

Sicherheitsdatenblatt (SDS)

Kältemittel R449A (HFC/HFO-Gemisch, R32/R125/R1234yf/R134a = 25.3/24.4/24.7/25.6, A2L mild entzündlich)

UN-Nr.: 3161 Datum: 29. August 2026 Version: V1.0

1 Identifizierung

1.1 Produktidentifizierung

Chemische Bezeichnung (EN)	Kältemittel R449A (Gemisch aus Difluormethan/Pentafluorethan/2,3,3,3-Tetrafluorpropen/1,1,1,2-Tetrafluorethan)
Handelsname / Synonyme	R449A, Opteon XP40, Forane 449A, HFO-449A
CAS-Nr.	Keine einheitliche CAS-Nummer (Gemisch; CAS-Nummern der Bestandteile in Abschnitt 3)
UN-Nr.	3161 (Verflüssigtes Gas, entzündlich)
Gefahrgutklasse	Klasse 2.1 Entzündliches Gas
Gemischtyp	Zeotropes Gemisch (Temperaturglide ~1 °C)
Molmasse	85.26 g/mol
Hauptverwendung	Umweltfreundlicher Ersatz für R404A/R507A in der gewerblichen Kälteerzeugung für mittlere und niedrige Temperaturen (GWP um ~67 % reduziert)

1.2 Hersteller / Lieferantenangaben

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 Notruftelefon

2 Identifizierung der Gefahren

2.1 GHS-Einstufung der Gefahren

Gefahreneinstufung:

- Entzündbares Gas (Physikalische Gefahr) — Kategorie 2
- Gase unter Druck (Physikalische Gefahr) — Verflüssigtes Gas
- Spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition (Gesundheitsgefahr, narkotische Wirkungen) — Kategorie 3

Hinweis: R449A ist ein A2L-klassifiziertes Kältemittel (mild entzündlich, geringe Toxizität). Der Entzündlichkeitsbereich ist sehr schmal (~12.3%–14.3%), mit einer geringen Abbrandgeschwindigkeit (≤ 10 cm/s), was zu einem geringen praktischen Brandrisiko führt. Erfrierungen durch Kontakt der Flüssigkeit mit Haut/Augen 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.
- H336** Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Hinweis: Die Einstufung H221 basiert auf der A2L-mild entzündlichen Eigenschaft. R449A hat einen sehr schmalen Entzündlichkeitsbereich (~12.3%–14.3%) und eine geringe Abbrandgeschwindigkeit, was zu einem praktischen Brandrisiko führt, das weit unter dem von Gasen der Klasse A2/A3 liegt.

Sicherheitshinweise:

- P102** Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.
- P210** Von Hitze, Funken, offenen Flammen und heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.
- P271** Nur im Freien oder in gut belüfteten Räumen verwenden.
- P280** Schutzhandschuhe/Schutzkleidung/Augenschutz/Gesichtsschutz tragen.

P304+P340BEI EINATMEN: Die Person an die frische Luft bringen und für ungehinderte Atmung sorgen.

P312 Bei Unwohlsein GIFTINFORMATIONSZENTRUM/Arzt/... anrufen.

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+P403Vor 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 entlang des Bodens bis zu entfernten Orten ausbreiten und dabei eine sauerstoffarme Umgebung schaffen.
- A2L-mild entzündliches Gas: Der Entzündlichkeitsbereich ist sehr schmal (~12.3%–14.3%), mit einer geringen Abbrandgeschwindigkeit (≤ 10 cm/s), was zu einem geringen praktischen Brandrisiko führt.
- Zeotropes Gemisch mit einem Temperaturslurp von etwa 1 °C; Befüllung in der Flüssigphase wird empfohlen.
- Bei hohen Temperaturen (>500 °C) erzeugt die thermische Zersetzung giftige und korrosive Gase (Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid usw.).
- Behälter, die Hitze ausgesetzt sind, steigen im Druck an, mit der Gefahr des Berstens und einer Explosion.
- Einatmen hoher Konzentrationen kann eine kardiale Sensibilisierung gegenüber Catecholaminen bewirken und potenziell Arrhythmien auslösen.

3 Zusammensetzung / Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoff / Gemisch

Dieses Produkt ist ein zeotropes Gemisch, das aus vier Kältemitteln besteht, mit einem Temperaturslurp von etwa 1 °C.

3.2 Bestandteilsinformationen

Bestandteilname	CAS-Nr.	Chemische Bezeichnung	Summenformel	Konzentration (Massenanteil)
R32	75-10-5	Difluormethan	CH ₂ F ₂	25.3%
R125	354-33-6	Pentafluorethan	C ₂ HF ₅ (CF ₃ CHF ₂)	24.4%

R1234yf	754-12-1	2,3,3,3-Tetrafluorprop-1-en	$C_3H_2F_4$ ($CF_3CF=CH_2$)	24.7%
R134a	811-97-2	1,1,1,2-Tetrafluoroethane	$C_2H_2F_4$ (CH_2FCF_3)	25.6%

3.3 Verunreinigungen

Verunreinigung	Grenzwert
Säuregehalt (als HCl)	≤ 1 ppm
Feuchte	≤ 10 ppm
Nichtflüchtiger Rückstand	≤ 100 ppm
Nicht kondensierbare Gase (25 °C, Volumenanteil)	$\leq 1.5\%$
Chloride	Bestanden

4 Erste-Hilfe-Maßnahmen

4.1 Beschreibung der erforderlichen Erste-Hilfe-Maßnahmen

Allgemeiner Rat: Sofort die betroffene Person aus dem kontaminierten Bereich entfernen. Warm und ruhig halten. Dieses Sicherheitsdatenblatt dem behandelnden Arzt vorlegen.

Einatmen:

- Bringen Sie den Patienten schnell an die frische Luft; halten Sie die Atemwege frei.
- Bei Atembeschwerden Sauerstoff verabreichen.
- Falls die Atmung ausgesetzt hat, künstliche Beatmung durchführen (Beatmungsbeutel oder Gesichtsmaske verwenden; Mund-zu-Mund-Beatmung vermeiden).
- Bei Herzstillstand sofort CPR durchführen.
- Halten Sie den Patienten warm und ruhig. Überwachen Sie seinen Zustand genau. Suchen Sie unverzüglich ärztliche Hilfe auf.

Hautkontakt (Erfrierung):

- Betroffene Stellen sofort mit großen Mengen lauwarmen Wassers (37–40 °C) spülen, um das Wiederaufwärmen zu fördern.
- Verwenden Sie kein heißes Wasser (>40 °C) und keine direkte Hitze. Reiben Sie die erfrorenen Stellen nicht.
- Entfernen Sie gefrorene Kleidung vorsichtig; falls Kleidung an der Haut klebt, nicht gewaltsam entfernen. Decken Sie die Wunde steril ab. Suchen Sie unverzüglich ärztliche Hilfe auf.

Augenkontakt:

- Augenlider sofort öffnen und mit großen Mengen fließendem Wasser oder Kochsalzlösung mindestens 15 Minuten lang spülen.
- Kontaktlinsen entfernen, sofern vorhanden und leicht möglich. Suchen Sie unverzüglich ärztliche Hilfe auf, vorzugsweise bei einem Augenarzt.

Verschlucken: Nicht anwendbar. Dieses Produkt ist bei Normaltemperatur ein Gas und stellt keine Verschluckungsgefahr dar.

4.2 Wichtigste Symptome und Gesundheitsschäden

- Akute Inhalation: Schwindel, Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Koordinationsverlust, Bewusstlosigkeit, Arrhythmie.
- Hautkontakt mit Flüssigkeit: Erfrierung (Hautaufweißung, Verhärtung, Schmerz, Blasenbildung).
- Augenkontakt mit Flüssigkeit: Schwere Erfrierung, Hornhautschäden, Sehbeeinträchtigung.

4.3 Hinweise auf ärztliche Soforthilfe und besondere Behandlung**Hinweise für den Arzt:**

- Symptomatische und unterstützende Behandlung durchführen; Atemwegsfreiheit aufrechterhalten; bei Bedarf Sauerstoff verabreichen.
- Herzfunktion überwachen; Exposition mit hoher Konzentration kann Arrhythmien verursachen.
- Catecholamin-haltige Arzneimittel wie Epinephrin vermeiden (können die myokardiale Empfindlichkeit gegenüber Fluorkohlenwasserstoffen erhöhen und Kammerflimmern auslösen).
- Erfrierungen gemäß Standardprotokollen behandeln; mit lauwarmem Wasser (37–40 °C) wiederaufwärmen; keine trockene Hitze oder Reiben verwenden.
- Bei Verdacht auf Exposition gegenüber thermischen Zersetzungsprodukten (HF) Blut- und Urin-Fluoridspiegel überwachen; Calciumgluconat-Therapie verabreichen.

5 Maßnahmen zur Brandbekämpfung**5.1 Löschmittel**

Geeignete Löschmittel: Wassersprühstrahl, Trockenlöschpulver, Kohlendioxid, Schaum. Bei A2L-mild entzündlichem Gas die Gasquelle vor dem Löschen des Feuers absperren.

Ungeeignete Löschmittel: Keine besonderen Einschränkungen.

5.2 Besondere Gefahren durch den Stoff

- A2L-mild entzündliches Gas: Kann innerhalb eines bestimmten Konzentrationsbereichs in Luft entzündet werden (Entzündlichkeitsbereich ~12.3%–14.3%, sehr schmal); geringe Abbrandgeschwindigkeit (≤ 10 cm/s).

- Das praktische Brandrisiko ist gering, doch ist der Kontakt mit starken Zündquellen in geschlossenen Räumen zu vermeiden.
- Bei hohen Temperaturen ($>500\text{ °C}$) erzeugt die thermische Zersetzung giftigen Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid und andere korrosive, schädliche Gase.
- Behälter, die Hitze ausgesetzt sind, können im Innendruck ansteigen und bersten.
- Kann unter bestimmten Bedingungen mit Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Aluminiumpulver reagieren.

5.3 Gefährliche Verbrennungsprodukte

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

5.4 Hinweise zur Brandbekämpfung und Schutzausrüstung

- Feuerwehrleute müssen eine Feuerweherschutzausrüstung mit positivem Druck (SCBA) und vollständige Schutzausrüstung zur Brandbekämpfung tragen.
- Behälter aus dem Brandbereich entfernen, sofern dies sicher möglich ist. Behälter im Brandbereich mit Wasser abkühlen, bis das Feuer gelöscht ist.
- Sofort evakuieren, wenn Behälter im Brand Verfärbungen zeigen oder Sicherheitsventile ansprechen.
- **Ein ausströmendes Gasfeuer nicht löschen, bis die Gasquelle gestoppt werden kann (P377);** andernfalls kann sich entzündliches Gas wieder ansammeln und eine erneute Entzündung oder Explosion verursachen.
- Alle Zündquellen beseitigen, sofern sicher möglich (P381).

6 Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung

6.1 Persönliche Vorsichtsmaßnahmen, Schutzausrüstung und Notfallverfahren

- Personal schnell aus dem Leckbereich an einen windzugewandten Ort evakuieren; Bereich abgrenzen und den Zutritt streng beschränken.
- Notfallhelfer sollten positive Selbstständige Atemschutzgeräte (SCBA), allgemeine Arbeitskleidung, kryogene Schutzhandschuhe und Sicherheitsbrillen tragen.
- Von windzugewandter Seite an den Ort herangehen. Leckquelle absperren, falls möglich. Das ausgetretene Material nicht berühren oder durchqueren.
- **Alle Zündquellen beseitigen** (offene Flammen, elektrische Funken, statische Elektrizität usw.); keine Werkzeuge verwenden, die Funken erzeugen können.

6.2 Umweltbezogene Vorsichtsmaßnahmen

- Verhindern, dass Gas in Kanalisation, Kellerräume oder geschlossene Bereiche gelangt. Für ausreichende Belüftung zur Verteilung sorgen.

- Bei großen Lecks Treibhausgasemissionen kontrollieren; so viel wie möglich zurückgewinnen und behandeln. Freisetzung in die Atmosphäre, Gewässer und Boden vermeiden.

6.3 Eindämmung, Reinigungsmethoden und -mittel

- **Kleine Lecks:** Belüftung verstärken, um die Gasverteilung zu beschleunigen. Sauerstoffgehalt und Konzentrationen entzündlicher Gase überwachen, um Erstickung und Verbrennung zu verhindern.
- **Große Lecks:** Das Ventil der Leckquelle schließen (sofern sicher bedienbar). Ein dediziertes Gasrückgewinnungssystem zur Rückgewinnung nutzen. Ist eine Rückgewinnung nicht möglich, mit Wassersprühstrahl verdünnen. Kann das Zylinderventil nicht geschlossen werden, Zylinder in alkalische wässrige Lösung eintauchen zur Absorptionsbehandlung.
- **Zylinder-Leckbeseitigung:** Zylinder an einen belüfteten, sicheren Ort bringen und langsam ablassen; lässt sich das Ventil nicht schließen, Lieferanten für fachgerechte Handhabung kontaktieren.

6.4 Referenz

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

Besondere Warnung: Die Dampfdichte von R449A beträgt etwa das 2.9-Fache der von Luft und reichert sich in tiefliegenden Bereichen und geschlossenen Räumen an, wodurch eine sauerstoffarme Umgebung entsteht und möglicherweise entzündliche Konzentrationen erreicht werden. Vor dem Betreten geschlossener Räume oder tiefliegender Bereiche müssen Sauerstoffgehalte ($\geq 19.5\%$) und Konzentrationen entzündlicher Gase (unter 20 % des UEG) geprüft werden, wobei eine Sicherheitsbegleitung anwesend sein muss. Alle Zündquellen beseitigen.

7

Handhabung und Lagerung

7.1 Vorsichtsmaßnahmen bei der Handhabung

- In geschlossenen Systemen mit ausreichender natürlicher oder örtlicher Abluftbelüftung betreiben.
- Bediener müssen speziell geschult sein, Betriebsverfahren strikt befolgen und über entsprechende Zertifizierungen verfügen.
- **Von Hitze, Funken, offenen Flammen und heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.**
- Kontakt mit reaktiven Metallen und starken Oxidationsmitteln vermeiden. Zylinder schonend handhaben, um Beschädigungen an Zylindern und Zubehör zu verhindern.
- Den Arbeitsplatz mit Notfall-Ausstattung zur Leckbekämpfung ausstatten. Essen, Trinken und Rauchen am Arbeitsplatz sind streng untersagt.
- Bei der Handhabung von Flüssigkeit isolierende Handschuhe und Schutzbrille tragen, um Erfrierungen zu vermeiden.
- Explosionsgeschützte Lüftungssysteme und -geräte verwenden. Funkenfreie Werkzeuge und Geräte verwenden.

- Dichtungen von Zylindern, Ventilen und Rohrleitungen regelmäßig prüfen. Gute Arbeitsplatzbelüftung aufrechterhalten, um eine Ansammlung von Gas bis zu entzündlichen Konzentrationen zu verhindern.
- Als zeotropes Gemisch in der Flüssigphase befüllen, um die Zusammensetzungskonsistenz sicherzustellen.

7.2 Sichere Lagerungsbedingungen, einschließlich Unverträglichkeiten

- In einem kühlen, trockenen, gut belüfteten, speziellen Lager für entzündliche Gase lagern. Die Lagertemperatur sollte 45 °C nicht überschreiten. Von Feuer und Wärmequellen fernhalten; direkte Sonneneinstrahlung vermeiden.
- Getrennt von Oxidationsmitteln und reaktiven Metallen lagern. Zylinder sollten aufrecht mit Ventilkappen und stoßdämpfenden Ringen angebracht und sicher befestigt gelagert werden.
- Explosionsgeschützte Beleuchtungs- und Lüftungseinrichtungen verwenden. **Keine mechanischen Einrichtungen und Werkzeuge verwenden, die Funken erzeugen können.**
- Füllkoeffizient nicht größer als 1.0 kg/L. Lagerbereiche sollten gut sichtbare Sicherheitswarzeichen sowie Detektions- und Alarmgeräte für entzündliche Gase aufweisen. Zweipersonen-Empfang und Zweipersonen-Aufbewahrungssysteme anwenden.

7.3 Spezifische Endverwendungen

Nur für die industrielle und gewerbliche Kälteerzeugung; Anwender müssen fachgerecht geschult sein. R449A ist ein umweltfreundlicher Ersatz für R404A/R507A mit um etwa 67 % reduziertem GWP, geeignet für gewerbliche Kälteanlagen bei mittleren und niedrigen Temperaturen. Nicht zugelassen für direkten Lebensmittelkontakt, medizinische Inhalation oder andere nicht zugelassene Verwendungen.

8

Expositionskontrollen / Personalschutz

8.1 Berufliche Expositionsgrenzwerte

China OEL	Kein gesetzlicher Grenzwert festgelegt. WEEL-Referenz: 500 ppm (TWA, 8 Stunden)
USA WEEL (R1234yf-Bestandteil)	500 ppm (TWA)
USA ACGIH TLV-TWA (R134a-Bestandteil)	1000 ppm (TWA)
Empfohlener OEL für das Gemisch	500 ppm (TWA, restriktivster Wert)
Biologischer Expositionsgrenzwert	Nicht festgelegt

Hinweis: Gemäß GBZ 2.1-2019 ist dieser Stoff derzeit nicht in der chinesischen Tabelle der beruflichen Expositionsgrenzwerte aufgeführt; für die Betriebsanleitung werden internationale Normen empfohlen.

8.2 Verfahren zur Expositionsüberwachung

Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektion (GC-FID) oder Massenspektrometrie (GC-MS); tragbare Halogen-/brennbare Gasdetektoren

8.3 Technische Maßnahmen

- Produktionsprozesse einkapseln; allgemeine oder örtliche Abluftbelüftung bereitstellen. Sicherheitsduschen und Augenspülstationen bereitstellen.
- In Bereichen, in denen große Lecks auftreten können, Detektions- und Alarmgeräte für entzündliche Gase (Alarm bei 20 % des UEG) installieren. Explosionsgeschützte Elektrogeräte verwenden.

8.4 Persönliche Schutzausrüstung (PSA)

Atemschutz:

- Normale Bedingungen: Kein besonderer Schutz erforderlich. Bei höheren Konzentrationen: Eine Halbmaske wird empfohlen. In Umgebungen mit hohen Konzentrationen oder bei Notfällen: Positive Selbstständige Atemschutzgeräte (SCBA) tragen.

Augenschutz:Sicherheitsbrille für allgemeine Tätigkeiten; chemische Schutzbrille oder Gesichtsschutz beim Umgang mit Flüssigkeit erforderlich, um Erfrierungen zu vermeiden.

Hautschutz:Antistatische Schutzhandschuhe für allgemeinen Umgang; kryogene isolierende Handschuhe beim Umgang mit Flüssigkeit. Antistatische Arbeitskleidung für Körperschutz; Kälteschutzkleidung beim Umgang mit Flüssigkeit.

8.5 Hygienemaßnahmen

- Kontaminierte Kleidung nach der Arbeit umgehend entfernen; Haut gründlich waschen. Gute persönliche Hygienegewohnheiten beibehalten. Den Arbeitsplatz mit Augenspülstationen und Notduschen ausstatten.

9

Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Grundlegende physikalische und chemische Eigenschaften

Aussehen	Farbloses Gas mit leicht ätherischem Geruch; bei Normaltemperatur und -druck gasförmig; farblose transparente Flüssigkeit unter Druck
Geruchsschwelle	Keine Daten verfügbar (leichter ätherischer Geruch)
pH	Nicht anwendbar (Gas)
Schmelzpunkt / Gefrierpunkt	Kein definierter Schmelzpunkt (Gemisch)

Siedepunkt / Siedebereich (101.3 kPa)	-43.6 °C (-46.5 °F) (Siedebeginn, Temperaturglide ~1 °C)
Flammpunkt	Keiner (nicht anwendbar für Gas, aber als mild entzündlich eingestuft)
Verdunstungsgeschwindigkeit	Keine Daten verfügbar
Entzündlichkeit (Gas)	Mild entzündlich (A2L)
Obere/Untere Explosionsgrenzen	~12.3%–14.3% (in Luft, sehr schmaler Bereich)
Dampfdruck (25 °C)	1200 kPa
Dampfdichte (Luft = 1)	~2.9 (schwerer als Luft)
Relative Dichte (flüssig, 25 °C)	1.152 g/cm ³
Löslichkeit	Wenig löslich in Wasser; löslich in Ethanol, Diethylether und anderen organischen Lösungsmitteln
Verteilungskoeffizient (log P)	Keine Daten verfügbar (Gemisch)
Zündtemperatur	~600 °C (geschätzt)
Zersetzungstemperatur	>500 °C (thermische Zersetzung beginnt)
Viskosität (Gas, 25 °C)	~12.5 µPa·s
Oberflächenspannung (25 °C, flüssig)	~6.5 mN/m
Abbrandgeschwindigkeit	≤10 cm/s (A2L-Klassenanforderung)

9.2 Thermodynamische Eigenschaften

Kritische Temperatur	83.5 °C (182.3 °F)
Kritischer Druck	~4500 kPa (4.50 MPa / 653 psia)
Kritische Dichte	~0.470 g/cm ³
Verdampfungswärme (beim Siedepunkt)	~170 kJ/kg
Flüssige spezifische Wärmekapazität (25 °C)	~1.55 kJ/(kg·°C)

Spezifische Wärmekapazität des Gases (25 °C, konstanter Druck)	~0.95 kJ/(kg·°C)
--	------------------

9.3 Weitere Sicherheitsdaten

ASHRAE-Sicherheitsklasse	A2L (mild entzündlich, geringe Toxizität)
Ozonabbaupotenzial (ODP)	0 (baut die Ozonschicht nicht ab)
Treibhauspotenzial (GWP, 100 Jahre)	1273 (um ~67 % reduziert gegenüber R404A/R507A)
Atmosphärische Lebensdauer	~11.8 Jahre
Temperaturglide	~1 °C (zeotropes Gemisch)

10 Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität

Chemisch stabil bei Normaltemperatur und -druck; neigt nicht zu chemischen Reaktionen.

10.2 Chemische Stabilität

Stabil bei Normaltemperatur und -druck. Der R1234yf-Bestandteil enthält eine Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindung und baut sich in der Atmosphäre relativ schnell ab, bleibt jedoch unter normalen Lagerungs- und Verwendungsbedingungen stabil.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen (>500 °C) erzeugt giftigen Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid und Carbonylfluorid.
- Kann bei hohen Temperaturen oder unter bestimmten Bedingungen mit Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Aluminiumpulver reagieren.
- Die R32- und R1234yf-Bestandteile können unter bestimmten Bedingungen entzündliche Gemische mit Luft bilden (A2L-mild entzündliche Eigenschaft).

10.4 Zu vermeidende Bedingungen

Hohe Temperatur, offene Flammen, direkte Wärmequellen, Überdruck im Zylinder, starke Zündquellen

10.5 Unverträgliche Materialien

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

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte

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

10.7 Polymerisationsgefahr

Polymerisiert nicht.

11 Toxikologische Informationen

11.1 Akute Toxizität

Ratten-Inhalation LC ₅₀ (4 Std.)	> 500,000 ppm
R32-Bestandteil Ratten-LC ₅₀ (4 Std.)	> 1,000,000 ppm
R125-Bestandteil Ratten-LC ₅₀ (4 Std.)	> 800,000 ppm
R1234yf-Bestandteil Ratten-LC ₅₀ (4 Std.)	> 520,000 ppm
R134a-Bestandteil Ratten-LC ₅₀ (4 Std.)	> 500,000 ppm
Kaninchen dermal LD ₅₀	Keine Daten (gasförmiger Stoff)

11.2 Hautreizung / -ätzung

Kontakt mit Flüssigkeit kann Erfrierungen (physikalische Verletzung) verursachen, doch der Stoff ist nicht als chemisch ätzend eingestuft.

11.3 Augenreizung / -ätzung

Kontakt mit Flüssigkeit kann schwere Erfrierungen und Hornhautschäden verursachen.

11.4 Sensibilisierung der Atemwege oder der Haut

Keine Sensibilisierung berichtet.

11.5 Keimzellmutagenität

Alle Bestandteile zeigten in vitro und in vivo keine mutagenen Wirkungen.

11.6 Krebserzeugendheit

Keiner der Bestandteile ist von IARC, ACGIH oder anderen Behörden als kanzerogen aufgeführt. IARC: Nicht aufgeführt; ACGIH: Gruppe A4; EPA: Gruppe D.

11.7 Reproduktionstoxizität

Tierstudien zeigten bei hohen Konzentrationen keine signifikante reproduktive oder entwicklungstoxische Wirkung.

11.8 Spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition

- Narkotische Wirkungen (Kategorie 3): Einatmen hoher Konzentrationen kann eine Depression des Zentralnervensystems verursachen.
- Kardiale Effekte: Exposition mit hoher Konzentration kann Arrhythmien verursachen (Catecholamin-Sensibilisierung).

11.9 Spezifische Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition

Wiederholte Exposition mit niedriger Konzentration zeigte keine signifikante Zielorgantoxizität.

11.10 Aspirationsgefahr

Im gasförmigen Zustand ist eine Aspirationspneumonie unwahrscheinlich. Einatmen hoher Konzentrationen kann eine Depression des Zentralnervensystems und kardiale Sensibilisierung verursachen.

12 Ökologische Informationen

12.1 Ökotoxizität

Akute Fischgiftigkeit (LC ₅₀ , 96 h)	> 100 mg/L (geringe Toxizität für Fische)
Akute Daphnien-Toxizität (EC ₅₀ , 48 h)	> 100 mg/L
Algenwachstumshemmung (EC ₅₀ , 72 h)	> 100 mg/L

12.2 Persistenz und Abbaubarkeit

- Atmosphärischer Abbau: Der R1234yf-Bestandteil baut sich schnell ab (~11 Tage); die R32- und R125-Bestandteile bauen sich langsamer ab. Die gesamte atmosphärische Lebensdauer des Gemischs beträgt etwa 11.8 Jahre.
- Biologische Abbaubarkeit: Nicht leicht biologisch abbaubar.

12.3 Bioakkumulationspotenzial

Alle Bestandteile haben niedrige log-P-Werte, was auf ein geringes Bioakkumulationspotenzial hinweist.

12.4 Mobilität im Boden

Als Gas ist es hochgradig flüchtig und mobil.

12.5 PBT- und vPvB-Bewertung

Erfüllt die PBT-/vPvB-Kriterien nicht.

12.6 Weitere nachteilige Umweltauswirkungen

- **ODP:0** (baut die Ozonschicht nicht ab)
- **GWP (100 Jahre):1273** (um ~67 % reduziert gegenüber R404A/R507A)
- Große Freisetzen tragen zur globalen Erwärmung bei; Emissionen sollten kontrolliert werden, wobei Rückgewinnung und Wiederverwendung Vorrang haben.
- Die R32- und R125-Bestandteile sind HFCs, die den Kontrollen des Kigali-Änderung unterliegen; R1234yf ist ein HFO mit sehr niedrigem GWP und unterliegt keinen Kontrollen.

13 Entsorgungshinweise

13.1 Abfallbehandlungsmethoden

Produkt / Rückstände:

- Direkte Freisetzung in die Atmosphäre ist streng untersagt (Treibhausgas). Recycling und Regeneration sind die bevorzugten Behandlungsmethoden.
- Ist Recycling nicht möglich, an eine qualifizierte Entsorgungsanlage für gefährliche Abfälle übergeben. Hochtemperatur-Verbrennung kann angewendet werden.
- Nicht in Kanalisation, Gewässer oder Boden einleiten.

Kontaminierte Verpackung: Leere Zylinder sollten an den Lieferanten oder eine qualifizierte Organisation zur Handhabung zurückgegeben werden; nicht ohne Genehmigung entsorgen oder zerschneiden.

13.2 Entsorgungsvorsichtsmaßnahmen

- Vor der Entsorgung nationale und örtliche Vorschriften konsultieren. Bediener sollten geeignete persönliche Schutzausrüstung tragen.
- Für ausreichende Belüftung sorgen, um Erstickung von Personal und Ansammlung entzündlicher Gase zu verhindern. Alle Zündquellen beseitigen.

14 Angaben zum Transport

14.1 UN-Nummer

3161 (Verflüssigtes Gas, entzündlich)

14.2 UN-Versandbezeichnung

VERFLÜSSIGTES GAS, ENTZÜNDLICH, N.A.G. (Kältemittelgas R449A)

14.3 Gefahrguttransportklasse

Klasse 2.1 Entzündliches Gas

14.4 Verpackungsgruppe

Nicht anwendbar (Gase der Klasse 2 haben keine Verpackungsgruppeneinstufung)

14.5 Gefahrzettel

- Hauptgefahrzettel: Zettel Entzündliches Gas (rot, Klasse 2.1)
- Nebengefahrzettel: Keiner

14.6 Verpackungsmethode

- Stahlzylinder (nahtlos), konform mit GB 5099 oder gleichwertigen Normen. Übliche Ausführungen: 11.4 kg, 13.6 kg, 50 kg, 100 kg Zylinder.
- Füllkoeffizient nicht größer als 1.0 kg/L. Gewinderichtung des Zylinderventilauslasses: Linksgewinde für entzündliche Gase.

14.7 Besondere Anforderungen für verschiedene Transportarten

Straßentransport (GB/T 12268 / ADR):

- Transportfahrzeuge müssen für den Gefahrguttransport zugelassen sein. Zylinder müssen mit Ventilkappen und stoßdämpfenden Ringen ausgestattet sein.
- Festgelegte Routen einhalten; Halten in Wohn- und dicht besiedelten Gebieten ist verboten. Auspuffrohre von Fahrzeugen müssen mit Flamm Sperren ausgestattet sein.

Eisentransport (RID):

- Kein Ablaufberghochbetrieb. Transport in gedeckten Wagen; Zylinder aufrecht oder horizontal gelagert und gesichert.

Seetransport (IMDG-Code):

- UN 3161, Klasse 2.1. Meeresschadstoff: Nein. Staukategorie: D (nur Decksladung).

Lufttransport (ICAO/IATA DGR):

- UN 3161, Klasse 2.1. Passagierflugzeug: Verboten. Frachtflugzeug: Zulässig (unter Vorbehalt von Verpackungsmengenbeschränkungen).

14.8 Transportvorsichtsmaßnahmen

- Nicht gemeinsam mit Oxidationsmitteln, reaktiven Metallen oder lebensmittelechten Chemikalien transportieren.
- Transportfahrzeuge sollten mit Feuerlösch ausrüstung und Notfall-Ausrüstung zur Leckbekämpfung ausgestattet sein. Transportpersonal muss zertifiziert sein.
- Während des Transports vor Sonneneinstrahlung, Regen und hohen Temperaturen schützen. Auspuffrohre von Fahrzeugen müssen mit Flamm Sperren ausgestattet sein. Beim Be- und Entladen sorgfältig handhaben.

15.1 Chinesische Vorschriften

- Verordnung über das Sicherheitsmanagement gefährlicher Chemikalien (Erlass des Staatsrats Nr. 591)
- Katalog gefährlicher Chemikalien (Ausgabe 2015): Gelistet
- Normen zur chemischen Einstufung und Kennzeichnung (GB 30000-Reihe)
- Sicherheitsdatenblatt für chemische Erzeugnisse – Inhalt und Reihenfolge (GB/T 16483-2008)
- Berufliche Expositionsgrenzwerte für Gefahrstoffe am Arbeitsplatz – Teil 1: Chemische Gefahrstoffe (GBZ 2.1-2019)
- Technische Vorschrift für die Sicherheit von Gasflaschen (TSG 23-2021)
- Produktsicherheitsgesetz der VR China; Gesetz der VR China zur Verhütung und Bekämpfung der Luftverschmutzung
- Umsetzungsplan zur Kigali-Änderung des Montreal-Protokolls (China): HFC-Bestandteile unterliegen der Kontrolle

15.2 Internationale Vorschriften

- **UN GHS:**8. überarbeitete Ausgabe
- **Montreal-Protokoll:**Kein ozonabbauender Stoff (ODP = 0)
- **Kigali-Änderung des Montreal-Protokolls:**R32- und R125-Bestandteile sind HFCs mit hohem GWP, die der Kontrolle unterliegen; R1234yf ist ein HFO, das nicht der Kontrolle unterliegt
- **EU-F-Gas-Verordnung (EU 517/2014):**R449A erfüllt die Kontingentanforderungen als Ersatz mit niedrigem GWP für R404A/R507A
- **EU REACH-/CLP-Verordnung**
- **US EPA SNAP-Programm:**Für die gewerbliche Kälterzeugung bei mittleren und niedrigen Temperaturen zugelassen
- **US AIM Act:**HFC-Reduzierungsprogramm
- **ADR/RID, IMDG-Code, IATA DGR**

16 Weitere Informationen

16.1 Referenzen

- ASHRAE-Norm 34-2024: Bezeichnung und Sicherheitsklassifizierung von Kältemitteln
- ASHRAE Handbook – Kälteanlagen und Anwendungen
- UNEP RTOC-Bewertungsbericht 2022
- GB/T 16483-2008 Sicherheitsdatenblatt für chemische Erzeugnisse – Inhalt und Reihenfolge
- GB-30000-Reihe Chemische Einstufungs- und Kennzeichnungsnormen
- UN Global Harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS), 8. überarbeitete Ausgabe

16.2 Abkürzungen

Abkürzung	Vollständiger Name
SDS/MSDS	Sicherheitsdatenblatt
GHS	Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien
CAS	Chemical Abstracts Service (Nummer)
UN	Vereinte Nationen (Gefahrgutnummer)
ODP	Ozonabbaupotenzial
GWP	Treibhauspotenzial
LC ₅₀	Letale Konzentration, 50 %
SCBA	Druckluft-Atemschutzgerät
HFC	Hydrofluorcarbon
HFO	Hydrofluorolefin
STOT	Spezifische Zielorgan-Toxizität

16.3 Haftungsausschluss

Dieses Sicherheitsdatenblatt (SDS) wurde gemäß GB/T 16483-2008 und den UN-GHS-Normen erstellt und dient als Leitfaden für die sichere Verwendung, Handhabung und Entsorgung des Produkts. Die Informationen dienen ausschließlich als Sicherheitsbetriebsleitfaden und stellen keine Garantie für Produktspezifikationen oder -leistung dar. Anwender sollten die Anwendbarkeit dieser Informationen auf der Grundlage ihrer spezifischen Verwendungsszenarien und örtlichen behördlichen Anforderungen beurteilen und erforderliche Sicherheitsvorkehrungen treffen. Der Ersteller übernimmt keine rechtliche Haftung für unmittelbare oder mittelbare Verluste, die aus der Verwendung der Informationen in diesem Dokument resultieren. Die Daten in diesem Dokument können bei neuen Forschungsergebnissen und sich entwickelnden Vorschriften aktualisiert werden; es wird empfohlen, regelmäßig die neueste Version zu prüfen.

Dieses Dokument wurde gemäß GB/T 16483-2008 und UN GHS 8. überarbeitete Ausgabe erstellt | Sicherheitsdatenblatt
Kältemittel R449A | Version V1.0