

**VERGLEICHSTABELLE****KOHLENSTOFFDIOXID „CO₂ R744“ AMMONIAK „NH₃ R717“**

CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	BEZEICHNUNG	NH ₃ Ammoniak R717
UMWELTEIGENSCHAFTEN		
1	GWP, Treibhauspotential	0
0	ODP, Ozonabbaupotential	0
Weniger günstig (stark abhängig von Klimazone)	TEWI, Gesamttreibhausbelastung	Günstig
Ungiftig bis ca. 4 Vol%	Giftigkeit	Giftig
Schwerer als Luft, $\gamma = \text{ca. } 1.85 \text{ kg/m}^3$ Sinkt in der Umgebungsluft ab (hohe Konzentration am Boden)	Verhalten gegenüber Umgebungsluft (bei 15°C, 1 bar) $\gamma_{\text{Luft}} = \text{ca. } 1.225 \text{ kg/m}^3$	Leichter als Luft (@ r.h., $\leq 50\%$) $\gamma = \text{ca. } 0.71 \text{ kg/m}^3$ steigt in der Umgebungsluft auf (hohe Konzentration an der Decke)
Nicht explosiv	Explosionsgefahr	Explosiv Explosionsgrenze 15 – 34 Vol.%
EINFLUSS AUF MENSCHEN		
Fast geruchslos, resp. schwach säuerlich	Geruch	Charakteristisch stechend
Ab ca. 2 - 3 Vol % {37'000 – 56'000 ppm [mg/m ³]} wahrnehmbar Prickeln in der Nase	Wahrnehmungsgrenze	5 ppm [mg/m ³] {0.0007 Vol %}
<ul style="list-style-type: none"> • 1 – 2 Vol.% {19'000 – 37'000 ppm} keine Gefährdung • 2 – 4 Vol.% {37'000 – 74'000 ppm} Verstärkte Atmung, erhöhte Pulsfrequenz • 4 – 8 Vol.% {74'000 – 148'000 ppm} Kopfschmerzen, Schwindel, Brechreiz, Ohrensausen • 8 – 10 Vol.% {148'000–185'000 ppm} Krämpfe, Bewusstlosigkeit, Tod durch Atemstillstand • Über 10 Vol.% {185'000 ppm} schnelle Lähmung der lebens- wichtigen Zentren, tödlich 	Gesundheitsgefährdung	<ul style="list-style-type: none"> • 250 ppm {0.035 Vol %} Belästigungsschwelle • 500 – 1000 ppm {0.07 – 0.14 Vol %} Erträglichkeitsgrenze • 2500 ppm {0.35 Vol %} Vergiftungserscheinungen • >5000 ppm {0.7 Vol %} Tödliche Konzentration
9100 ppm [mg/m ³], (0.5 Vol %)	AGW- vormalis MAK-Wert	20 ppm ppm [mg/m ³], {0.0028 Vol %}
EINSATZGEBIETE		
Ca. -56°C (Tripelpunkt -56.56°C)	Tiefste Verdampfungstemperatur	Ca. -75°C (begrenzt durch tiefen Druck und grosses Gasvolumen)
unter + 31 °C Kondensation (unterkritisch) über +31°C Gaskühlung (transkritisch)	Höchste Kondensationstemperatur	ca. + 90 °C (Begrenzung durch Verdichter Konstruktion, Maximaldruck)
Sehr gut geeignet für Tiefkühlanlagen -30 bis -45 °C als Kaskadenanlage	Einsatzbereich	Einsatz im gesamten Anwendungsbereich von ca. -60°C Tiefkühlung bis ca. +80°C als Wärmepumpe



CO₂ Kohlenstoffdioxid R744	BEZEICHNUNG	NH₃ Ammoniak R717
Sehr gut geeignet als verdampfender Kälteträger in Temperaturbereichen von ca. 0 bis -45 °C	Einsatzbereich	Geeignet für grosse Kälteleistungen
Bei Wärmeabgabe mit Umgebungstemperatur höher als 20°C ist transkritischer Betrieb notwendig (hohe Drücke bis 150 Bar)		
KOSTEN		
Ca. 2 bis 6 Fr/kg (je nach bezogener Menge)	Kältemittel	Ca. 3 bis 9 Fr/kg (je nach bezogener Menge)
Über Anlagekosten kann keine generelle Aussage gemacht werden, weil verschiedene Faktoren, wie Temperaturniveau, Anlagegrösse und Anlagentyp einen grossen Einfluss auf den Preis haben und diesen sowohl positiv wie negativ beeinflussen können	Anlagekosten	Über Anlagekosten kann keine generelle Aussage gemacht werden, weil verschiedene Faktoren, wie Temperaturniveau, Anlagegrösse und Anlagentyp einen grossen Einfluss auf den Preis haben und diesen sowohl positiv wie negativ beeinflussen können
MATERIALIEN		
Kupfer, Stahl, Edelstahl, Alu nicht korrosiv gegenüber Metallen	Rohrleitungen	Stahl, Edelstahl Korrosiv gegenüber Buntmetallen und Alu sobald Feuchtigkeit im Spiel ist
Reinheitsklasse N 3.0 oder vergleichbar Reinheit min. 99.9 % (Masse) Wassergehalt max. 5 ppm (Masse)	Anforderung an die Reinheit von Kältemittel	Reinheit min. 99.95 % (Masse) Wassergehalt max. 400 ppm (Masse)
SCHMIERSTOFFE		
Ester Öle (POE) → gut geeignet, PAO → nur begrenzt geeignet Mineralöle → ungeeignet	Kältemaschinenöl	Mineralöl, PAO → gut geeignet Synthetische Öle → gut geeignet Ester Öle → ungeeignet
LEITUNGSQUERSCHNITTE		
ca. 70 m ³ /h	Verdichter Saugvolumen bei 125 kW, -35/-5°C	ca. 440 m ³ /h
42.1 mm	Saugleitungsdurchmesser bei 125 kW, -35/-5°C	112.6 mm
29.8 mm	Druckleitungsdurchmesser bei 125 kW, -35/-5°C	71.4 mm
31.3 mm	Flüssigkeitsleitungsdurchmesser bei 125 kW, -35/-5°C	17.8 mm
100 % (z.B. 29 cm ²)	Prozentualer Vergleich der Leitungsquerschnitte für Saugleitung, Flüssigkeitsleitung und Druckleitung zusammen	Ca. 500 % (z.B. 143 cm ²)



CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	BEZEICHNUNG	NH ₃ Ammoniak R717
VORSCHRIFTEN		
	Bewilligungspflicht	Störfallverordnung (CH) ab 2'000 kg Inhalt, BImSchG (D) ab 3'000 kg, TRAS 110 ab 3'000kg
Keine Bewilligungspflicht	Chem RRV	Keine Bewilligungspflicht
Keine Meldepflicht	Meldepflicht BAFU	Keine Meldepflicht
SPEZIELLE EIGENSCHAFTEN		
31.06 °C	Kritische Temperatur	132.35 °C
73.8 bar	Kritischer Druck	113.53 bar
< 5.2 bar, -56.6°C (Gefahr von Trockeneisbildung)	Tripelpunkt	-77.9 °C
-78.4 °C (Sublimationspunkt)	Siedetemperatur bei Atmosphärendruck (1013 mbar)	-33.3 °C
Geringe Wasseraufnahmefähigkeit	Wasseraufnahme	Stark hygroskopisch (starke Wasseraufnahmefähigkeit)
Gute Löslichkeit in Wasser (Bildung von Kohlensäure)	Löslichkeit in Wasser	Sehr gute Löslichkeit in Wasser (Bildung von Ammoniakwasser)
Sehr hoch ca. 18'400 kJ/m ³	Volumetrische Kälteleistung -10°C	Hoch ca. 3'100 kJ/m ³
Gering 260 kJ/kg	Verdampfungsenthalpie bei -10°C	Sehr hoch ca. 1'300 kJ/kg
Verträglichkeit von Ammoniak und Kohlendioxid		
Treffen Ammoniak und Kohlendioxid in geschlossenen Kältesystemen zusammen entsteht eine heftige chemische Reaktion. Das Reaktionsprodukt ist Ammoniumcarbamat, welches sich an der Leckstelle bildet und sich als weisses Pulver, in Form eines ziemlich festen Belags an Oberflächen niederschlägt. Dies kann bei Anlagen mit Kaskadenwärmetauschern zu einem totalen Ausfall des Systems führen.		
VORTEILE		
Ungiftig bis ca. 4 Vol%		Feuchtigkeit im Kältesystem ist wenig kritisch
Nicht explosiv		Lecksuche einfach
Preisgünstig und gut verfügbar		Preisgünstig
Kein Recycling notwendig		Gute Warnwirkung bei Austritt
Gute Wärmeübertragungseigenschaften		Seit über 120 Jahren erfolgreich im Einsatz
Kleines Druckverhältnis der Verdichter, besserer Verdichtewirkungsgrad		Hohe Energieeffizienz
Für Wärmepumpen mit hohem Temperaturhub auf der Abgabeseite vorzüglich geeignet (Brauchwarmwassererwärmung, Speiswassererwärmung für Dampferzeuger)		



CO ₂ Kohlenstoffdioxid R744	BEZEICHNUNG	NH ₃ Ammoniak R717
Gute Drucklage auf Verdampferseite , d.h. nie Unterdruck, kein Eindringen von Feuchtigkeit und Fremdgase bei einer Leckage		
Für eine bestimmte Leistung können, im Vergleich zu NH ₃ wesentlich kleinere Verdichter eingesetzt werden (geringere Verdichterhubvolumen notwendig), insbesondere bei Tiefkühlanlagen (-30 bis -50°C)		
Die Leitungsquerschnitte sind wesentlich geringer als bei gleichen NH ₃ Anlagen		
NACHTEILE		
Giftig ab ca. 4 Vol. %		Giftig
Absicherung mit Sicherheitsventilen notwendig		Explosiv bei sehr hohen Konzentrationen, aber grosse Zündenergie notwendig
Kondensation ist nur bis ca. +25°C möglich. Darüber ist ein transkritischer Prozess notwendig		Gefahrenpotential bei unsachgemäßem Umgang mit NH ₃ – Anlagen, d.h. erfordert gut geschultes Unterhaltspersonal
Mögliche Trockeneisbildung bei der Expansion unter 5,2 bar		
Feuchtigkeit im Kältesystem ist sehr kritisch		
Hohe Ausdehnung des flüssigen CO ₂ bei Erwärmung		
Keine Warnwirkung bei zu hoher CO ₂ – Konzentration in der Atemluft		
Gesundheitsgefährdung bei zu hoher CO ₂ – Konzentration in der Atemluft		Gesundheitsgefährdung bei zu hoher NH ₃ – Konzentration in der Atemluft
Lecksuche schwierig		
Hoher Stillstands Druck (63,3 bar bei +25 °C)		