen (Treibhausgas, $\text{GWP} = 3922$).
- 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).
- 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, n.a.g.; Kältemittelgemisch R404A)

14.2 UN-Versandbezeichnung

VERFLÜSSIGTES GAS, N.A.G. (Kältemittelgemisch R404A)

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: 10.9 kg, 22.7 kg, 50 kg, 100 kg Flaschen; Rückgewinnungsflaschen.
- Füllkoeffizient darf 1.1 kg/L nicht überschreiten.
- Gewinderichtung des Flaschenventilauslasses: Rechtsgewinde für nicht brennbare, nicht giftige Gase. R404A verwendet einen speziellen Ventilanschluss.

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.

Schienentransport:

- 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 Feuerlöschschrüstung 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

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

- **Kyoto-Protokoll / Pariser Abkommen:** Als Treibhausgas aufgeführt (HFC-Klasse)
- **EU REACH-Verordnung (EG 1907/2006):** Komponenten als Stoffe registriert
- **EU CLP-Verordnung (EG 1272/2008):** Verordnung über Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung
- **EU-F-Gas-Verordnung (EG 517/2014):** Kontrollen fluorierter Treibhausgase; R404A unterliegt wegen des hohen GWP strengen Beschränkungen (ab 2020 in neuen Gewerbekälteanlagen verboten)
- **US EPA SNAP-Programm:** R404A für bestimmte Kälteanwendungen eingeschränkt oder verboten
- **US AIM Act:** Schrittweise Reduzierung von HFC
- **US OSHA HCS 2012:** Gefahrenkommunikations-Standard
- **US DOT 49 CFR:** Vorschriften für den Gefahrguttransport
- **ADR/RID:** Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße/Schiene
- **IMDG-Code:** Internationale Gefahrgutvorschriften für die Seeschifffahrt (IMDG-Code)
- **IATA DGR:** Gefahrgutvorschriften der Internationalen Luftverkehrs-Vereinigung (IATA-DGR)

15.2 Chemikalien-Sicherheitsbewertung

Für dieses Gemisch wurde im Rahmen dieses Sicherheitsdatenblatts keine chemische Sicherheitsbewertung durchgeführt. Anwender sollten eine eigene Bewertung auf Grundlage der spezifischen Verwendungsbedingungen vornehmen.

16 Weitere Informationen

16.1 Referenzen

- NIOSH-Taschenleitfaden zu chemischen Gefahren
- NOAA-CAMEO-Chemikaliensammlung
- PubChem-Verbindungsdatenbank (R125: CID 6448; R143a: CID 6776; R134a: CID 9661)
- ASHRAE Handbook – Kälteanlagen und Anwendungen
- ANSI/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

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
n.o.s.	Nicht anderweitig genannt
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.