

CO₂

CAREL



GER Lösungen für den Einsatz von CO₂
in der Gewerbekälte



the one solution

APPLICATION NOTE

T e c h n o l o g y & E v o l u t i o n

Das Interesse am Einsatz des Kohlendioxids (CO₂, R744) zur Kältebereitstellung entspringt dem Bedürfnis, der Umweltverschmutzung und vor allem der Ausbreitung des Ozonlochs und dem Treibhauseffekt Einhalt zu gebieten.

Der Beitritt von über 160 Ländern zum „Kyoto-Protokoll“, dem Abkommen der internationalen Klimarahmenkonvention, bezeugt die Wichtigkeit dieses Anliegens.

Das Abkommen erlegt den Industrieländern die Pflicht auf, die Schadstoffemissionen (Kohlendioxid und andere fünf Treibhausgase) in der ersten Verpflichtungsperiode von 2008 bis 2012 um mindestens 5,2% gegenüber dem Stand des Bezugsjahres 1990 zu reduzieren.

Neben dem Kyoto-Protokoll sind in zahlreichen Ländern Richtlinien und Gesetzesvorschriften in Kraft, die in den nächsten Jahren eine fortlaufende Ausschließung aller stark umweltbelastenden Kältemittel erzwingen werden.

In der Gewerbekälte sind zwei Arten von Umweltverschmutzung zu berücksichtigen:

1. die direkte Verschmutzung durch die Entweichung von Kältemitteln in die Atmosphäre;
2. die indirekte Verschmutzung durch die erzeugte Anlagenbetriebsenergie, was also die Energieeffizienz mit ins Spiel bringt.

Direkte Verschmutzung bedeutet potenzielle Beschädigung der Ozonschicht und Beitrag zum Treibhauseffekt.

Natürliche (in der Natur vorkommende) Kältemittel, welche diese Art von Verschmutzung minimieren können, sind unter anderem Kohlenwasserstoffe, Ammoniak und Kohlendioxid.

Kohlenwasserstoffe gehören aufgrund ihrer Entflammbarkeit jedoch nicht zu den „Sicherheitskältemitteln“, weshalb ihr Einsatz auf Anwendungen begrenzt wird, die nur eine sehr geringe Kältebereitstellung erfordern.

Ammoniak weist die Probleme der Toxizität und der Kompatibilität mit bestimmten Materialien auf, insbesondere mit Kupfer.

CO₂ ist dagegen ein:

- natürliches,
- atoxisches,
- nicht entflammbares,
- mit den meisten Materialien kompatibles Fluid

und stellt aus diesen Gründen eine gute Alternative zu den marktgängigen flüssigen Kältemitteln dar.

Zahlreiche führende Player des Retailgeschäftes und der damit zusammenhängenden Branchen (beispielsweise **ASDA, M&S, Sainsbury's, Somerfield, Tesco, McDonald, The Coca-Cola Company, Unilever, Carlsberg, IKEA und PepsiCo**) haben bereits Initiativen für einen schnellen Auslauf der traditionellen synthetischen Kältemittel in die Wege geleitet.

Damit wird es prioritär, den Marktanforderungen Folge zu leisten und Anlagenlösungen zu fördern, die sowohl Direktemissionen reduzieren (mit CO₂ als Kältemittel) als auch die indirekte Verschmutzung verhindern (durch die Gewährleistung einer hohen Energieeffizienz).

Ein besonderes Merkmal des CO₂ ist sein **niedriger kritischer Punkt** von 31 °C (Punkt des Überganges vom flüssigen zum gasförmigen Zustand). Zur Wärmeabgabe an eine externe Umgebung mit rund 28 °C Temperatur muss deshalb auf transkritisch ausgelegte Prozesse zurückgegriffen werden (ohne Verflüssigungsphase) und somit auf **viel höhere Drücke**, als sie üblicherweise in der gewerblichen oder industriellen Kühlung zum Einsatz kommen.

Besondere Aufmerksamkeit und Sorgfalt gilt der Planung und Optimierung der Kälteanlage, damit die Vorteile des CO₂ gänzlich ausgeschöpft werden und die indirekte Verschmutzung (Treibhauseffekt) eingeschränkt werden kann.

Denn würden die CO₂-Kälteanlagen weniger energieeffizient als traditionelle Kälteprozesse sein, würde die indirekte Verschmutzung trotz des auf Null reduzierten direkten Beitrags höher ausfallen.

Mögliche Anlagenlösungen

Vier sind die Hauptlösungen für die Kältebereitstellung mit CO₂:

1. Transkritische CO₂-Prozessführung;
2. subkritische CO₂-Prozessführung;
3. CO₂-Prozess mit Kältemittelpumpe;
4. Hybridsysteme.

1. Transkritische CO₂-Prozessführung

Direktexpansionssystem mit Wärmeübertragung direkt in die Umgebung. Verwendet für Tiefkühlanlagen (TK) und Normalkühlanlagen (NK).

Die einfachste Baulösung.

Anlagenkomplikationen sind auf die hohen Drücke und auf die Notwendigkeit der optimierten Anlageneffizienz zurückzuführen.

Diese Lösung sieht die Verwendung eines **Gaskühlers anstelle des Verflüssigers** vor, der ebenfalls ein hochdruckbeständiger Kältemittel-Luft-Wärmetauscher ist (Bemessungsdruck 120 bar) und aufgrund der besseren Wärmeübertragungseigenschaften des CO₂ unter transkritischen Bedingungen ein $\Delta T (T_{out,GC} - T_{amb})$ unter jenem eines normalen Verflüssigers erzielen lässt.

Unter transkritischen Bedingungen besteht für jede Gaskühlerauslasstemperatur ein Druck, der den Wirkungsgrad der Kälteanlage erhöht (siehe Fig. 1).

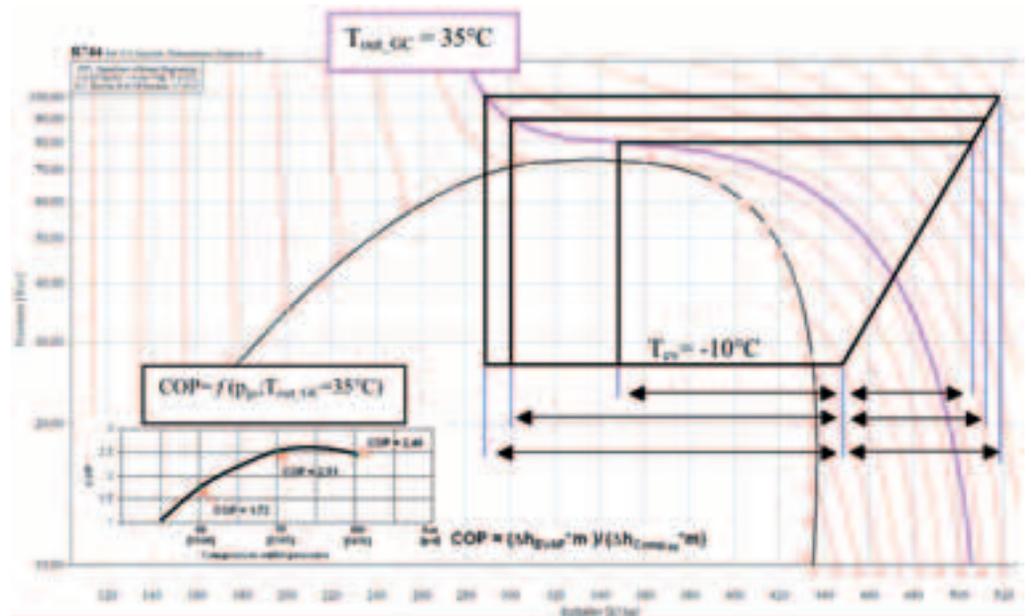


Fig. 1

Der **optimale Drucksollwert** des Gaskühlerteils (entspricht dem Verflüssigungsabschnitt eines traditionellen Prozesses) ist **variabel und abhängig von der Gaskühlerauslasstemperatur**.

Eine der Lösungen, die die Effizienz eines solchen Systems steigern, ist in der Abbildung dargestellt.

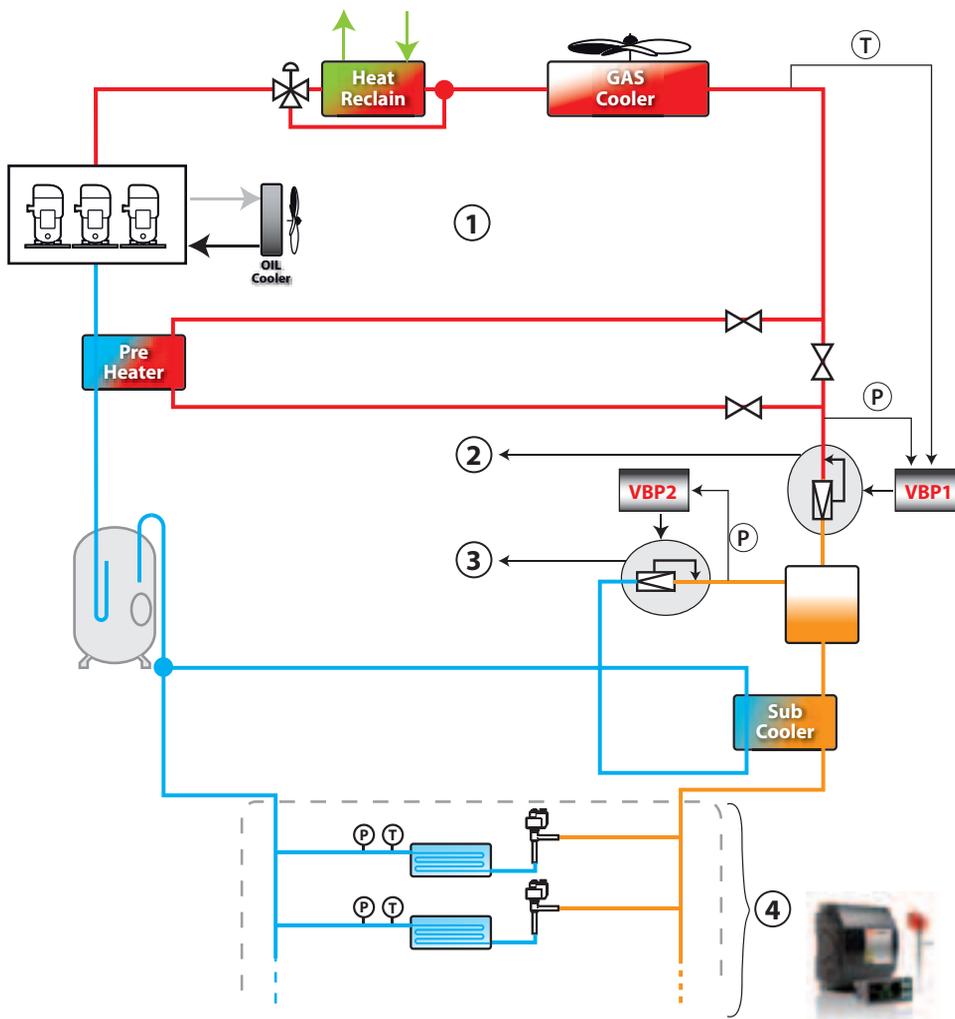


Fig. 2

Legende Fig. 2:	
1	CO ₂ -Verbundanlage
2	Staudruckventil mit variabler Öffnung, um den Druck als Funktion der Gaskühlerauslasstemperatur beizubehalten (VBP1)
3	Staudruckventil mit variabler Öffnung, um den Bemessungsdruck beizubehalten (VBP2)
4	Kälteverbraucher

Verbundkälteanlage, Gaskühler, Staudruckventile (VBP1/VBP2) und Steuerung (Punkte 1, 2 und 3 Fig. 2)
Die Lösungen für diese Abschnitte werden derzeit bewertet.

Kühlmöbel und Kühlräume (CO₂) (Punkt 4 Fig. 2)

- MPXPRO oder Mastercase mit EEV;
- andere Steuerung mit EVD und EEV.

Für diesen Bereich werden dieselben Fühler wie für die Anwendungen mit R404a verwendet, mit Ausnahme der Druckfühler für die EEV-Regelung (anderer Betriebsdruck; die Fühler sind auf den projekttechnisch angemessensten Messbereich zu überprüfen).

2. Subkritische CO₂-Prozessführung

Kälteanlage in Kaskadenschaltung, um den CO₂-Prozess auf den für traditionelle Anlagen typischen Drücken zu halten: rund 26,5...35 barg Verflüssigungsdruck, entsprechend einer Sättigungstemperatur von ca. -10...0 °C.

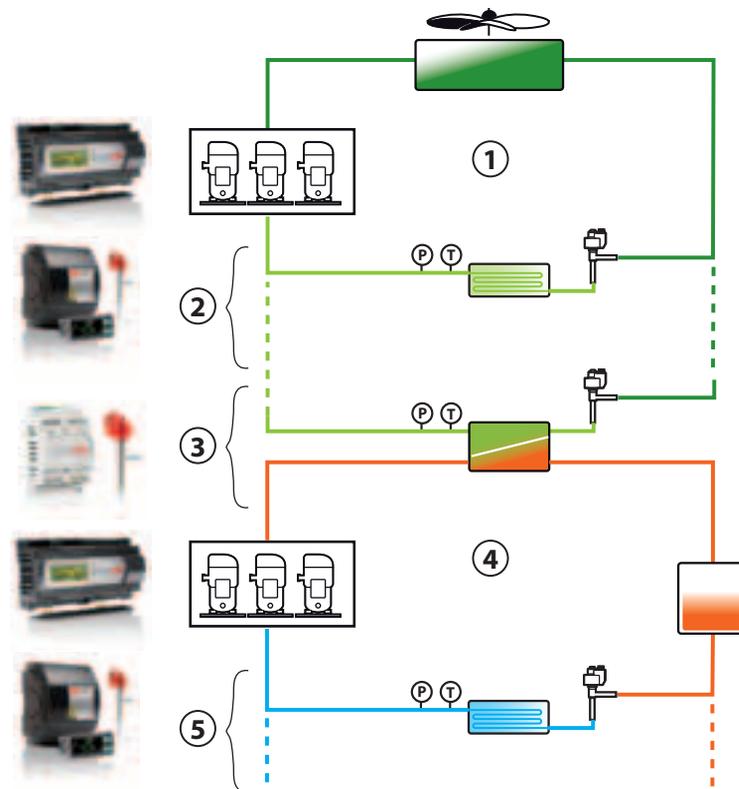
Normalerweise für Tiefkühlverbraucher (TK) verwendet.

Für reduzierte Druckwerte im Verflüssigungsabschnitt wird ein **Zusatzprozess mit traditionellem Kältemittel** (bspw. R404a) oder jedenfalls mit niedrigen Betriebsdrücken verwendet.

Ein solcher kann beispielsweise denselben Kältekreis der NK-Verbraucher der Verkaufsstelle nutzen (Verdampfung bei -15 °C Sättigungstemperatur).

Wie aus der Abbildung hervorgeht, handelt es sich um zwei durch einen oder mehrere Wärmetauscher **zusammengeschaltete Kältesysteme**. Für die NK-Verbundanlage sind dies mit den anderen Kälteverbraucher parallel geschaltete Verdampfer, während sie für die Tiefkühlanlage (mit CO₂) den Verflüssigungsabschnitt darstellen.

Allgemein werden Plattenwärmetauscher eingesetzt, in denen das NK-Kältemittel (bspw. R404a) von einem EEV injiziert und expandiert wird (bspw. E²V + EVD), während auf der anderen Seite das CO₂ der Verdichtungsseite kondensiert wird (typischer Sollwert: 28 barg, ca. -8 °C).



Legende Fig. 3:

1	R404a-Verbundanlage
2	NK-Verbraucher
3	TK-Verflüssiger
4	CO ₂ -Verbundanlage
5	TK-Verbraucher

Fig. 3

Funktionsbezüge zum obigen Schema.

NK-Verbundanlage (bspw. R404a) (Punkt 1 Fig. 3)

- **μrack**;
- **pCO rack controller**.

Standard-Lösungen und -Fühler für traditionelle Anwendungen.

NK-Kühlmöbel und -Kühlräume (bspw. R404a) (Punkt 2 Fig. 3)

- **MPXPRO** oder **Mastercase** mit **EEV**;
- andere Steuerung mit **EVD** und **EEV**.

Standard-Lösungen und -Fühler für traditionelle Anwendungen.

Verflüssiger der TK-Verbundanlage (CO₂) (Punkt 3 Fig. 3)

Funktionstechnisch entsprechen sie den Verflüssigern/Ventilatoren einer traditionellen Verbundkälteanlage. Allgemein ausgerüstet mit **EVD + EEV**, die über den digitalen Eingang der CO₂-Verbundkälteanlage aktiviert werden.

Das EEV dieses Abschnittes muss vom Anlagenplaner besonders sorgfältig bemessen werden.

Die mit einbezogenen Leistungen können für mittelgroße Systeme andere Ventile als E²V erfordern.

TK-Verbundanlage (CO₂) (Punkt 4 Fig. 3)

- **μrack;**
- **pCO rack controller.**

Für diesen Bereich werden dieselben Fühler wie für die Anwendungen mit R404a verwendet, mit Ausnahme des Verdichtungsdruckfühlers (Betriebsdruck rund 28 barg, empfohlene Fühler mit max. Druck über 40 barg) und des Saugdruckfühlers (Betriebsdruck ca. 15 barg, empfohlene Fühler mit max. Druck über 20 barg).

TK-Kühlmöbel und -Kühlräume (CO₂) (Punkt 5 Fig. 3)

- **MPXPRO** oder **Mastercase** mit **EEV**;
- andere Steuerung mit **EVD** und **EEV**.

Für diesen Bereich werden dieselben Fühler wie für die Anwendungen mit R404a verwendet, mit Ausnahme des Druckfühlers zur EEV-Regelung (Betriebsdruck rund 15 barg, empfohlene Fühler mit max. Druck über 20 barg).

3. CO₂-Prozess mit Kältemittelpumpe

Ähnlich einer Glykolwasser-Anlage, in der das **CO₂ das flüssige Transportmittel der Kühlenergie** ist. Normalerweise für Normalkühlverbraucher (NK) verwendet.

Das flüssige Kohlendioxid kondensiert durch Verdampfung in einem Zusatzkältekreis und wird von einer Pumpe zu den Verdampfern der Verbraucher befördert.

Diese Lösung bietet zwei Vorteile:

- Der Kälteprozess kann, weil er in einem von den Verbrauchern getrennten Maschinenraum untergebracht ist, toxische oder entflammable Kältemittel wie Ammoniak oder Kohlenwasserstoffe verwenden, die nicht zum Treibhauseffekt beitragen;
- im Vergleich zu anderen flüssigen Transportmitteln erfordert das **CO₂ eine mindere Pumpenergie** und Leitungen **geringeren Durchmessers**, besitzt bessere **Wärmeübertragungseigenschaften** und ist **wirtschaftlicher**.

Das CO₂ arbeitet immer auf Temperaturen nahe an der Verdampfungstemperatur, also mit nicht besonders hohen Drücken (ca. 30 bar).

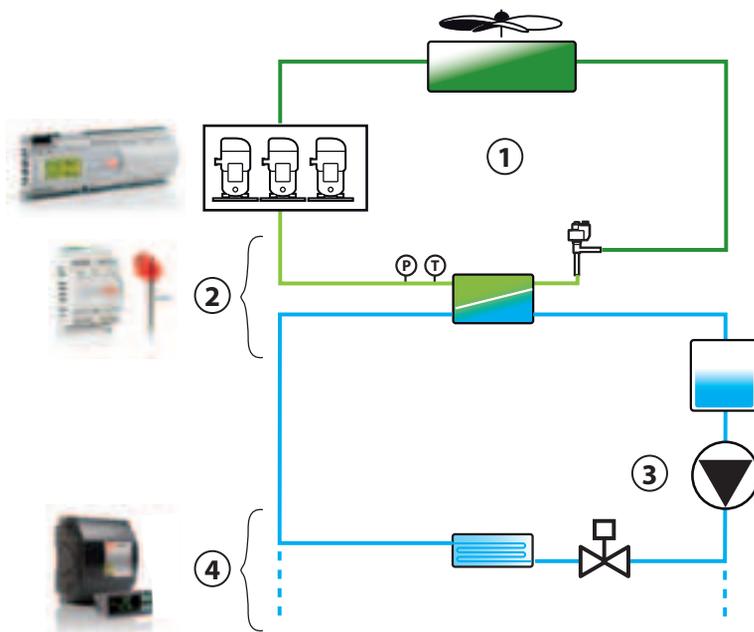


Fig. 4

Legende Fig. 4:

1	R404a-Kaltwassersatz
2	Kaltwassersatz/CO ₂ -Wärmetauscher
3	CO ₂ -Pumpe
4	NK-Verbraucher

TK-Kaltwassersatz (Verdampfung ca. -15 °C) (Punkte 1 und 2 Fig. 4)

Standard-CAREL-Lösung für Tiefkühlprozess-Kaltwassersätze (bspw. für Glykolwasser) mit Regelung der elektronischen Expansionsventile über das **EVD**-Modul.

NK-Kühlmöbel und -Kühlräume (Punkt 4 Fig. 4)

- **MPXPRO** (ohne **EEV**);
- andere Steuerung (z. B. ir33).

Standard-Lösungen und -Fühler für traditionelle Glykolwasser-Anwendungen.

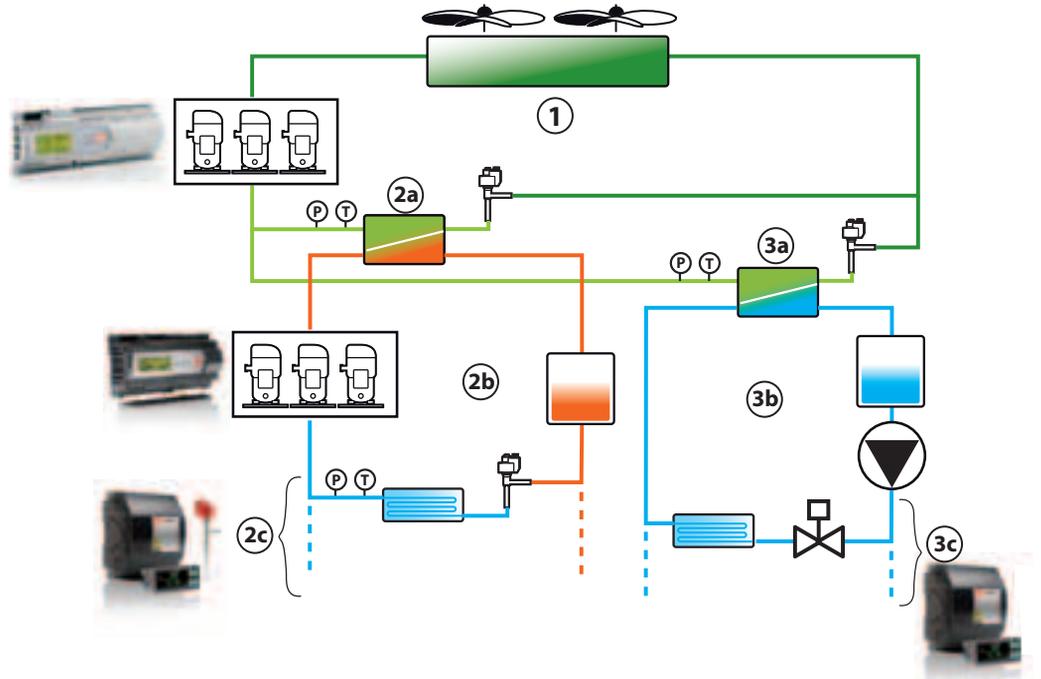
4. Hybridsysteme

Die bereits beschriebenen Lösungen können in einer selben Verkaufsstelle in Abhängigkeit ihrer TK- oder NK-Optimierung gleichzeitig Einsatz finden.

Daraus ergeben sich die Vorteile einer subkritischen Prozessführung (niedrige Drücke und hohe Effizienz) plus jener des Kältemittelpumpen-Einsatzes in Normalkühlverbraachern (mit reduzierter Umweltbelastung).

So wurden beispielsweise subkritisch ausgelegte Anlagen realisiert, in denen ein einziger Kaltwassersatz das CO₂ zweier Systeme kondensiert:

- R744-Pumpe für NK-Verbraucher;
- R744 in Kaskadenschaltung für TK-Verbraucher.

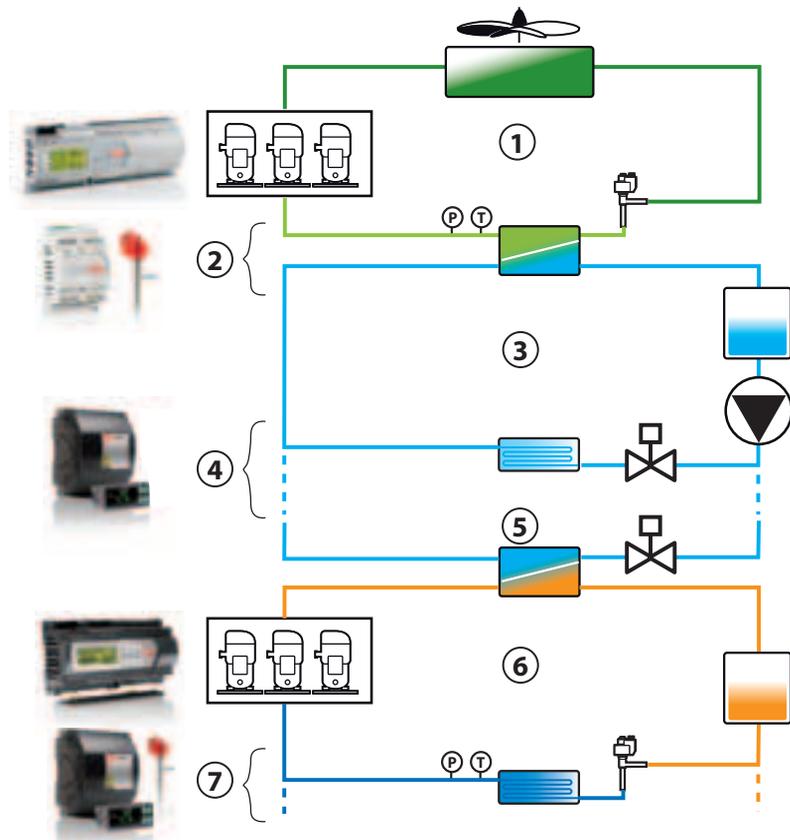


Legende Fig. 5:

1	R404a-Kaltwassersatz für die Kühlung der beiden Wärmetauscher:
2a.	R404a-CO ₂ -Wärmetauscher in Kaskadenschaltung
3a.	R404a-CO ₂ -Wärmetauscher in Pumpenprozess
2b	Kaskadenanlage
2c	TK-Verbraucher
3b	CO ₂ -Anlage mit Kältemittelpumpe
3c	NK-Verbraucher

Fig. 5

Eine andere Baulösung verwendet einen Kaltwassersatz für die Kühlung des Glykolwassers, das zu den NK-Verbrauchern gepumpt wird. Dieses kondensiert das CO₂ der Kaskadenanlage für die TK-Verbraucher.



Legende Fig. 6:

1	R404a-Kaltwassersatz für Glykolwasser-Kühlung (-10 °C)
2	Verdampfer für Glykolwasser-Kaltwassersatz
3	Glykolwasser-Anlage mit Pumpe für NK-Verbraucher und CO ₂ -Kondensation
4	NK-Verbraucher
5	Glykolwasser-CO ₂ -Wärmetauscher (Verflüssiger)
6	CO ₂ -Kaskadenanlage
7	TK-Verbraucher

PlantvisorPRO

Das innovative Überwachungs- und Kontrollsystem, das alle Feldgeräte in eine einzige Baulösung integriert. Fortschrittliches und komplett konfigurierbares Management: Alarmer, Aufzeichnung der Betriebsparameter der Peripheriegeräte, Konfiguration der Feldsteuerungen, Benutzerverwaltung.

(Bez. Betriebsanleitung Code +302239350)



Comply with
HACCP
93/43/EU



Rack controller

Unsere Top-Linie für die komplette Ansteuerung von Verbundkälteanlagen. Verschiedene Lösungen für jede Anlagenkomplexität mit modularem Verdichter- oder Verflüssigermanagement.

Kompatibel mit den innovativsten Energiesparmodalitäten für die Optimierung des Verflüssigungs- und Verdampfungsdrucks.

(Bez. Betriebsanleitung Code +302239390)



Steuerungslösungen für Kaltwassersätze und Klimaanlage

Unsere pCO sistema-basierten Lösungen für die Ansteuerung von Kaltwassersätzen mit hermetischen Verdichtern oder halbhermetischen Schraubenverdichtern.

Auch in diesem Fall ist das Angebot in Abhängigkeit der Anlagenkomplexität flexibel; es können auch elektronische Expansionsventile, integriert mit EVD-Modulen, geregelt werden.

(Bez. Betriebsanleitung Code +302239450, +302239365, +302239360)



MPXPRO

Die neue CAREL-Lösung für eine komplette und integrierte Verwaltung von Kühlmöbeln und Kühlräumen. Integrierte Regelung der E²V-Expansionsventile plus innovative Energiesparfunktionen.

Fortschrittliche Backup-Funktionen für eine höhere Betriebszuverlässigkeit.

(Bez. Betriebsanleitung Code +302239430)



EVD*450 (E²V CAREL Retail-Anwendungen) – EVD*420 (universal)

Die bewährte CAREL-Lösung für den eigenständigen oder in PlantvisorPRO integrierbaren E²V-Ventilbetrieb. Die Regelung wird über einen einfachen digitalen Eingang aktiviert und kann in verschiedensten Anwendungen zum Einsatz kommen.



E²V

Die CAREL-Produktreihe der proportionalen elektronischen Expansionsventile.

Kompatibel mit den gängigen Kältemitteln des Retailmarktes und natürlich mit CO₂-Prozessanwendungen. Grundlegendes Bauteil für hohe Energiesparquoten.

(Bez. Betriebsanleitung Code +302235240, +302235450; Bez. Fallstudie Code +402200000, +402200010 und +402200120)



NB: Für weitere Informationen und die Einsatzmodalitäten siehe die jeweiligen technischen Unterlagen auf www.carel.com.

Headquarters

CAREL S.p.A.
Via dell'Industria, 11 - 35020 Brugine - Padova (Italy)
Tel. (+39) 0499 716611 - Fax (+39) 0499 716600
carel@carel.com - www.carel.com

Subsidiaries

CAREL Australia Pty Ltd
www.carel.com.au
sales@carel.com.au

CAREL China Ltd.
www.carelhk.com
info@carelhk.com

CAREL Deutschland GmbH
www.carel.de
info@carel.de

CAREL Export
www.carel.com
carelexport@carel.com

CAREL France Sas
www.carelfrence.fr
carelfrence@carelfrence.fr

CAREL Italia
www.carel.com
carelitalia@carel.com

CAREL Ibérica
Automatización y Control ATROL S.L.
www.carel.es
atrol@atrol.es

CAREL Sud America Ltda.
www.carel.com.br
carelsudamerica@carel.com.br

CAREL U.K. Ltd.
www.careluk.co.uk
careluk@careluk.co.uk

CAREL USA L.L.C.
www.carelusa.com
sales@carelusa.com

Affiliates:

CAREL Korea Co. Ltd.
www.carel.co.kr
info@carel.co.kr

CAREL (Thailand) Co. Ltd.
www.carel.co.th
info@carel.co.th

CAREL Turkey
CFM Sogutma ve Otomasyon San. Tic. LTD
www.carel.com.tr
info@cfmsogutma.com