

QUO VADIS: Bereit für brennbare / natürliche Kältemittel?

Johann Herunter
Frigopol Kälteanlagen GmbH





Frigopol im Lauf der Zeit



Gründung der R. Clulk Metallwarenfabrik Graz



Entwicklung und Produktionsbeginn des Trennhäubenverdichters

Bezug des neuen Gebäudes in Frauental



Eröffnung Niederlassung Slowakei



Verkauf der Frigopol Umwelthanlagen GmbH



Natürlich! Frigopol Linie



Frigopol und TEKO gehen gemeinsam in die Zukunft



1945

1955

2000

2001

2002

2005

2007

2009

2012

2016

2017/18

2019



Neugründung der Frigopol Kälteanlagen GmbH



Eröffnung Niederlassung Südafrika

Eröffnung Verkaufsbüro Russland und Ukraine

Verlegung der Produktion von Slowakei nach Frauental



Hochtemperatur-Wärmepumpen

EXPERIENCE

INNOVATION

Absaugstation für Kältemittel Eine saubere Lösung – unserer Umwelt zuliebe!



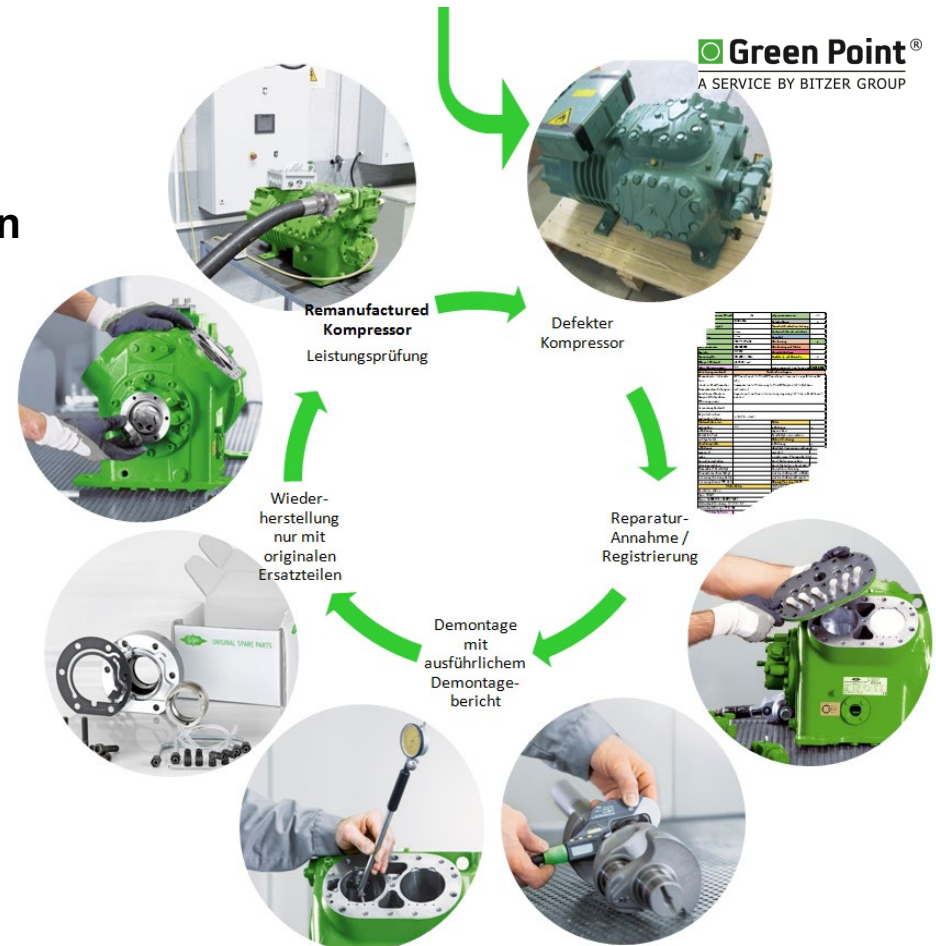
Absaugvolumen: 5 -19 m³/h
Kältemittel: FCKW, HFCKW, HFKW, HFO



Absaugvolumen: 7-19 m³/h
Kältemittel: NH₃

Der Umwelt zuliebe bieten wir auch einen Reparaturservice und Green Point an.

- Verdichter - Reparatur der eigenen Trennhauben-Verdichter
- Frigopol als Green Point Partner
- Reparatur- und Wartungsservice von Bitzer Verdichtern durch geschultes Personal
- Umweltgedanke:
 - Reparieren anstatt Wegwerfen
 - Rohstoffe und Energie werden eingespart
 - Recycling von Rohstoffen



Kundenspezifische Anlagen

FRIGOPOL realisiert für seine Kunden...

- Verbundanlagen für Gastronomie und Hotellerie
- Verbundanlagen für Gewerbekälte und Supermärkte
- Kälteanlagen für industrielle Anwendungen
- Kälteanlagen für Testeinrichtungen und Labors
- Schaltschränke und Regelungstechnik



Elektrische Schaltanlagen und Regelung

Unser Leistungsprogramm:

- Kundenspezifische Lösungen
- Planung und Konzipierung
- Höchste Qualitätsanforderungen
- Sonder- und Serienfertigungen
- Funktionsprüfung



Maschinensätze NH₃ Projekt: Logistiklager, AMMON

Auslegungsdaten:

- Kälteleistung Q_o: 332,4kW
- Verdampfungstemp. -28°C
- Verflüssigungstemp.: -3°C
- Kältemittel: R-717



Sole/wassergekühlter Flüssigkeitskühler



Kälteleistung
 Q_o 198,7 kW
 Verdampfungstemp.
 t_o - 5°C
 Kondensationstemp:
 t_c +36°C
 Sauggasüberhitzung
 Δt_{oh} 5 K
 Kältemittel: R-717

Schraubenverdichter-Aggregate NH₃

Projekt: Feinkostlager , AMMON

Auslegungsdaten je Maschine

- Kälteleistung Q_o: 687kW
- Verdampfungstemperatur: -12°C
- Verflüssigungstemperatur: +45°C
- Kältemittel: R-717



CO₂ Booster Anlage

Projekt: ROXSTA 2.0 Industrial

Leistungsdaten NK

- Kälteleistung: 165 kW
- Verflüssigungsleistung: 262,81 kW
- COP: 1,83
- Kälteleistung Verdichter: 170,07 kW



Herausforderungen aus der Sicht des Anlagen – Herstellers:

1. Typische Lösungen mit brennbaren Kältemitteln
2. Bereit für brennbare Kältemittel jedoch für welche Anwendung?
3. Risikobewertung und Sicherheitskonzept
4. Projektkriterien und Auswahl geeigneter Komponenten
5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen
6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung
7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen
8. Zusammenfassung und Fragen



1. Typische Lösungen mit brennbaren Kältemitteln (Auszug)

- Kühl- und Gefriergeräte und steckerfertige Kühlmöbel
 - Wandkühlregale
 - Haushaltskühlmöbel
 - Eismaschinen- Flaschenkühler- Getränkeautom
- Direkte/ Indirekte Kälteanlagen/Chiller-Lösungen
 - Direkt / Indirekt
 - Luftgekühlt
 - Wassergekühlt / Rückkühler
- gewerbliche und industrielle Systeme
 - Normalkühlung in Supermärkten
z.B. bei Kaskadenanlagen
 - Klima- und Heizsysteme
- Kompaktsysteme für Gewerbe und Industrie
- Klimageräte , Standgeräte, Klimaschränke
- Entfeuchter-Systeme
- Wärmepumpen
 - Haushalts-WP
 - Standard und Hochtemperaturen bis 150°C

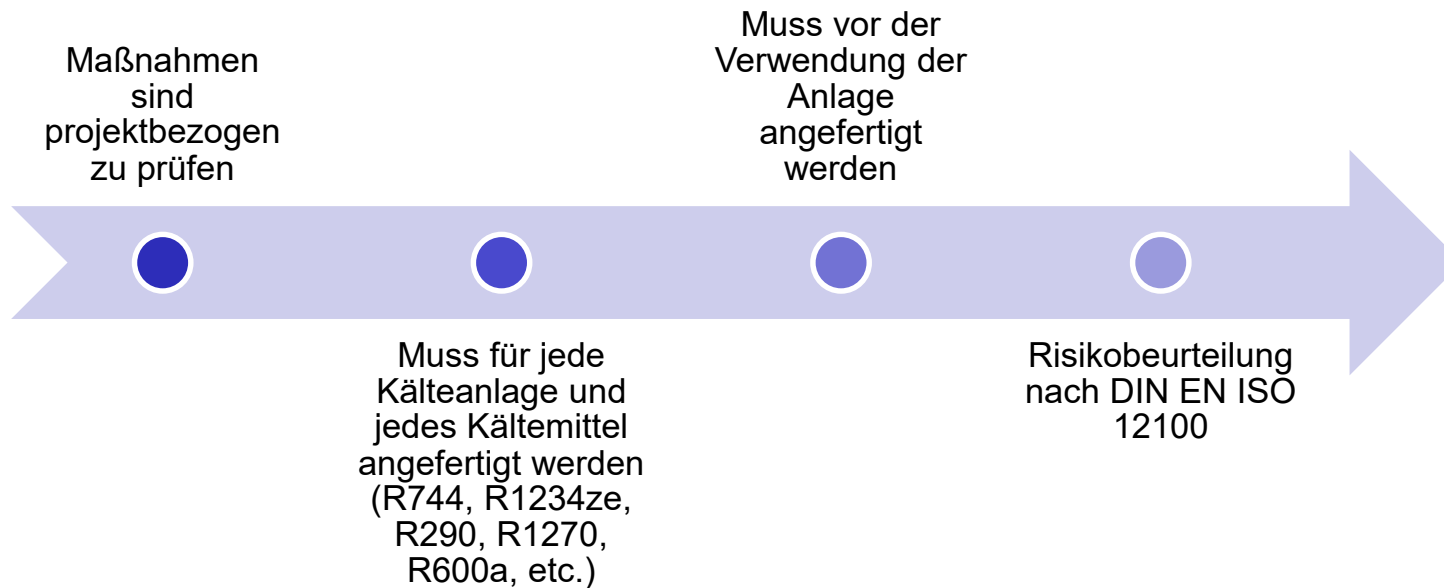


2. Bereit für brennbare Kältemittel, jedoch für welche Anwendung?

- Kühlen – Klimatisieren – Heizen
Temperaturbereich
Indirekt (Chiller) / DX
- Innenaufstellung / Außenaufstellung
Sicherheitskonzept
ATEX / EN378
- Luft- oder Wasser (Sole) gekühlter Verflüssigung
- Anforderungen hinsichtlich Energieeffizienz
- Sonstige Anforderungen an das System

3. Risikobewertung und Sicherheitskonzept

3.1. Vorgehensweise



3. Risikobewertung und Sicherheitskonzept

3.2 Zu beachten...

Gefährdung	Erläuterung und Hinweise	Schutzziel und Quelle	Maßnahmen
Gefährdung von unbefugten Personen	Können unbefugte Personen oder Dritte mit der Kälteanlage in Kontakt? Können hierdurch Gefährdungen entstehen?	Ziel: Schutz von Personen, die nach EN 378 keine Zugangsberechtigung haben.	Die Anlage befindet sich in einem abgesperrten Bereich, zu dem nur unterwiesenes Personal Zutritt hat. Dieser ist mit Schildern gekennzeichnet und kann nur durch eine Tür betreten werden.

3. Risikobewertung und Sicherheitskonzept

3.3. Inbetriebnahme



Stressfreie Inbetriebnahme

- Normenkonforme Gas-Sensorik
- Angepasste EG-Baumusterprüfbescheinigung
- Geräte zur Außenaufstellung

3. Risikobewertung und Sicherheitskonzept

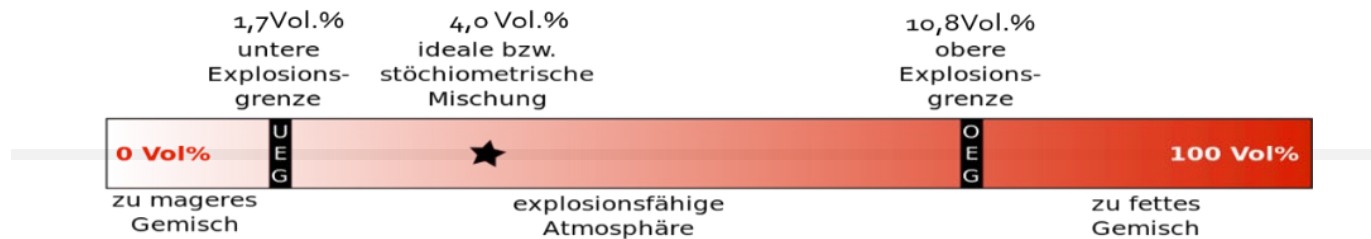
3.4. Voraussetzungen

- Grundlage hierfür sind: VDMA 24020-3, BGR 500, BGR 104
- Keine Anlagen im Kellerbereich bzw. unter Erdgleiche
- Anlagen im Überdruckbereich betreiben
- Dauerhaft technisch dicht fertigen und sicherstellen
- Gassensoren mit drei festen Werten
- Im Störfall (Gasalarm), alles konsequent spannungslos schalten, insbesondere was nicht den ATEX-Richtlinien (ex-geschützt) entspricht oder eine Zündquelle sein könnte

3. Risikobewertung und Sicherheitskonzept

3.5. Ausstattung

- Kältemitteldetektoren (einfach oder mehrfache Ausführung)
- Not- Aus- Funktion (externe Spannungsversorgung)
- Ex-geschützter Lüfter zur Absaugung im Dauerlauf über gasdichten Kanal ins Freie
- Dokumentierte Maßnahmen zur Prüfung und Überwachung der Dichtheit
- Sicherheitsdruckbegrenzer gegen zu hohen und zu niederen Druck
- Sicherheitsventile (einfach oder mehrfach) und Ablassleitung ins Freie (Ex-Zone beachten)
- Alle elektrisch angeschlossenen Teile und Geräte mind. Schutzklasse IP54
- Elektrischer Bereich getrennt vom Kältemittelkreis / Maschinenraum (mind. IP54)
- Alle nach außen führende Öffnungen des Maschinenraums dürfen nicht in einem Bereich innerhalb von 2 m zu den Flucht- und Rettungstreppen oder zu anderen Öffnungen des Gebäudes, z. B. Fenster, Türen, Lüftungseinlässe usw., angeordnet sein.
- Kennzeichnung der Verdichter und Anlage, offenes Feuer und Rauchen sind untersagt
- Zutrittsbeschränkung, Zugang nur für unterwiesenes Personal



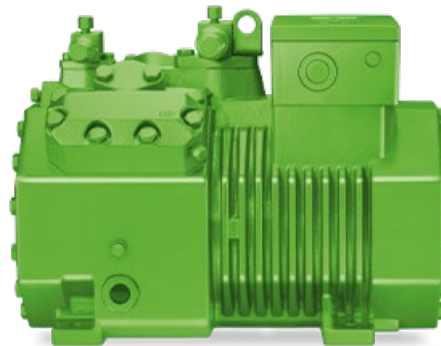
- Ausführung als mehrkreisiges System, geringe Füllmenge
- Möglichst reines Propan und geeignetes Öl (hohe Viskosität) verwenden
- Nur für brennbare KM ausgelegte, geeignete Geräte und Komponenten einsetzen
- Gasmelder (Fix voreingestellt, speziell für R290), mind. SIL1 – Ausführung (Sicherheitsintegritätslevel EN61508)
- Gas-Sensor in Ex-Ausführung
- Auswahl der geeigneten Kompressoren
- Gelötete Plattenwärmetauscher
- Elektronisches Expansionsventil
- Überhitzung von mind. 20 K oder höher sicherstellen (IWT)
- Dreiwegeventil stetig 4-20mA oder 0-10V (Überhitzungsregelung SPS)
- Elektrokomponenten, Druckschalter und Sensorik mind. IP54
- Sicherheitsventile plus Ausblasleitung
- Ex-geschützter Ventilator, Ausblasleitung Ex-Zone 2 (3 m keine Zündquelle)
- Externe Spannungsversorgung zur Abschaltung bei Gasausritt
- Potentialausgleich zwischen allen leitenden Komponenten
- (auch im Service- Reparaturfall z.B. „Gasflasche“)



4. Projektkriterien

4.2. Auswahl geeigneter Komponenten und Einbauteile

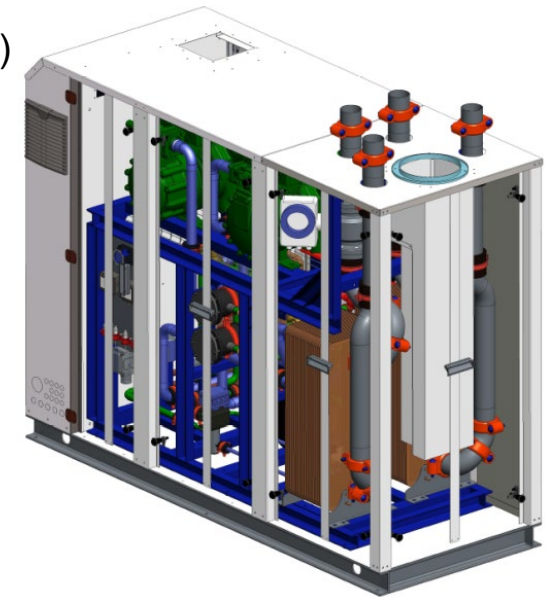
Energie - Effizienz



- Halbhermetische Hubkolbenverdichter
 - Einfache Leistungsregelung 50% / 100% je Verdichter
 - Erweiterte Leistungsregelung CRII System 10-100%
 - Optional mit FU verfügbar (30-100%)
- Verflüssiger -Lüfter
 - EC-Ventilatoren sind in allen Modellen standardmäßig verbaut
- Wärmerückgewinnung (Optional)
 - Enthitzer, wird mit einem Plattenwärmetauscher ausgeführt
- Positive Energiebilanz
 - Bestens für Wärmerückgewinnung geeignet
 - Abwärmenutzung zur Brauch- und/oder Heizwassererwärmung
 - Hoher EER/ESEER Wert

5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

- Natürliches Kältemittel R-290
- Kühlen, Heizen und Brauchwasser bereiten
- Innenaufstellung
- Sicherheitskonzept durch Trennung Maschinenraum und Elektroschaltschrank mit Schutzklasse IP54, siehe Kategorisierung
- Steuerung Siematic S7 Einbindung in GLT über ProfiBus, ModBus, etc.
- Regelsignale 4 - 20mA
- Tauchfühler statt Anlegefühler (wenn es die Rohrdimension erlaubt)
- Fernzugriff und Online- Support möglich
- Überhitzungsregelung über SPS
- Großer Einsatzbereich und Leistung von 40 –250 KW
- Wasser- bzw. Solegekühlte Verflüssigung (z.B. Rückkühler, Erdkollektor, Grundwasser etc.)
- Hohe Energieeffizienz , Frequenzregelung
- mehrere Kältekreise daher geringe Kältemittelfüllmenge
- Unabhängige Netzspannung für Ex-Lüfter
- Kältemitteldetektoren im Innenraum, doppelte Sicherheit
- TÜV-Zertifikat
- Geschirmte Verkabelung



5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

5.1 Projektierung / Aufstellung / Klassifizierung

Die vier Arten von Aufstellungsorten sind:

a) **Klasse IV — Belüftetes Gehäuse**

Sofern sich alle kältemittelführenden Teile in einem belüfteten Gehäuse befinden, gelten die Anforderungen an einen Aufstellungsort der Klasse IV. Das belüftete Gehäuse muss die Anforderungen nach prEN 378-2:2013 und prEN 378-3:2013 erfüllen.

b) **Klasse III — Maschinenraum oder im Freien**

Sofern sich alle kältemittelführenden Teile in einem Maschinenraum oder im Freien befinden, gelten die Anforderungen an einen Aufstellungsort der Klasse III. Der Maschinenraum muss die Anforderungen nach prEN 378-3:2013 erfüllen.

c) **Klasse II — Verdichter im Maschinenraum oder im Freien**

Sofern sich alle Verdichter und Druckbehälter im Maschinenraum oder im Freien befinden, gelten die Anforderungen an einen Aufstellungsort der Klasse II, außer die Anlage entspricht den Anforderungen der Klasse III. Rohrschlangen und Rohrleitungen mit Ventilen können sich in einem Personen-Aufenthaltsbereich befinden.

d) **Klasse I — Mechanische Geräte im Personen-Aufenthaltsbereich**

Quelle: EN378

Sofern die Kältemittelanlage oder die kältemittelführenden Teile sich im Personen-Aufenthaltsbereich befindet/befinden, gilt die Anlage als Klasse I, außer sie entspricht den Anforderungen der Klasse II.

5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

5.2 Projektierung / Kategorisierung

Kategorie	Allgemeine Merkmale	Beispiele ^a
Allgemeiner Aufstellungsbereich a	<p>Räume, Gebäudeteile, Gebäude, in denen</p> <ul style="list-style-type: none"> — Schlafvorrichtungen vorhanden sind; — Personen in ihrer Bewegung eingeschränkt sind; — sich eine unkontrollierte Anzahl von Personen aufhält oder zu denen jede Person Zutritt hat, ohne persönlich mit den Sicherheitsvorkehrungen vertraut zu sein. 	Krankenhäuser, Gerichtsgebäude oder Gefängnisse, Theater, Supermärkte, Schulen, Vortragsräume, Bahnhöfe, Hotels, Wohnungen, Restaurants, Eissporthallen
Überwachter Aufstellungsbereich b	<p>Räume Gebäudeteile, Gebäude, in denen sich nur eine bestimmte Anzahl von Personen aufhalten darf, von denen einige mit den allgemeinen Sicherheitsvorkehrungen der Einrichtung vertraut sein müssen.</p>	Büro- oder Geschäftsräume, Laboratorien, Räume für allgemeine Fabrikations- und Arbeitszwecke
Aufstellungsbereich, zu dem nur befugte Personen Zutritt haben c	<p>Räume, Gebäudeteile, Gebäude, zu denen nur befugte Personen Zutritt haben, die mit den allgemeinen und besonderen Sicherheitsvorkehrungen der Einrichtung vertraut sind, und in denen Materialien oder Güter hergestellt, verarbeitet oder gelagert werden.</p>	Produktionseinrichtungen, z. B. für Chemikalien, Nahrungsmittel, Getränke, Industrie- und Speiseeis, Raffinerien, Kühlhallen, Molkereien, Schlachthöfe, nicht öffentliche Bereiche in Supermärkten

^a Die Liste der Beispiele ist nicht vollständig.

Quelle: EN378



5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

5.3 Projektierung / Toxizität

Toxizitäts- klasse	Kategorie des Aufstellungsbereichs	Klasse des Aufstellungsorts				
		I	II	III	IV	
A	a	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.4		keine Begrenzung der Füllmenge ^a	die auf der Toxizität beruhenden Anforderungen an die Füllmenge sind, in Abhängigkeit vom Ort des belüfteten Gehäuses nach dem Aufstellungsort I, II oder III zu beurteilen	
	b	obere Geschosse ohne Notausgang oder unterhalb des Erdgeschosses	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.4			keine Begrenzung der Füllmenge ^a
		sonstige	keine Begrenzung der Füllmenge ^a			
	c	obere Geschosse ohne Notausgang oder unterhalb des Erdgeschosses	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.4			keine Begrenzung der Füllmenge ^a
		sonstige	keine Begrenzung der Füllmenge ^a			
B	a	Für dauerhaft geschlossene Absorptionsanlagen, Toxizitätsgrenze × Raumvolumen und nicht mehr als 2,5 kg alle weiteren Anlagen, Toxizitätsgrenze × Raumvolumen		keine Begrenzung der Füllmenge ^a		
	b	obere Geschosse ohne Notausgang oder unterhalb des Erdgeschosses	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen		Füllmenge nicht mehr als 25 kg ^a	
		Personendichte < 1 Person je 10 m ²	Füllmenge nicht mehr als 10 kg ^a		keine Begrenzung der Füllmenge ^a	
		sonstige			Füllmenge nicht mehr als 25 kg ^a	
	c	Personendichte < 1 Person je 10 m ²	Füllmenge nicht mehr als 50 kg ^a und es liegen Notausgänge vor		keine Begrenzung der Füllmenge ^a	
sonstige		Füllmenge nicht mehr als 10 kg ^a	Füllmenge nicht mehr als 25 kg ^a			

^a Es gilt prEN 378-3:2013, 8.1; für die Aufstellung im Freien gilt prEN 378-3:2013, 4.2.

Quelle: EN378

5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

5.4 Projektierung / Brennbarkeit

Brennbarkeitsklasse	Kategorie des Aufstellungsbereichs		Klasse des Aufstellungsorts			
			I	II	III	IV
2	a	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3 und maximal m_2^a		keine Begrenzung der Füllmenge ^c	Kältemittel-Füllmenge maximal m_3^b
		sonstige Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal m_2^a			
	b	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3 und maximal m_2^a			
		sonstige Anwendungen	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal m_2^a			
	c	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3 und maximal m_2^a			
		sonstige Anwendungen	unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal m_2^a		
		oberirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 10 kg ^c	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 25 kg ^c		
3	a	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3 und maximal der größere der Werte m_2 und 1,5 kg.		entsprechend der Kategorie des Aufstellungsbereichs a, sonstige Anwendungen	
		sonstige Anwendungen	unterirdisch	nur geschlossene Systeme: 20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 1 kg		maximal 1 kg ^a
		oberirdisch	nur geschlossene Systeme: 20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 1,5 kg		maximal 5 kg ^c	
	b	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3 und maximal der größere der Werte m_2 und 1,5 kg.		entsprechend der Kategorie des Aufstellungsbereichs b, sonstige Anwendungen	
		sonstige Anwendungen	unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 1 kg ^a		maximal 1 kg ^a
		oberirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 2,5 kg		maximal 10 kg ^c	
	c	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3 und maximal der größere der Werte m_2 und 1,5 kg.		entsprechend der Kategorie des Aufstellungsbereichs c, sonstige Anwendungen	
		sonstige Anwendungen	unterirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 1 kg ^c		maximal 1 kg ^c
	oberirdisch	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 10 kg ^c	20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 25 kg ^c	keine Begrenzung der Füllmenge ^c		

Quelle: EN378

5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

5.5 Sicherheitskonzept

Elektroschaltschrank

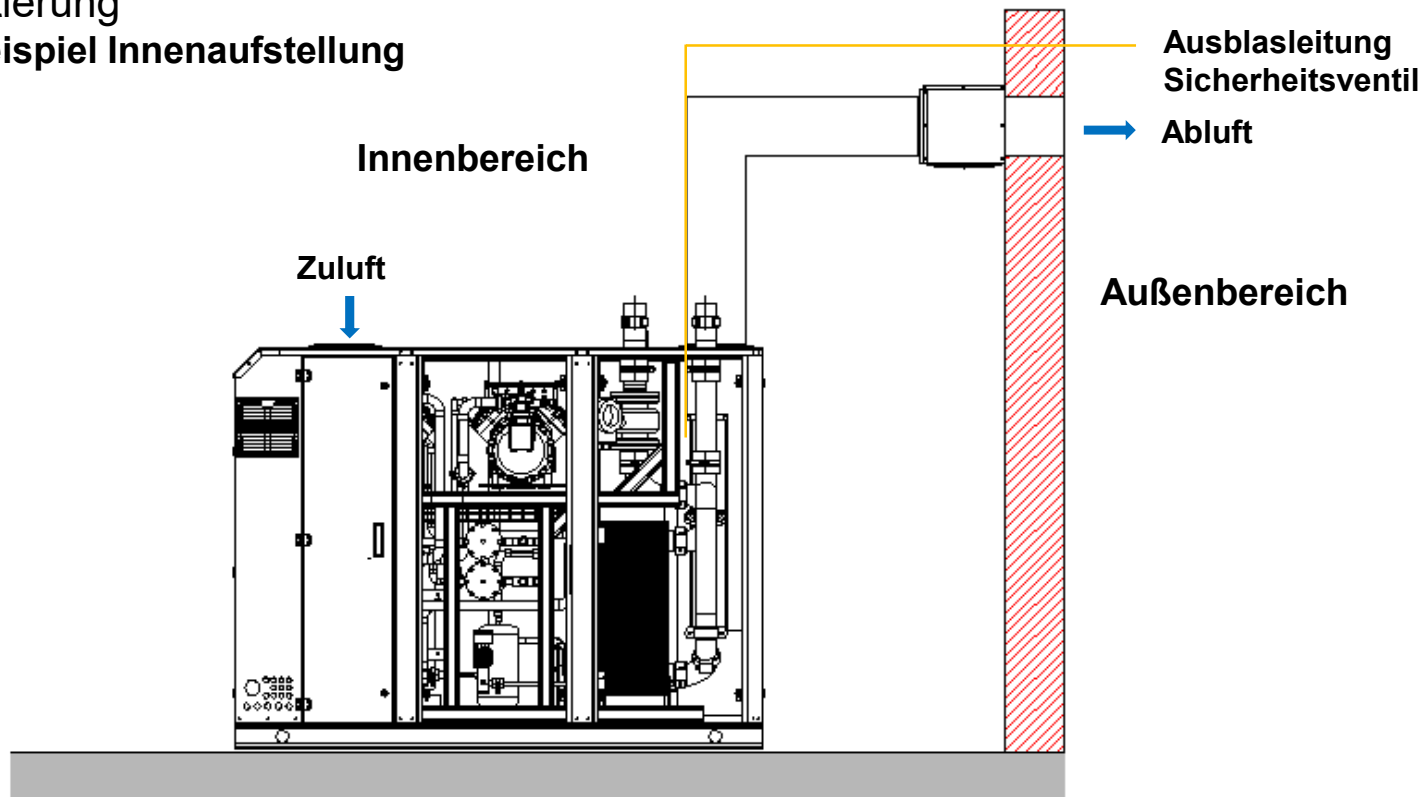


Kältetechnikbereich
(Maschinenraum)

5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

5.6 Projektierung

- Beispiel Innenaufstellung



5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

5.10 Technische Daten und Einsatzbereich

Geräteversion ES Basis	40	65	80	115	130	180	220	250
Kältemittel	R290	R290	R290	R290	R290	R290	R290	R290
Kältemittelfüllmenge	5,7kg	8,3kg	2x 5,7kg	2x 8,7kg	2x 8,1kg	2x 11,1kg	2x 13,5kg	2x 15kg
Schalldruckpegel in 1m, Freifeld	59dB(A)	63dB(A)	63dB(A)	64dB(A)	66dB(A)	67dB(A)	70dB(A)	71dB(A)
Luftmenge Gehäuselüftung	750m³/h	750m³/h	750m³/h	750m³/h	750m³/h	750m³/h	750m³/h	750m³/h
max. verfügbarer ext. Druckverlust	200Pa	200Pa	200Pa	200Pa	200Pa	200Pa	200Pa	200Pa

5. Beispiel 1: Konzeptbeschreibung einer Unit für Heizen und Kühlen

5.11 Anlagenbeispiel: Teigwarenproduktion mit Chiller für
Prozesskühlung 40 kW / -10°C und Klimatisierung 180 kW / +6°C



Kältemittelfüllmengen
1-kreisig 5,7 kg // 2-kreisig je 11kg
Leistungsregelung von 25 -100%



6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung

- Natürliches Kältemittel R-290
- Kühlen einer Käseproduktion mit Sole -8°C / 130 kW
- Außenaufstellung
- Sicherheitskonzept durch Trennung Maschinenraum und Elektroschaltschrank mit Schutzklasse IP54, siehe Kategorisierung
- Großer Einsatzbereich und Leistungen bis 850 kW
- Wasser- bzw. Solegekühlte Verflüssigung (z.B. Rückkühler, Erdkollektor, Grundwasser etc.)
- Hohe Energieeffizienz, FU Regelung, eExV



6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung

6.1 Projektierung / Aufstellung / Klassifizierung/ Kategorie / Brennbarkeitsklasse

Die vier Arten von Aufstellungsorten sind:

a) Klasse IV — Belüftetes Gehäuse

Sofern sich alle kältemittelführende Anforderungen an einen Aufstellungsort nach prEN 378-2:2013 und prEN 378-3:2013 erfüllen

b) Klasse III — Maschinenraum oder

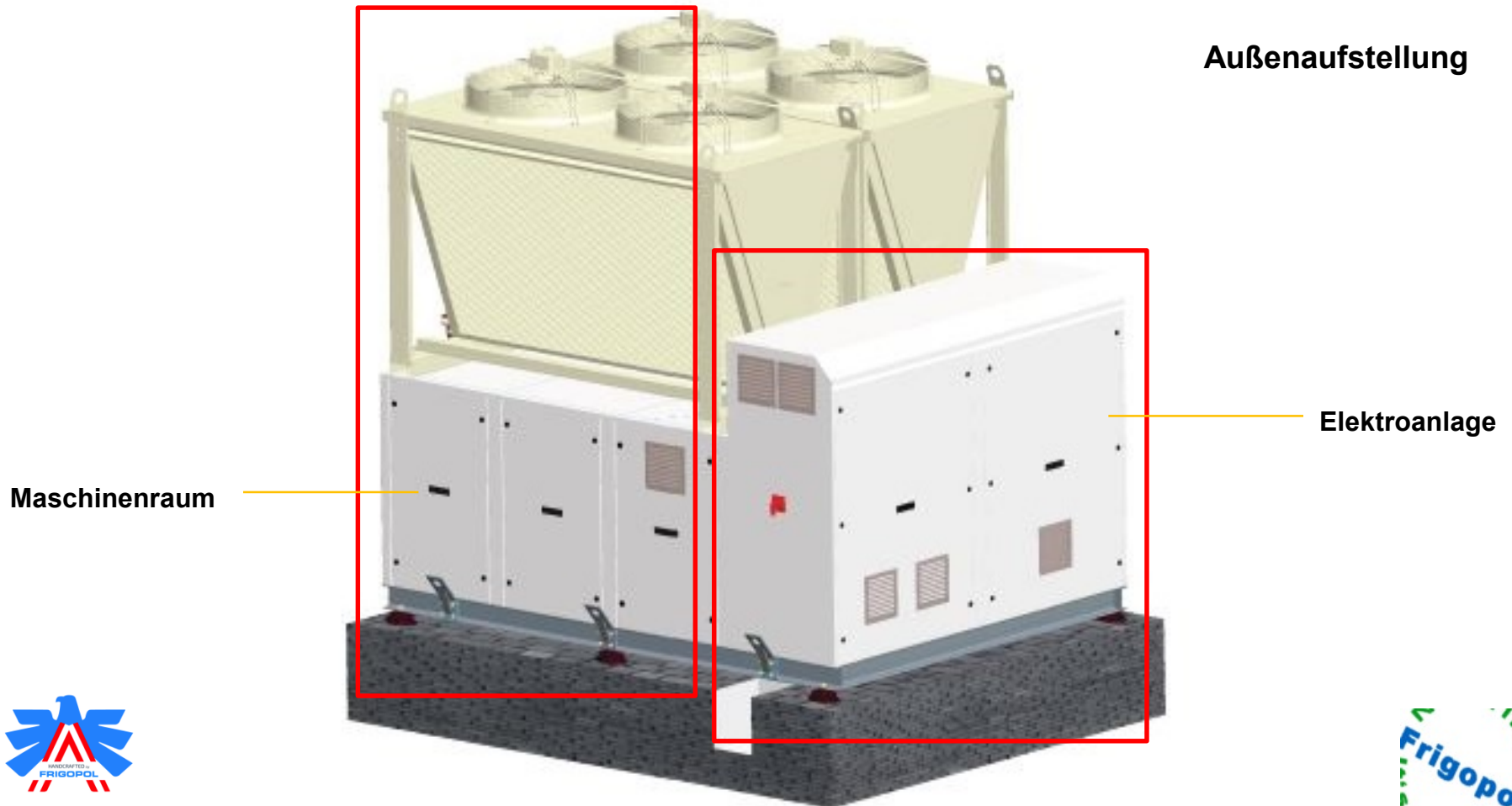
Sofern sich alle kältemittelführende Anforderungen an einen Aufstellungsort nach prEN 378-2:2013 erfüllen

Kategorie	Allgemeine Merkmale	Toxizitätsklasse	Kategorie des Aufstellungsbereichs		I
			a	b	
Allgemeiner Aufstellungsbereich a	Räume, Gebäudeteile, Gebäudeteile, G — Schlafvorrichtungen von — Personen in ihrer Beweiseingeschränkt sind; — sich eine unkontrollierbare Person aufhält oder Person Zutritt hat oder Person Zutritt hat oder Person Zutritt hat	A	a	obere Geschosse ohne Notausgang oder unterhalb des Erdgeschosses	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.4
			b	sonstige	keine Begrenzung der Füllmenge ^a
			c	obere Geschosse ohne Notausgang oder unterhalb des Erdgeschosses	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.4
			d	sonstige	keine Begrenzung der Füllmenge ^a
Überwachter Aufstellungsbereich b	Räume, Gebäudeteile, Gebäudeteile, G mit einem Personenzutritt mit einem Personenzutritt mit einem Personenzutritt	2	a	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3
				sonstige Anwendungen	20 % × LFL × R
			b	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3
				sonstige Anwendungen	20 % × LFL × R
			c	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3
				sonstige Anwendungen	unterirdisch: 20 % × LFL × R oberirdisch: 20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 10 kg
Überwachter Aufstellungsbereich p	Räume, Gebäudeteile, Gebäudeteile, G mit einem Personenzutritt mit einem Personenzutritt mit einem Personenzutritt	3	a	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3
				sonstige Anwendungen	unterirdisch: nur a 20 % × LFL × R oberirdisch: nur a 20 % × LFL × R
			b	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3
				sonstige Anwendungen	unterirdisch: 20 % × LFL × R oberirdisch: 30 # × R

Quelle: EN378

6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung

6.2 Sicherheitskonzept



6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung

6.3 Anlagenbeispiel



Leistungsbeschreibung:

- Wasser-/Luftgekühlter Flüssigkeitskühler mit zwei halbhermetischen Kolbenverdichtern für Außenaufstellung
- Kältemittel R-290
- Kälteleistung Q_o : 180 kW
- Verflüssigungstemperatur: t_c : +45°C
- Verdampfungstemperatur: t_o : -19°C

6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung

6.4 Anlagenbeispiel



- Kältemittel R-290
- Kälteleistung Q_o : 144,6 kW
- Umgebungstemperatur: +34°C
- Verdampfungstemperatur -12°C

6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung

6.5 Anlagenbeispiel



- Kältemittel R-290
- Kondensationsleistung: 240 kW
- Kältekreislauf: 3
- EER: 2,06

6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung

6.6 Obst- und Gemüselager in der Schweiz



- Kaltwassersatz RANSTA zur indirekten Kühlung
 - Kälteleistung: 170 kW
 - Temperaturbedingungen: Vorlauf/Rücklauf -1 / -5 °C
 - Kältemittel R290
 - Redundante Kältemaschine mit integrierten Pumpen
 - Wurm Regelsystem

6. Beispiel 2: Konzeptbeschreibung einer luftgekühlten Unit für Prozesskühlung

6.7 Gebäudeklimatisierung in Deutschland



- Kälteleistung: 200 kW
- Temperaturbedingungen: +12 / +6 °C
- Kältemittel R290
- Wurm Regelsystem

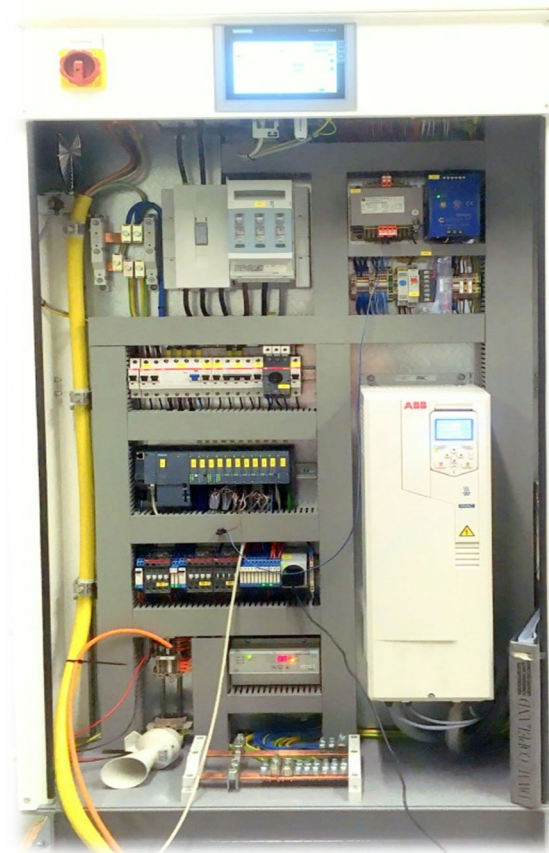
7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen



- Hochtemperatur-Wärmepumpe
- Prozess-Abwärme 40-80 °C nutzen
- heben auf 100 -160 °C

Mögliche Anwendungen:

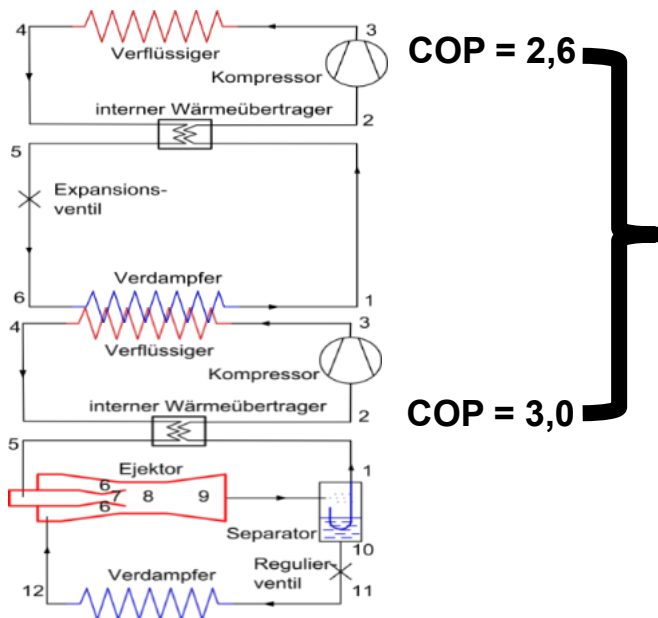
- Dampferzeugung für Trocknungsprozesse
- Nahrungsmittel-Sterilisation
- Kunststoffverarbeitung



7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen

7.1 Sonderanlage mit Butan als Forschungsprojekt

Standard Wärmepumpenschaltung



+ 15,4 % Standard-WP vs. Ejektor-WP
+ 15,4 % standard HP vs. Ejector-HP

Heizleistung / Heating capacity	50 kW
Wärmequellenanlage (WQA) / Source	
Eintrittstemperatur / Temperature in	60 °C
Massenstrom / Mass flow	9000 kg/h
Wärmenutzungsanlage (WNA) / Receiver	
Austrittstemperatur / Temperature out	130 °C
Massenstrom / Mass flow	1422 kg/h

Ejektor

7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen

7.2 Übersicht

- Stoffdaten im Vergleich Butan R600 und IsoButan R600a
- Max. Butan-Füllmenge nach EN 378

7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen

7.3 Stoffdaten, Eigenschaften

Tabelle 1 – Stoffdaten, Eigenschaften, weitere Merkmale der in VDMA 24020-3 betrachteten brennbaren Kältemittel

Kältetechn. Bezeichnung	R170	R1150	R290	R1270	R600	R600a	R601	R601a
Handelsname	Ethan	Ethen Ethylen	Propan	Propen Propylen	Butan	Iso-Butan 2-Methylpropan	Pentan	Iso-Pentan 2-Methylbutan
EG-Nr.	200-814-8	200-815-3	200-827-9	204-062-1	203-448-7	200-857-2	203-992-4	201-142-8
CAS-Nr.	74-84-0	74-85-1	74-98-6	115-07-1	106-97-8	75-28-5	109-66-0	78-78-4
chem. Formel	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₁₀	C ₅ H ₁₂	C ₅ H ₁₂
Molmasse (in g/mol)	30,7	28,05	44,1	42,08	58,12	58,12	72,15	72,15
Zst. bei 1013 mbar, 20°C	gasförmig	Gasförmig	gasförmig	gasförmig	gasförmig	gasförmig	Flüssig	flüssig
Farbe	farbloses Gas	farbloses Gas	farbloses Gas	farbloses Gas	farbloses Gas	farbloses Gas	farblose Flüssigkeit	farblose Flüssigkeit
Geruch	kein	süßlich, geringe Warnwirkg.	süßlich, geringe Warnwirkg.	süßlich, geringe Warnwirkg.	süßlich, geringe Warnwirkg.	süßlich, geringe Warnwirkg.	paraffinisch	paraffinisch
krit. Temp. (in °C)	32,2	9,2	96,7	92,4	152	134,7	196,6	187,3
krit. Druck (in bar)	48,7	50,4	42,6	46,6	38	36,3	33,7	33,8
Sätt.-temp. bei 1 bar (in °C)	-89	-104	-42	-48	-1	-12	36	28
Sätt.-druck bei 20°C (in bar)	38	überkrit.	8,3	10,2	2,1	3	0,56	0,76
Schmelz-pkt. (in °C)	-183	-160	-188	-185	-138	-150	-129	-160
Dichteveh. mit Luft bei 1013mbar, 20°C (Luft = 1)	1,26	0,97	1,55	1,47	2,07	2,06	Flüssig	flüssig

7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen

7.4 Max. Kältemittelfüllmenge „Butan“

Bestimmung der max. Kältemittelfüllmenge „Butan“
für den bestehenden Prüfstand

7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen

7.4 Max. Kältemittelfüllmenge „Butan“

Grundlegend werden die Grenzwerte in Abhängigkeit von Toxizität und Brennbarkeit des Kältemittels ermittelt. Hierfür wird im ersten Schritt der Aufstellungsbereich und der Aufstellungsort bestimmt. Für die Auswahl des Aufstellungsbereiches (a, b oder c), dient Tabelle.... sowie für den Aufstellungsort (1,2,3 oder 4) die nachfolgende Tabelle.....

Tabelle 3 — Kategorien der Aufstellungsbereiche

Kategorie	Allgemeine Merkmale	Beispiele ^a
Allgemeiner Aufstellungsbereich a	Räume, Gebäudeteile, Gebäude, in denen — Schlafvorrichtungen vorhanden sind; — Personen in ihrer Bewegung eingeschränkt sind; — sich eine unkontrollierte Anzahl von Personen aufhält oder zu denen jede Person Zutritt hat, ohne persönlich mit den Sicherheitsvorkehrungen vertraut zu sein.	Krankenhäuser, Gerichtsgebäude oder Gefängnisse, Theater, Supermärkte, Schulen, Vortragsräume, Bahnhöfe, Hotels, Wohnungen, Restaurants, Eissporthallen
Überwachter Aufstellungsbereich b	Räume Gebäudeteile, Gebäude, in denen sich nur eine bestimmte Anzahl von Personen aufhalten darf, von denen einige mit den allgemeinen Sicherheitsvorkehrungen der Einrichtung vertraut sein müssen.	Büro- oder Geschäftsräume, Laboratorien, Räume für allgemeine Fabrikations- und Arbeitszwecke
Aufstellungsbereich, zu dem nur befugte Personen Zutritt haben c	Räume, Gebäudeteile, Gebäude, zu denen nur befugte Personen Zutritt haben, die mit den allgemeinen und besonderen Sicherheitsvorkehrungen der Einrichtung vertraut sind, und in denen Materialien oder Güter hergestellt, verarbeitet oder gelagert werden.	Produktionseinrichtungen, z. B. für Chemikalien, Nahrungsmittel, Getränke, Industrie- und Speiseeis, Raffinerien, Kühlhallen, Molkereien, Schlachthöfe, nicht öffentliche Bereiche in Supermärkten
^a Die Liste der Beispiele ist nicht vollständig.		

7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen

7.5 Aufstellung / Klassifizierung/ Kategorie / Brennbarkeitsklasse

Die vier Arten von Aufstellungsorten sind:

a) Klasse IV — Belüftetes Gehäuse

Sofern sich alle kältemittelführenden Anforderungen an einen Aufstellungsort nach prEN 378-2:2013 und prEN 378-2:2014 erfüllen

b) Klasse III — Maschinenraum oder

Sofern sich alle kältemittelführenden Anforderungen an einen Aufstellungsort nach prEN 378-2:2013 erfüllen

Kategorie	Allgemeine Merkmale	Toxizitätsklasse	Kategorie des Aufstellungsbereichs		I	
			a	b		
Allgemeiner Aufstellungsbereich a	Räume, Gebäudeteile, Gebäudeteile, Gänge, Schlafrichtungen von Personen in ihrer Bewegung eingeschränkt sind; sich eine unkontrollierbare Person aufhält oder Person Zutritt hat oder Person Zutritt hat oder Person Zutritt hat	A	a	obere Geschosse ohne Notausgang oder unterhalb des Erdgeschosses	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.4	
			b	sonstige	keine Begrenzung der Füllmenge ^a	
			c	obere Geschosse ohne Notausgang oder unterhalb des Erdgeschosses	Toxizitätsgrenze × Raumvolumen oder siehe C.4	
			d	sonstige	keine Begrenzung der Füllmenge ^a	
Überwachter Aufstellungsbereich b	Räume, die von Personen mit sich selbst überwacht werden	2	a	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3	
				sonstige Anwendungen	20 % × LFL × R	
			b	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3	
				sonstige Anwendungen	20 % × LFL × R	
			c	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3	
				sonstige Anwendungen	unterirdisch: 20 % × LFL × R oberirdisch: 20 % × LFL × Raumvolumen und maximal 10 kg	
			3	a	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3
					sonstige Anwendungen	unterirdisch: nur g 20 % × LFL × R oberirdisch: nur g 20 % × LFL × R
b	Behaglichkeit von Personen	entsprechend C.3				
	sonstige Anwendungen	unterirdisch: 20 % × LFL × R oberirdisch: 20 % × LFL × R				

Quelle: EN378



7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen

Zur Bestimmung der Kältemittel-Grenzwerte nach Brennbarkeit, muss die Brennbarkeitsklasse (2L, 2 oder 3) und der Wert des LFL nach Tabelle.... festgelegt werden.

Kältemittel-Nummer	Chemische Bezeichnung ^b	Chemische Formel	Sicherheitsklasse	DGRL-Fluid-Gruppe	Praktischer Grenzwert ^d	ATEL/-ODL ^e	LFL ^h	Dampfdichte	Molekularmasse ^a	Normaler Siedepunkt ^a	ODP ^{a,g}	GWP ^{a,n} (F-Gas) (100 Jr ITH)	GWP ^{a,r} (IPCC) (100 Jr ITH)	Selbstentzündungstemperatur
								25 °C, 101,3 kPa						
236fa	1,1,1,3,3,3-Hexafluorpropan	CF ₃ CH ₂ CF ₃	A1	2	0,59 i	0,34j	NF	6,22	152,0	-1	0	9 400	9 810	ND
245fa	1,1,1,3,3-Pentafluorpropan	CF ₃ CH ₂ CHF ₂	B1	2	0,19	0,19	NF	5,48	134,0	15	0	950	1 030	ND
290	Propan	CH ₃ CH ₂ CH ₃	A3	1	0,008	0,09	0,038	1,80	44,0	-42	0	ND	3	470
1234yf	2,3,3,3-Tetrafluor-1-propen	CF ₃ CF=CH ₂	A2L	1	0,058	0,47j	0,289	4,66	114,0	-26	0	ND	4m	405
1234ze	Trans-1,3,3,3-Tetrafluor-1-propen	CF ₃ CF=CHF	A2L	1	0,061	0,28	0,303	4,66	114,0	-19	0	ND	7m	368
1270	Propen (Propylen)	CH ₃ CH=CH ₂	A3	1	0,008i	0,0017j,k	0,046	1,72	42,1	-48	0	ND	3	455
Cyclische organische Verbindungen														
C318	Octafluorocyclobutan	C ₄ F ₈	A1	2	0,81	0,0,65	NF	8,18	200,0	-6	0	10 000	10 300	ND
Kohlenwasserstoffe														
600	Butan	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	A3	1	0,0089i	0,002 4j,k	0,038	2,38	58,1	0	0	ND	4	365
600a	2-Methylpropan (Isobutan)	CH(CH ₃) ₃	A3	1	0,011i	0,059	0,043	2,38	58,1	-12	0	ND	~20l	460

7. Beispiel 3: Butan als Kältemittel für Wärmepumpen in industriellen Prozessen

Bei gewähltem Aufstellungsort „IV“ belüftetes Gehäuse gilt:

$$M_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LFL} = 130 \times 0,038 = \mathbf{4,94 \text{ kg}}$$

8. Zusammenfassung und Fragen

8.1 Vorteile von Chiller-Systemen

Installation und Wartung

- Einfache Aufstellung
- Einfacher Tausch der Komponenten
- System beliebig erweiterbar – problemloser Anschluss einer weiteren Unit
- Einfacher Anschluss der Anlagen ans Wassernetz – keine Kälteverrohrung vor Ort
- Einfache Handhabung durch niedrige Drucklagen.
- Reduzierung der Wartungskosten (keine gesetzlich vorgeschriebenen Dichtheitsprüfungen)

8. Zusammenfassung und Fragen

8.2 Ihre Vorteile auf einen Blick

- Plug & Play
- Einfache Bedienung und Regelung
- Bewährtes Sicherheitskonzept
- Geringe Füllmenge
- Zukunftssicher
- Hohe Energieeffizienz

8. Zusammenfassung und Fragen

8.3 Anwendungsfälle

Überall, wo „grüne“ Kälte- Wärme- und/oder Klimatisierung benötigt werden wie z.B.

- Pharma- und Chemie-Industrie
- Prozesskälte und Werkzeugkühlung
- Büros/Verwaltungsgebäude
- Hotels
- Altenheime, Krankenhäuser
- Supermärkte und Discounter (Lebensmitteleinzelhandel)
- Schulen
- Distributionslager
- Lebensmittelbetriebe
- Molkereien
- Schlacht- und Fleischbetriebe
- etc.



**9. Ich stehe für weitere Fragen gerne zur Verfügung!
Vielen Dank!**

**Brennbare Kältemittel
Bei fachgerechter Handhabung, eine gute Lösung
fürs Heizen und Kühlen!**



... fragen Sie uns!