

Sicherheitsdatenblatt (SDS)

1,1,1,3,3-Pentafluorbutan (R365mfc / HFC-365mfc)

CAS-Nr.: 406-58-6 UN-Nr.: 3163 Ausstellungsdatum: 29. August 2026 Version: 1.0

1 Identifizierung

1.1 Produktidentifizierung

Chemische Bezeichnung	1,1,1,3,3-Pentafluorbutan
Handelsnamen / Synonyme	R365mfc, HFC-365mfc, Pentafluorbutan, HFC 365mfc, Genetron 365mfc
CAS-Nummer	406-58-6
UN-Nummer	3163 (Verflüssigtes Gas, n.a.g.)
Gefahrgutkennzeichen	Klasse 2.2 Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas (Hinweis: dieser Stoff ist entzündbar; der Transport erfordert besondere Brand-/Explosionsschutzvorkehrungen)
Summenformel	C ₄ H ₅ F ₅ (CF ₃ CH ₂ CF ₂ CH ₃)
Molekulargewicht	166.07 g/mol
Empfohlene Verwendung	Polyurethan-Schaumtreibmittel (Hauptverwendung), Kältemittel für Turbokältemaschinen, Aerosol-Treibgas, Bestandteil von Löschmitteln, Arbeitsfluid des organischen Rankine-Kreislaufs usw.

1.2 Angaben zum Lieferanten des Sicherheitsdatenblatts

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

1.3 Notrufnummer

2 Identifizierung der Gefahren

2.1 GHS-Einstufung

Gefahreneinstufung:

- Entzündbare Flüssigkeiten (Physikalische Gefahr) — Kategorie 2
- Hautreizung (Gesundheitsgefahr) — Kategorie 2
- Spezifische Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition (Gesundheitsgefahr, narkotischer Effekt) — Kategorie 3

Hinweis: R365mfc ist ein Kältemittel/Treibmittel der ASHRAE-Klasse A2 (entzündbar). Es ist bei Umgebungstemperatur flüssig (Siedepunkt 40.2°C) und hat einen Flammpunkt von -27°C, womit es als entzündbare Flüssigkeit eingestuft ist. Der Dampf kann explosive Gemische mit Luft bilden.

2.2 GHS-Kennzeichnungselemente



GHS02 Flamme



GHS07 Ausrufezeichen

Signalwort: GEFAHR

Gefahrenhinweise:

- H225** Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.
- H315** Verursacht Hautreizungen.
- H336** Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Sicherheitshinweise:

- P101** Bei ärztlichem Rat Behälter oder Kennzeichnung bereithalten.
- P102** Vor der Handhabung alle Sicherheitshinweise lesen und verstehen.
- P210** Von Hitze, heißen Oberflächen, Funken, offenen Flammen und anderen Zündquellen fernhalten. Nicht rauchen.
- 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+P235 Kühl an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

P501 Inhalt/Gefäß gemäß örtlichen Vorschriften entsorgen.

2.3 Sonstige Gefahren

- Der Dampf ist schwerer als Luft (~5.73-fache) und kann sich über große Entfernungen am Boden ausbreiten; eine Zündung an entfernter Stelle kann zurückschlagen.
- Hochentzündliche Flüssigkeit mit einem Flammpunkt von -27°C; Explosionsgrenzen 3.6%–13.3% (Vol. in Luft). Der Dampf bildet explosive Gemische mit Luft.
- Zersetzt sich bei hohen Temperaturen unter Bildung giftiger und korrosiver Gase (Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid usw.).
- Behälter können bei Erhitzung infolge erhöhten Innendrucks bersten oder zerreißen.
- Exposition gegenüber hohen Konzentrationen kann Herzrhythmusstörungen verursachen (kardiale Sensibilisierung).

3 Zusammensetzung/Angaben zu Bestandteilen

3.1 Stoff/Gemisch

Dieses Produkt ist ein reiner Stoff.

3.2 Zusammensetzungsangaben

Bezeichnung des Bestandteils	CAS-Nr.	Konzentration (Massenanteil)
1,1,1,3,3-Pentafluorbutan	406-58-6	≥99.5%

3.3 Verunreinigungsangaben

Verunreinigung	Spezifikationsgrenzwert
Säuregehalt (als HCl)	≤1 ppm
Feuchte	≤10 ppm
Verdampfungsrückstand	≤100 ppm
Nicht kondensierbares Gas	≤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:

- Kontaminierte Kleidung sofort ausziehen. Haut mit reichlich Seife und Wasser waschen.
- Bei Hautreizung oder Ausschlag ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen.
- Wenn Kontakt mit verflüssigtem Gas Erfrierungen verursacht hat, sofort mit lauwarmem Wasser (37–40°C) spülen, um die Wiedererwärmung zu fördern. Heißes Wasser oder direkte Wärme NICHT verwenden.
- Den erfrorenen Bereich NICHT reiben. Mit sterilem Verband abdecken. Sofort ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen.

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:

Dieser Stoff ist bei Umgebungstemperatur flüssig. Nach dem Verschlucken KEIN Erbrechen herbeiführen. Mund ausspülen, Wasser trinken geben (etwa 200–300 mL) und die Atemwege freihalten. Sofort ärztliche Hilfe in Anspruch nehmen. Wenn Erbrechen auftritt, die Person nach vorne überbeugen, um Aspiration zu verhindern.

4.2 Wichtigste akute und verzögerte Symptome und Wirkungen

- Akute Inhalation: Schwindel, Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Übelkeit, Ataxie, Bewusstseinsverlust, Herzrhythmusstörungen.
- Hautkontakt: Hautreizung, Rötung; Kontakt mit verflüssigtem Gas kann Erfrierungen verursachen.

- Augenkontakt: Reizung, Tränenfluss, Rötung; Kontakt mit verflüssigtem Gas kann schwere Erfrierungen und Hornhautschäden verursachen.
- Verschlucken: mögliche Magen-Darm-Reizung, Übelkeit, Erbrechen; Aspiration kann eine chemische Pneumonitis 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.
- Wenn sich nach dem Verschlucken eine Aspirationspneumonitis entwickelt, wie eine chemische Pneumonitis behandeln.

5 Maßnahmen zur Brandbekämpfung

5.1 Löschmittel

Geeignete Löschmittel:Alkoholbeständiger Schaum, Trockenlöschmittel, Kohlendioxid, Wasserdampf.

Ungeeignete Löschmittel:Direkter Wasserstrahl (bei Flüssigkeitsbränden kann ein Wasserstrahl das Feuer ausbreiten).

5.2 Besondere Gefahren durch den Stoff oder das Gemisch

- Hochentzündliche Flüssigkeit: Flammpunkt -27°C, Zündtemperatur 405°C, Explosionsgrenzen 3.6%–13.3% (Vol. in Luft).
- Der Dampf ist schwerer als Luft und kann sich in niedrigen Bereichen ansammeln; eine Zündung an entfernter Stelle kann zurückschlagen.
- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen erzeugt giftige und korrosive Gase: Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid, Carbonylfluorid usw.
- Behälter können bei Erhitzung infolge erhöhten Innendrucks bersten oder zerreißen.
- Kann unter bestimmten Bedingungen mit Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Aluminiumpulver reagieren.

5.3 Gefährliche Verbrennungsprodukte

Fluorwasserstoff (HF), Kohlenmonoxid (CO), Carbonylfluorid (COF₂) sowie weitere 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.
- Schaum oder Wassernebel verwenden; direkte Wasserstrahlen bei Flüssigkeitsbränden vermeiden.
- Verhindern, dass Löschwasser in Kanäle und Gewässer gelangt.

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.
- Alle Zündquellen beseitigen (offene Flammen, elektrische Funken, statische Elektrizität). Nur funkenfreie Werkzeuge verwenden.
- Einsatzkräfte sollten SCBA, antistatische Arbeitskleidung, Schutzhandschuhe und Augenschutz tragen.
- Aus windzugewandter Richtung herangehen.
- Leck stoppen, sofern dies sicher möglich ist.
- Nicht mit verschüttetem Material in Berührung kommen oder darüber laufen.

6.2 Umweltvorsichtsmaßnahmen

- Verhindern, dass Flüssigkeit in Kanäle, Keller oder geschlossene Räume gelangt (Explosionsgefahr durch Dampf).
- Eindringen in Gewässer, Boden und Entwässerungssysteme verhindern.
- Freisetzungen zur Begrenzung von Treibhausgasemissionen minimieren; nach Möglichkeit zurückgewinnen.
- Den Bereich gefahrlos belüften, um die Dampfverdünnung zu beschleunigen.

6.3 Methoden und Materialien zur Rückhaltung und Reinigung

- **Kleines Leck:** Mit Sand, Vermiculit oder anderem inertem Material aufsaugen. In verschlossenen Behältern sammeln. Belüftung erhöhen, um die Dampfverdünnung zu beschleunigen.
- **Großes Leck:**
 - Dämme errichten oder Gruben ausheben, um den Verschütteten Stoff aufzuhalten und die Ausbreitung zu verhindern.
 - Mit explosionsgeschützten Pumpen in Tankfahrzeuge oder spezielle Sammelbehälter umfüllen.
 - Mit spezieller Rückgewinnungsausrüstung zurückgewinnen.

- Mit Schaum abdecken, um die Dampfgefahr zu verringern.
- **Behälterleck:** Wenn der Behälter nicht verschlossen werden kann, den Lieferanten für professionelle Handhabung kontaktieren.

6.4 Referenz

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

Kritische Gefahr: Der Dampf von R365mfc ist etwa 5.73-mal schwerer als Luft und sammelt sich in niedrigen und geschlossenen Bereichen an. Der Dampf bildet explosive Gemische mit Luft (Explosionsgrenzen 3.6%–13.3%). Vor dem Betreten geschlossener oder niedriger Bereiche stets die Konzentration brennbarer Gase und den Sauerstoffgehalt prüfen und das Partnerprinzip 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.
- Von Feuer und Wärmequellen fernhalten. Rauchverbot in Arbeitsbereichen.
- Explosionsgeschützte Lüftungssysteme und Geräte verwenden. Das Eindringen von Dampf in die Arbeitsplatzatmosphäre verhindern.
- Kontakt mit Oxidationsmitteln und reaktionsfähigen Metallen vermeiden.
- Behälter vorsichtig handhaben; nicht fallen lassen, rutschen, rollen oder stoßen.
- Den Bereich mit geeigneter Brandbekämpfungsausrüstung und Ausrüstung für Leckagenotfälle ausstatten.
- In Arbeitsbereichen nicht essen oder trinken.
- Bei der Handhabung von Flüssigkeit Schutzhandschuhe und Augen-/Gesichtsschutz tragen, um Erfrierungen und Hautreizungen zu vermeiden.
- Bei der Befüllung die Fließgeschwindigkeit kontrollieren (nicht mehr als 3 m/s) und auf ordnungsgemäße Erdung achten, um statische Aufladung zu vermeiden.

7.2 Bedingungen für die sichere Lagerung, einschließlich Unverträglichkeiten

- In einem kühlen, trockenen, gut belüfteten Lagerhaus für entzündbare Flüssigkeiten lagern.
- Lagertemperatur sollte 30 °C nicht überschreiten. Von Feuer, Wärmequellen und direkter Sonneneinstrahlung fernhalten.
- Getrennt von Oxidationsmitteln und reaktiven Metallen lagern. Nicht zusammen mit unverträglichen Stoffen lagern.

- Der Lagerbereich sollte mit Leck-Notfallausrüstung und geeigneten Auffangmaterialien ausgestattet sein.
- Behälter müssen verschlossen und ordnungsgemäß gesichert sein, um Umkippen zu verhindern.
- Explosionsgeschützte Beleuchtung und Belüftungssysteme verwenden.
- Verwendung von Ausrüstung und Werkzeugen, die Funken erzeugen können, verbieten.
- In Lagerbereichen deutliche Warningschilder „Rauchen verboten / Offenes Feuer verboten“ anbringen.
- Zwei-Personen-Annahme/-Ausgabe und Zwei-Personen-Aufbewahrungssystem einführen.
- Den Lagerbereich mit geeigneter Brandbekämpfungsausrüstung ausstatten.

7.3 Spezifische Endverwendungen

Nur für den industriellen Einsatz. Personal muss fachlich geschult sein. Hauptsächlich als Treibmittel für Polyurethan-Hartschaum verwendet, auch als Kältemittel und Aerosol-Treibgas. Nicht für direkten Lebensmittelkontakt, medizinische Inhalation oder andere nicht zugelassene Anwendungen verwenden.

8

Expositionskontrollen/Personalschutz

8.1 Kontrollparameter

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

Hinweis: Gemäß GBZ 2.1-2019 ist dieser Stoff derzeit nicht in der chinesischen OEL-Liste aufgeführt. Der Verweis auf internationale Normen wird empfohlen. NOAEL = 26,000 ppm.

8.2 Expositionsüberwachungsmethoden

Gaschromatographie mit Flammenionisationsdetektor (GC-FID) oder Massenspektrometrie (GC-MS); Infrarotspektroskopie; Gaswarngerät.

8.3 Geeignete technische Schutzmaßnahmen

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

- Alle metallenen Geräte müssen ordnungsgemäß geerdet sein, um statische Aufladung zu vermeiden.

8.4 Individuelle Schutzmaßnahmen

Atemschutz:

- Normale Bedingungen (unter dem Expositionsgrenzwert): keine besondere Schutzausrüstung erforderlich.
- Erhöhte Konzentrationen: Halbmaske mit Filter für organische Dämpfe empfohlen.
- Hohe Konzentration oder Notfallrettung/Evakuierung: Druckluft-Atemschutzgerät (SCBA) mit positivem Druck muss getragen werden.
- Vor dem Betreten geschlossener Räume die Konzentration brennbarer Gase prüfen; bei unzureichendem Sauerstoff muss SCBA getragen werden.

Augen-/Gesichtsschutz:

- Chemikalienschutzbrille oder Gesichtsschutz muss getragen werden, um Flüssigkeitsspritzer und Dampfreizungen zu vermeiden.

Hautschutz:

- Handschutz: chemikalienbeständige Handschuhe (z. B. Nitrilkautschuk-Handschuhe); bei Kontakt mit verflüssigtem Gas zusätzlich tiefkühlisolierte Handschuhe.
- Körperschutz: antistatische Arbeitskleidung; bei Kontakt mit Flüssigkeit kältebeständige Kleidung.
- Sonstiges: Rauchverbot in Arbeitsbereichen; antistatisches Schuhwerk tragen; Einatmen hoher Konzentrationen vermeiden.

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.
- Arbeitskleidung sollte in dafür vorgesehenen Bereichen aufbewahrt werden; nicht in Wohnbereiche mitnehmen.

9 Physikalische und chemische Eigenschaften

9.1 Grundlegende physikalische und chemische Eigenschaften

Aussehen und Geruch	Farblose Flüssigkeit mit schwachem etherischem Geruch; bei Umgebungstemperatur flüssig (Siedepunkt 40.2°C, über Raumtemperatur); Flüssigkeit mit niedrigem Dampfdruck
Geruchsschwelle	Nicht verfügbar (schwach etherartiger Geruch)
pH	Nicht zutreffend (nichtwässrige Flüssigkeit)

Schmelzpunkt / Gefrierpunkt	-58 °C (-72.4 °F)
Siedepunkt / Siedebereich (101.3 kPa)	40.2 °C (104.4 °F) (bei Raumtemperatur flüssig)
Flammpunkt (geschlossener Tiegel)	-27 °C (-16.6 °F) (hochentzündlich)
Verdunstungsrate	Nicht verfügbar
Entflammbarkeit (flüssig)	Hochentzündlich (Kategorie 2)
Explosionsgrenzen (oben/unten)	Untere: 3.6% (Vol.) / Obere: 13.3% (Vol.)
Dampfdruck (25 °C)	12 kPa (gesättigter Dampfdruck)
Dampfdichte (Luft = 1)	~5.73 (schwerer als Luft)
Relative Dichte (flüssig, 25 °C)	1.270 g/cm ³
Löslichkeit	Wenig löslich in Wasser; löslich in Ethanol, Ether, Aceton und anderen organischen Lösungsmitteln
Octanol/Wasser- Verteilungskoeffizient (log P)	~2.74 (geschätzt)
Selbstentzündungstemperatur	405 °C (761 °F)
Zersetzungstemperatur	> 300 °C Beginn der thermischen Zersetzung
Viskosität (Flüssigkeit, 25 °C)	~0.48 mPa·s
Oberflächenspannung (flüssig, 25 °C)	~10.3 mN/m

9.2 Thermodynamische Eigenschaften

Kritische Temperatur	186.9 °C (368.4 °F)
Kritischer Druck	2730 kPa (2.73 MPa / 395.9 psia)
Kritische Dichte	0.470 g/cm ³
Verdampfungswärme (am Siedepunkt)	180 kJ/kg
Flüssige spezifische Wärmekapazität (25 °C)	1.31 kJ/(kg·°C)

Henry-Konstante (25 °C)	$\sim 5.0 \times 10^{-1} \text{ mol}/(\text{m}^3 \cdot \text{Pa})$ (geschätzt)
-------------------------	--

9.3 Weitere Sicherheitsdaten

ASHRAE-Sicherheitsgruppe	A2 (geringe Toxizität, entzündbar)
Ozonabbaupotenzial (ODP)	0 (baut die Ozonschicht nicht ab; siehe Abschnitt 12.6)
Treibhauspotenzial (GWP, 100 Jahre)	~ 794 (siehe Abschnitt 12.6)

10 Stabilität und Reaktivität

10.1 Reaktivität

Chemisch relativ stabil unter Normaltemperatur und -druck, jedoch hochentzündlich.

10.2 Chemische Stabilität

Stabil unter Normalbedingungen von Temperatur und Druck; von Feuer und Wärmequellen fernhalten.

10.3 Möglichkeit gefährlicher Reaktionen

- Der Dampf bildet explosive Gemische mit Luft (Explosionsgrenzen 3.6%–13.3%); bei Kontakt mit offener Flamme oder großer Hitze äußerst entzündlich.
- Thermische Zersetzung bei hohen Temperaturen erzeugt giftigen Fluorwasserstoff, Kohlenmonoxid und Carbonylfluorid.
- Kann unter hoher Temperatur oder bestimmten Bedingungen mit Alkalimetallen, Erdalkalimetallen und Aluminiumpulver reagieren.
- Kann mit starken Oxidationsmitteln heftig reagieren.

10.4 Zu vermeidende Bedingungen

Hohe Temperatur, offene Flamme, Funken, statische Elektrizität, direkte Wärmequellen, Überdruck in Behältern

10.5 Unverträgliche Materialien

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

10.6 Gefährliche Zersetzungsprodukte

Fluorwasserstoff (HF), Kohlenmonoxid (CO), Carbonylfluorid (COF₂) sowie weitere fluorierte Verbindungen

10.7 Gefährliche Polymerisation

Findet nicht statt.

11.1 Akute Toxizität

Ratten-Inhalation LC ₅₀ (4 Std.)	100,500 ppm (10.05 Vol.-%)
Mäuse-Inhalation LC ₅₀ (2 Std.)	Nicht verfügbar
Kaninchen dermal LD ₅₀	>2000 mg/kg (geschätzt geringe Toxizität)

11.2 Hautreizung/-ätzung

Kontakt mit der Flüssigkeit kann Hautreizungen verursachen (GHS-Einstufung: Kategorie 2). Kontakt mit verflüssigtem Gas kann Erfrierungen (physikalische Verletzung) verursachen. Keine chemische Ätzwirkung.

11.3 Augenreizung/-ätzung

Kontakt mit Flüssigkeit oder Dampf kann Augenreizungen verursachen. Kontakt mit verflüssigtem Gas 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

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

11.6 Krebserzeugendheit

Unzureichende Beweise für Krebserzeugendheit.

- IARC (Internationale Agentur für Krebsforschung): Nicht aufgeführt
- ACGIH (Amerikanische Konferenz der staatlich-industriellen Hygieniker): Nicht aufgeführt
- EPA (US-Umweltschutzbehörde): Nicht aufgeführt

11.7 Reproduktionstoxizität

Tierstudien zeigen keine signifikante Reproduktions- oder Entwicklungstoxizität bei oder unterhalb des NOAEL (26,000 ppm). Keine Daten zur Reproduktionstoxizität beim Menschen verfügbar.

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 gegenüber niedrigen Konzentrationen zeigt keine signifikante Toxizität für Zielorgane. Langfristige Inhalationsstudien an Tieren (NOAEL 26,000 ppm) haben keine eindeutigen Organschäden gezeigt.

11.10 Aspirationsgefahr

Wenn Flüssigkeit verschluckt wird und Erbrechen auftritt, kann sich eine Aspirationspneumonitis entwickeln. Einatmen von Dampf in hohen Konzentrationen kann eine ZNS-Depression und kardiale Sensibilisierung verursachen.

12 Ökologische Informationen

12.1 Ökotoxizität

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

12.2 Persistenz und Abbaubarkeit

- Atmosphärischer Abbau: Hauptsächlich durch Reaktion mit Hydroxylradikalen abgebaut; atmosphärische Lebensdauer ~8,6 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

$\log P \approx 2.74$. Geringes Bioakkumulationspotenzial (unterhalb des Bioakkumulationsschwellenwerts von $\log P = 4.5$).

12.4 Mobilität im Boden

Geringe Wasserlöslichkeit; verdunstet teilweise in die Atmosphäre. Bei Freisetzung in den Boden verdunstet ein Teil, ein Teil bleibt im Boden zurück.

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):** ~794 (bezogen auf CO₂ = 1)
- Große Freisetzungen tragen zur globalen Erwärmung bei; Emissionen sollten vorrangig durch Rückgewinnung und Wiederverwendung kontrolliert werden.
- Kein kontrollierter ozonschichtabbauender Stoff nach dem Montreal-Protokoll (ODP = 0), jedoch ein HFC-Treibhausgas, das unter der Kigali-Änderung kontrolliert wird.

13 Entsorgungshinweise

13.1 Abfallbehandlungsmethoden

Produkt/Rückstände:

- Nicht direkt in die Atmosphäre freisetzen (Treibhausgas).
- 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.
- Bei der Verbrennung die Eintragsrate kontrollieren, um eine Dampfexplosion zu verhindern.
- Nicht in Abwasserkanäle, Gewässer oder Boden einleiten.

Kontaminierte Verpackung:

- Leere Behälter müssen zur Entsorgung an den Lieferanten oder eine qualifizierte Anlage zurückgegeben werden. Leere Behälter nicht wegwerfen oder durchtrennen.
- Leere Behälter mit Restflüssigkeit und -dampf werden als gefährlicher Abfall behandelt.
- Behälter müssen vor der Entsorgung vom Dampf befreit werden.

13.2 Besondere Vorsichtsmaßnahmen für die Entsorgung

- Vor der Entsorgung nationale und örtliche Vorschriften beachten (z. B. Gesetz zur Verhütung und Kontrolle der Abfallverschmutzung, Standards zur Kontrolle der Umweltverschmutzung durch Lagerung von Gefahrstoffabfällen usw.).
- Personal sollte geeignete persönliche Schutzausrüstung tragen (siehe Abschnitt 8).
- Für gute Belüftung sorgen; von Zündquellen fernhalten; Dampfansammlung verhindern.
- Die Entsorgung muss durch eine qualifizierte und zugelassene Einrichtung erfolgen.

- Entsorgungsaufzeichnungen sollten geführt werden.

14 Angaben zum Transport

14.1 UN-Nummer

3163 (Verflüssigtes Gas, n.a.g., enthaltend 1,1,1,3,3-Pentafluorbutan)

14.2 UN-Versandbezeichnung

VERFLÜSSIGTES GAS, N.A.G. (1,1,1,3,3-Pentafluorbutan)

14.3 Transportgefahrenklasse(n)

Klasse 2.2 Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas

Hinweis: Obwohl R365mfc unter UN 3163 Klasse 2.2 transportiert wird, ist dieser Stoff hochentzündlich (Flammpunkt -27°C , Explosionsgrenzen 3.6%–13.3%). Beim Transport und bei der Lagerung müssen strenge Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen ergriffen werden; von Zündquellen und Wärme fernhalten.

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)
- Nebengefahrenkennzeichnung: Warnschild „Entzündbar“ empfohlen

14.6 Methoden und Materialien für Rückhaltung und Verpackung

- Nahtlose Stahlbehälter oder spezielle Druckbehälter. Behälter müssen den einschlägigen nationalen Normen entsprechen (z. B. GB 5099).
- Übliche Packungsgrößen: 10 kg, 50 kg, 400 kg, 800 kg Behälter/Drucktanks.
- Der Füllkoeffizient darf 0.94 kg/L nicht überschreiten.
- Behälter müssen mit Druckentlastungsvorrichtungen ausgestattet sein.

14.7 Besondere Anforderungen für verschiedene Transportarten

Straßentransport:

- Fahrzeuge müssen eine Gefahrgutbeförderungslizenz haben.
- Zylinder müssen mit Ventilkappen und Sicherungsringen versehen sein.
- Zylinder werden im Allgemeinen flach mit in dieselbe Richtung zeigenden Ventilen gelegt; nicht kreuzweise stapeln. Die Höhe darf das Fahrzeugschutzgitter nicht überschreiten.
- Transport in den frühen Morgen- oder Abendstunden im Sommer, um direkte Sonneneinstrahlung zu vermeiden.

- Festgelegten Routen folgen; nicht in Wohn- oder dicht besiedelten Gebieten halten.
- Auspuffrohre von Fahrzeugen müssen mit Funkenfängern ausgestattet sein.

Schienentransport:

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

Seetransport (IMDG-Code):

- UN 3163, Klasse 2.2
- Meeresschadstoff: Nein
- Stauungskategorie: A (an Deck oder unter Deck), muss jedoch von Wärme- und Zündquellen ferngehalten werden

Lufttransport (ICAO/IATA DGR):

- UN 3163, Klasse 2.2
- Nicht entzündbares, nicht giftiges Gas (Hinweis: entzündbar; einschlägige Vorschriften sind einzuhalten)
- 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-ausrüstung 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.
- Behälter müssen während des Transports ordnungsgemäß gesichert sein, um Zusammenstöße und Umkippen zu verhindern.

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:** R365mfc ist als kontrollierter HFC-Stoff gelistet und unterliegt dem stufenweisen Abbau.
- **Kyoto-Protokoll / Pariser Abkommen:** Als Treibhausgas aufgeführt (HFC-Klasse)
- **EU REACH-Verordnung (EG 1907/2006):** Registrierter Stoff
- **EU CLP-Verordnung (EG 1272/2008):** Verordnung über Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung
- **EU-F-Gas-Verordnung (EG 517/2014):** Regelung fluorierter Treibhausgase
- **US EPA SNAP-Programm:** Für Treibmittelanwendungen zugelassen
- **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 diesen Stoff wurde im Rahmen dieses SDS keine Chemikalien-Sicherheitsbewertung durchgeführt. Anwender sollten eine eigene Bewertung basierend auf spezifischen Nutzungsbedingungen durchführen.

16 Weitere Informationen

16.1 Referenzen

- NIOSH-Taschenleitfaden zu chemischen Gefahren
- NOAA-CAMEO-Chemikaliensammlung
- PubChem-Stoffdatenbank (CID 9683)
- ASHRAE Handbook – Kälteanlagen und Anwendungen
- IPCC Fünfter Sachstandsbericht (AR5) — Quelle der GWP-Daten
- 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, 8. überarbeitete Ausgabe
- Kigali-Änderung zum Montreal-Protokoll

16.2 Abkürzungen

Abkürzung	Vollständige Bezeichnung
SDS / MSDS	Sicherheitsdatenblatt / Material-Sicherheitsdatenblatt

GHS	Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien
CAS	Chemical Abstracts Service (Registrierungsnummer)
UN	United Nations (Gefahrgutnummer)
ODP	Ozonabbaupotenzial
GWP	Treibhauspotenzial
LC ₅₀	Letale Konzentration, 50 %
LD ₅₀	Letale Dosis, 50 %
NOAEL	Höchste Dosis ohne beobachtete schädliche Wirkung
WEEL	Grenzwert für die Exposition am Arbeitsplatz (Umwelt)
SCBA	Druckluft-Atemschutzgerät
PBT	Persistent, bioakkumulativ und toxisch
HFC	Hydrofluorcarbon
mfc	Modifiziertes Schaumtreibmittel

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.