



Alles für CO<sub>2</sub>-Anwendungen im  
Einzelhandel



Einführung

p. 5

Arten der Prozessführung

p. 7

Subkritische CO<sub>2</sub>-kaskadenanlagen

p. 9

Subkritische CO<sub>2</sub>-Pumpenanlagen

p. 15

Transkritische CO<sub>2</sub>-Boosteranlagen

p. 19

Transkritische CO<sub>2</sub>-Verflüssigersätze

p. 25

Gemeinsame Komponenten

p. 27



## Einführung

*Die Wahl des Kältemittels und der Systemausführung sind grundlegend für die Emissionsminderung und den Umweltschutz. Gleichzeitig sind der Energieverbrauch und die Energieeffizienz Schlüsselkriterien, die in den letzten Jahren die gewerbliche Kältetechnik maßgebend beeinflusst haben.*

*CO<sub>2</sub> ist das aktuell in Verbundanlagen meist verwendete natürliche Kältemittel. Dieses Kompendium überarbeitet einige Schlüsselkonzepte im Zusammenhang mit dem Kohlendioxid und bietet eine Übersicht über die bis heute gebräuchlichsten CO<sub>2</sub>-Anlagentypen.*

Kohlenstoff wird bereits seit Anfang des 20. Jahrhunderts verwendet. Als Kältemittel hat es sich allerdings erst in den letzten Jahren durchgesetzt. Zuzuschreiben ist diese Entwicklung dem wachsenden Interesse an natürlichen Kältemitteln sowie der Gesetzgebung, die vor allem in Europa den Einsatz von synthetischen Kältemitteln einschränken will.

CO<sub>2</sub> ist in großen Mengen und überall verfügbar - auch als Abprodukt aus anderen Prozessen. Daher ist es viel preisgünstiger als konventionelle Kältemittel. Außerdem trägt es nur in vernachlässigbar geringem Maße zum Treibhauseffekt bei (GWP = 1, Ozonabbaupotenzial= 0), ist nicht giftig, nicht entflammbar und muss am Lebensende der Anlage nicht recycelt werden.

Neben den wirtschaftlichen, politischen und ökologischen Vorteilen besitzt CO<sub>2</sub> thermodynamische Eigenschaften, die in zahlreichen Anwendungen eine effiziente Alternative zu den konventionellen Kältemitteln darstellen.

Der Hauptunterschied zwischen Kohlendioxid und den synthetischen Kältemitteln ist der kritische Punkt: 31.1 °C, eine Temperatur, die in vielen Klimaregionen der Welt erreicht wird. Am kritischen Punkt sind die Dichten der gesättigten Flüssigkeit und des Sattdampfes dieselben. Bei höheren Temperaturen existieren keine Unterschiede zwischen den beiden Aggregatzuständen mehr: Man spricht von der überkritischen Phase. Druck und Temperatur sind also nicht mehr aneinander gebunden. Für ihre Überwachung, die Optimierung des Wärmeaustausches und die Maximierung der Effizienz sind also Vorkehrungen erforderlich.

Die größte Herausforderung für die Anlagenkomponenten (Verdichter, Ventile, Leitungen) sind die hohen Arbeitsdrücke. Höhere Drücke ermöglichen allerdings auch geringere Leitungsdurchmesser, ein niedrigeres Kompressionsverhältnis und ergeben weniger Druckverlustprobleme.

Das CO<sub>2</sub> kennzeichnet sich durch einen hohen latenten Wärmeanteil pro Volumeneinheit. Dies zeigt sich von Vorteil für die Wärmetauschergröße, die Anzahl der Kreisläufe und die Kältemittelmenge.





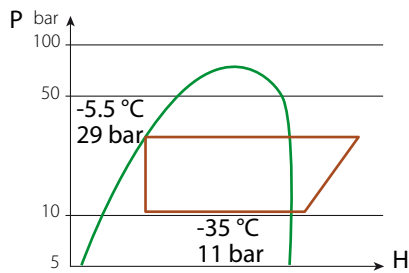
## Arten der Prozessführung

Der Fachliteratur zufolge erreicht  $\text{CO}_2$  seine kritische Temperatur bei rund  $31^\circ\text{C}$  ( $87^\circ\text{F}$ ) und seinen kritischen Druck bei rund  $73\text{ barg}$  ( $1045\text{ psig}$ ).

$\text{CO}_2$ -Systeme arbeiten unterschiedlich, je nachdem, ob die Prozessführung unterhalb (subkritisch) oder oberhalb (transkritisch) des kritischen Punktes erfolgt. Man spricht von subkritischem System, wenn die Temperatur des  $\text{CO}_2$  in der isothermen Phase nach der Kältemittelverdichtung unterhalb des kritischen Punktes liegt; von transkritischem System spricht man, wenn die Temperatur des  $\text{CO}_2$  am Gaskühleraustritt über  $31^\circ\text{C}$  und die Verdampfungstemperatur darunter liegt.

### Subkritischer Prozess

Die einfachste kältetechnische  $\text{CO}_2$ -Anwendung ist der subkritische Betrieb: Das  $\text{CO}_2$  wird dabei für die sekundäre Tiefkühlung verwendet (sowohl mit Dampfkompression (Kaskadenanlagen) als auch in Flüssig- $\text{CO}_2$ -Kreisen mit Zirkulationspumpe).

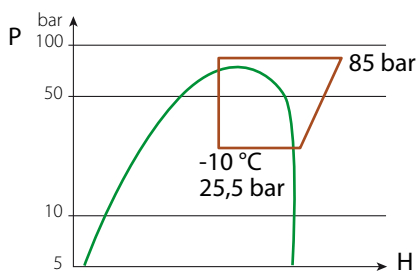


Subkritische Kühlung

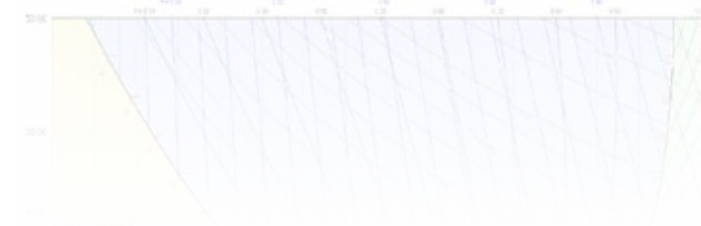
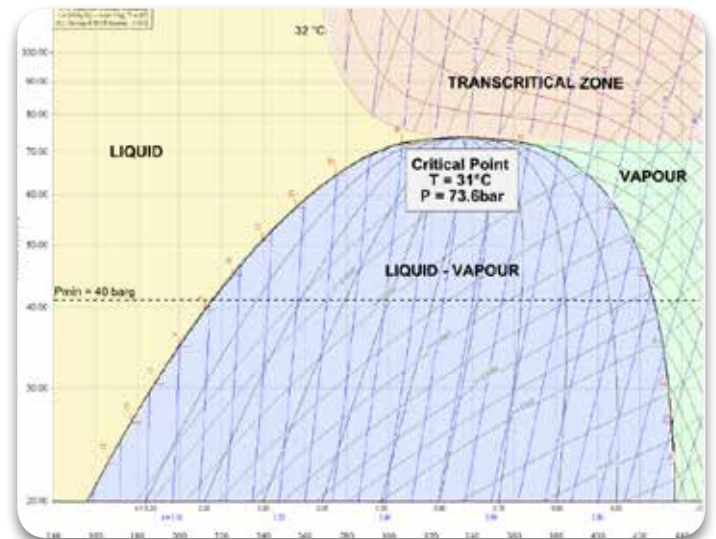
Der Primärprozess läuft über ein herkömmliches Kältemittel. Er hat die Aufgabe, die  $\text{CO}_2$ -Verflüssigungstemperatur unter dem kritischen Punkt zu halten, allgemein zwischen  $-5$  und  $-10^\circ\text{C}$ .

### Transkritischer Prozess

Das  $\text{CO}_2$  kann auch für den Wärmeaustausch mit der Außenumgebung verwendet werden. In diesem Fall spricht man von einer transkritischen Prozessführung, weil die Umgebungstemperatur zu bestimmten Jahreszeiten den kritischen Punkt von  $31.1^\circ\text{C}$  übersteigen kann.



Transkritische Kühlung

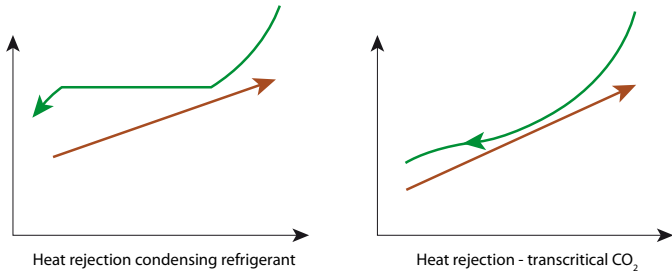


### Wärmerückgewinnung in Booster-Anwendungen

Der größte Unterschied zum normalen Kältemittelkreisprozess liegt in der Kühlung des verdichteten Gases; diese Phase entspricht nicht der Verflüssigung bei konstanter Temperatur, wie es bei den konventionellen Prozessen erfolgt.

Energieaustausch zwischen Luft und einem nicht natürlichen Kältemittel

Energieaustausch zwischen Luft und CO<sub>2</sub>

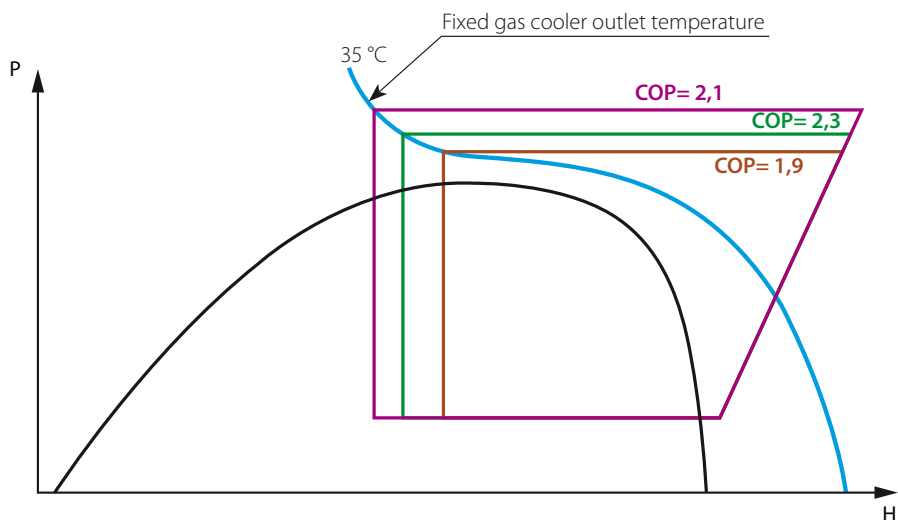


Bei der Verflüssigung findet die Zustandsänderung des Gases unter konstantem Druck statt. Im transkritischen Prozess erfolgt die Zustandsänderung des überkritischen Gases unter konstanter Absenkung der Temperatur.

Aus diesem Grund ist die Bauform des Hochdruckwärmetauschers eine andere. Man spricht von Gaskühler, nicht von Verflüssiger. Das Kohlendioxid begünstigt den Wärmeaustausch, weil beide Flüssigkeiten in jeder Phase der Zustandsänderung analogere Temperaturen als bei der herkömmlichen Verflüssigung aufweisen. Dieser Vorteil kann in den Wärmepumpen für höhere Leistungszahlen als in den konventionellen Maschinen genutzt werden. Für die Prozesseffizienz spielt die Druckregelung am Gaskühleraustritt eine wichtige Rolle.

Im Diagramm p-h sind bei einer festen Gaskühleraustrittstemperatur (in Blau dargestellt) verschiedene druckabhängige Prozesse ersichtlich. Für den in Braun gezeichneten Prozess ergibt sich bei zunehmendem Druck eine höhere Kälteleistung ( $\Delta h_{EVAP}$ ) als Verdichtungsarbeit ( $\Delta h_{COMP}$ ): Die Kältezahl steigt. Nach Erreichen des Drucks des in Grün dargestellten Prozesses erhöht sich die Verdichtungsarbeit mehr als die Kälteleistung, was die Kältezahl vermindert (in Violett).

Für jede Gaskühleraustrittstemperatur lässt sich also ein optimaler Druck mit effizienzoptimierter Kältezahl bestimmen.



Verschiedene Leistungszahlen bei konstanter Temperatur im PH-Diagramm



## Subkritische CO<sub>2</sub>-kaskadenanlagen

*In den subkritischen Kaskadensystemen wird CO<sub>2</sub> als Kältemittel für die Niedertemperaturstufe verwendet (Saugseite der Verdichter bei -30/-35 °C). Die bei der CO<sub>2</sub>-Verflüssigung abgegebene Wärme wird vom Kältemittel der Mitteltemperaturstufe aufgenommen. Dieser Prozess spielt sich in einem Wärmetauscher ab, der zwischen den beiden Kältemitteln in Kaskade geschaltet ist.*

Die subkritischen CO<sub>2</sub>-Anlagen mit Kaskadenschaltung eignen sich besonders für Anwendungen in Regionen mit mittleren bis hohen Temperaturen. Sie werden also allgemein in warmen Klimazonen oder für den Ersteinstieg in CO<sub>2</sub>-Anwendungen verwendet.

Kaskadenanlagen bestehen aus zwei Kältekreisläufen: 1 für die Normalkühlung (NK) (allgemein r134a, r404a und NH<sub>3</sub>) und 1 für die Tiefkühlung (TK) (r744). Sie sind durch einen oder zwei Plattenwärmetauscher gekoppelt, die auf der einen Seite das CO<sub>2</sub> verflüssigen, auf der anderen Seite als normale Verdampfer für den Normalkühlbetrieb arbeiten.

### Vorteile und Problemstellungen

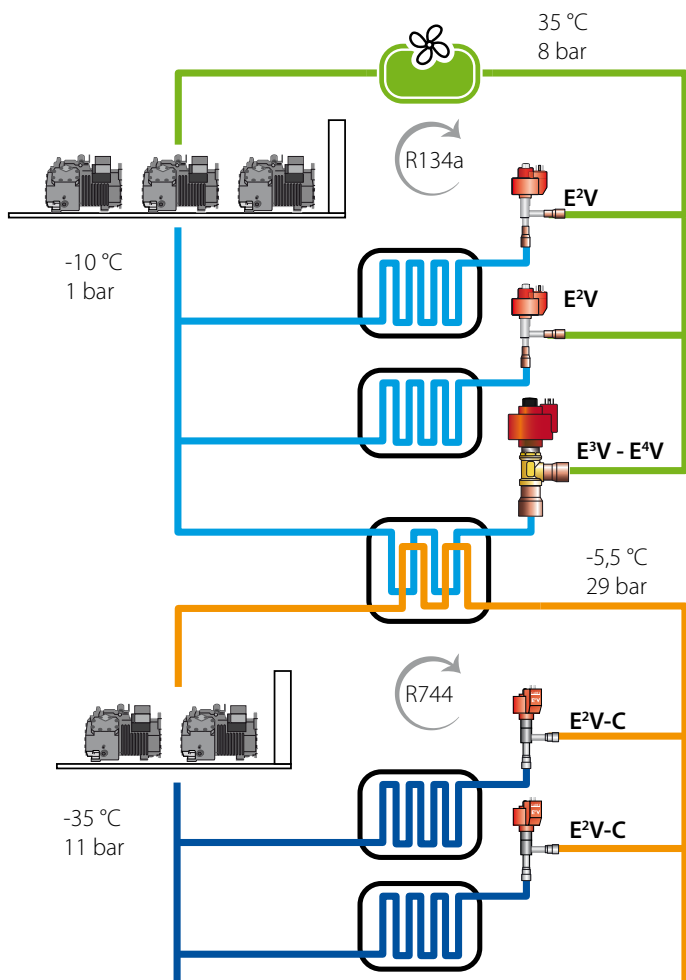


- System vergleichbar mit einer konventionellen Anlage (r404);
- Betriebsdrücke vergleichbar mit den konventionellen Drücken (max. 45 barg);
- Durchschnittlicher FKW-Gasgehalt;
- Anlageneffizienz besser im Vergleich zu FKW-Standards; auf alle Klimaregionen anwendbar.



- Falls nicht Ammoniak verwendet wird: keine komplett „grüne“ Anlage;
- Falls Ammoniak verwendet wird, kann die NK-Verbundanlage nicht in allen Klimaregionen für die Versorgung der Normkühlstellen eingesetzt werden;
- Es muss auf die Drücke im Sekundärkreislauf geachtet werden.





Beispiel einer subkritischen CO<sub>2</sub>-Kaskadenanlage

## CAREL-Lösung

### Liste der Steuergeräte:

- pRack pR300 + EXV für Verbundanlage und Plattenwärmetauscher;
- MPXPRO + E2V für Kühlmöbel;
- EVDEVO + Ultracap für Ventilsicherheit.

### pRack pR300: Verbundsteuerung

pRack pR300 steuert sowohl die NK- als auch die TK-Verbundanlage an. Abhängig von der Verbundanlagengröße sind eine oder mehrere Steuerungen erforderlich. Die Steuerung übernimmt die Aktivierung und Sicherung der TK- und NK-Verdichter (Inverter, Laststufen und Verdichter unterschiedlicher Leistung), des NK-Verflüssigers (bürstenlose Ventilatoren, Inverter, Stufen), der eventuellen Unterkühlungssysteme sowie die Synchronisierung der beiden Verbundanlagen und die Kommunikation mit den E-Ventiltreibern des Kaskaden-Wärmetauschers.

Für die CO<sub>2</sub>-Verflüssigung können maximal zwei Plattenwärmetauscher eingesetzt werden. Die Expansionsventile können mit dem in pRack pR300 integrierten Treiber oder mit externen EVD EVO-Treibern per RS485-Feldbus-Kommunikation geregelt werden.



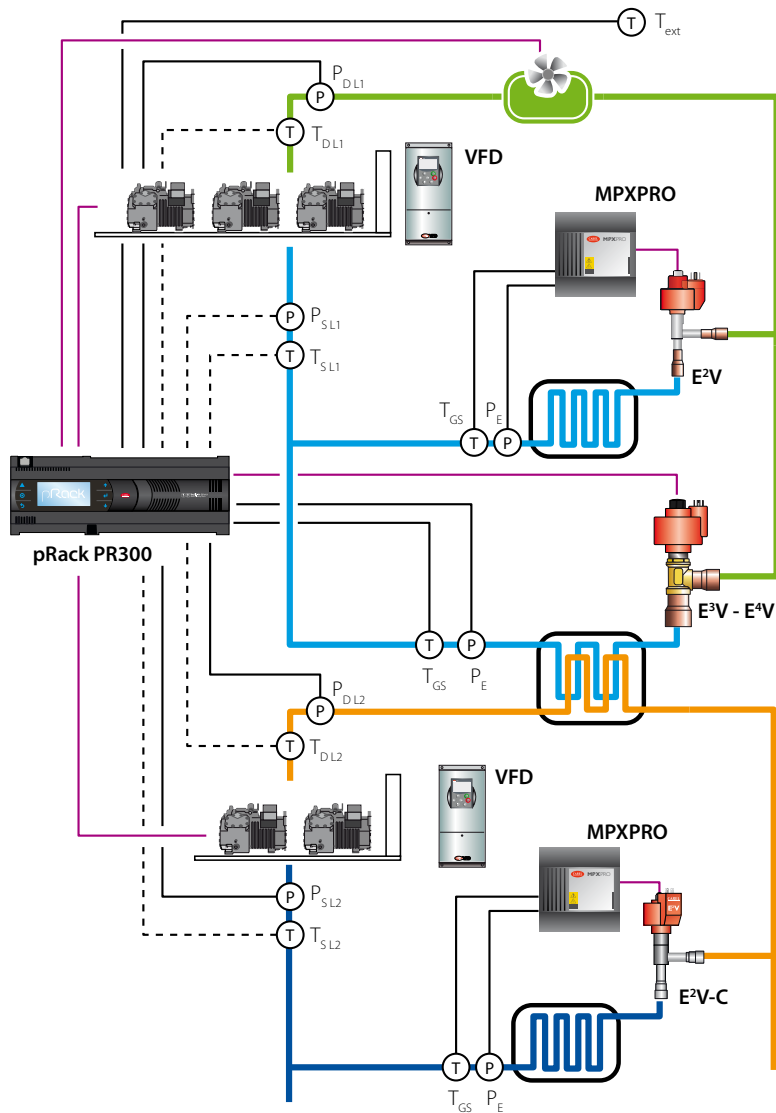
### EVD-EVO-Treiber - Steuerung für Expansionsventil

Entscheidendes Element für diese Art von Anlage ist der Kaskaden-Wärmetauscher, allgemein ein Plattenwärmetauscher, der die CO<sub>2</sub>-Verflüssigung der Anlage regelt. Für eine bessere Regelung bei niedriger Last und für mehr Sicherheit werden oft zwei Plattenwärmetauscher eingebaut. Sie werden von elektronischen Schrittmotor-Expansionsventilen EXV angesteuert (elektronische PWM-Ventile garantieren in diesen Anwendungen nicht optimale Leistungen).

Neben der herkömmlichen saugseitigen Überhitzungsregelung sorgen sie in diesen Anwendungen für die Direktkommunikation mit der TK-Verbundanlage, falls der Treiber in die TK-Verbundsteuerung integriert ist, oder für die serielle Kommunikation im Falle eines externen EVD EVO-Treibers. Für gute Leistungen muss das verflüssigte CO<sub>2</sub> überwacht werden.



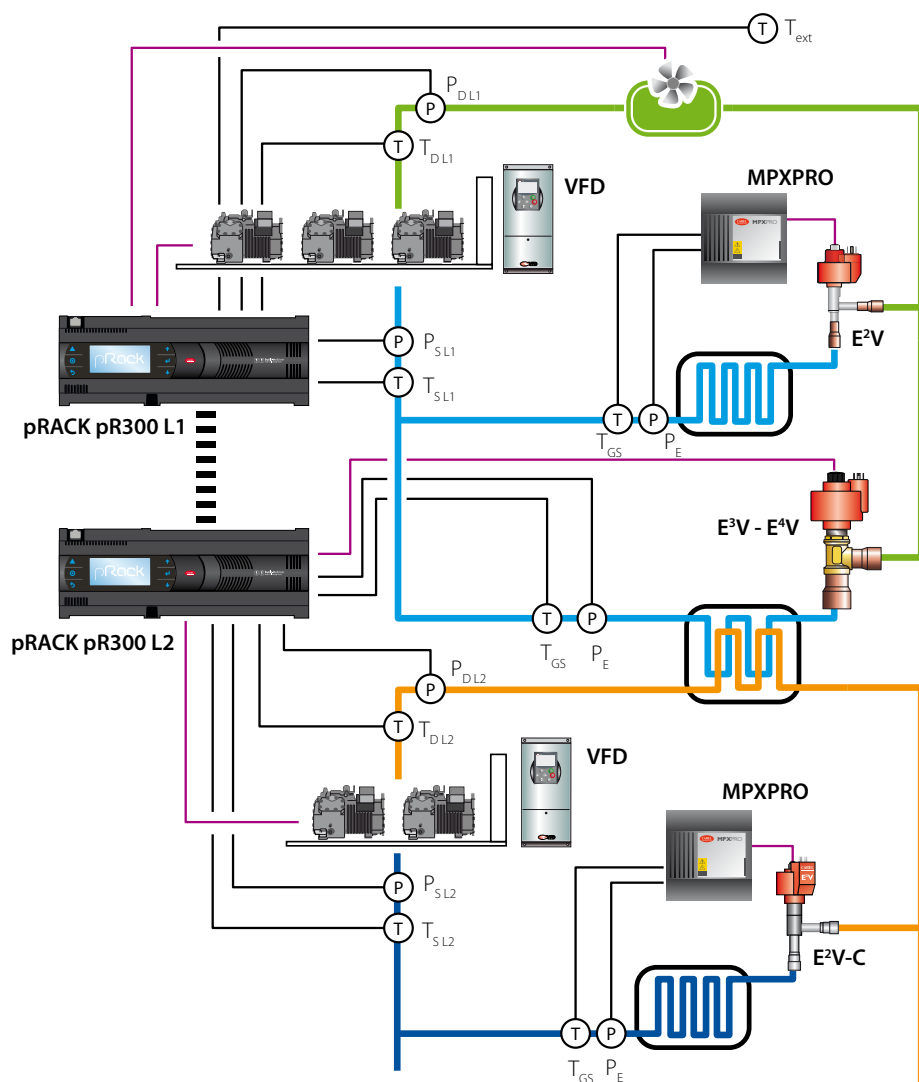
Regelschema mit einzelner pRack-Platine und einzelinem Built-in-Treiber



Anschlüsse pRACK

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
Text	Außentemperatur	NTC - HP
PD L1	Druckgasdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-18,2 barg
TD L1	Druckgastemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HT (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
PS L1	Saugdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-7 barg (Könnte als Backup von PE verwendet werden)
TS L1	Saugtemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))
PE	Verdampfungsdruck Wärmetauscher	Ratiometrisch -1-9,3 barg
TGS	Temperatur überhitztes Gas Wärmetauscher	NTC - HF
PD L2	Druckgasdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
TD L2	Druckgastemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HT (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
PS L2	Saugdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
TS L2	Saugtemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

Regelschema mit doppelter pRack-Platine und einzelem Built-in-Treiber



Anschlüsse pRack L1

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
T <sub>ext</sub>	Außentemperatur	NTC - HP
P <sub>DL1</sub>	Druckgasdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-18,2 barg
T <sub>DL1</sub>	Druckgastemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>SL1</sub>	Saugdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-7 barg
T <sub>SL1</sub>	Saugtemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
P <sub>E</sub>	Verdampfungsdruck Wärmetauscher	Ratiometrisch -1-9,3 barg
T <sub>GS</sub>	Temperatur überhitztes Gas Wärmetauscher	NTC - HF
P <sub>DL2</sub>	Druckgasdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20mA 0-44,8 barg
T <sub>DL2</sub>	Druckgastemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>SL2</sub>	Saugdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL2</sub>	Saugtemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

## Besonderheiten der Anlage

### DSS: Double System Synchronization

Kommunikationssystem zwischen NK-Verbundanlage und TK-Verbundanlage.

Der TK-Kreislauf arbeitet bei nicht-betriebemem NK-Kreislauf nicht korrekt. Zur Synchronisierung der beiden Verbundanlagen und Anpassung der Betriebsdynamiken ist eine Kommunikation der beiden unerlässlich.

Hierbei:

- kann der Betrieb der NK-Anlage - falls die TK-Anlage in Betrieb ist - sowohl beim Start als auch beim Regelbetrieb zwangsgeschaltet werden;
- kann die TK-Anlage deaktiviert werden, falls die NK-Anlage nicht korrekt arbeitet;
- können gleichzeitige Verdichteranläufe der beiden Verbundanlagen zur Reduzierung der Stromaufnahmespitzen vermieden werden;
- kann die Pumpdown-Funktion der Normalkühl-Verbundanlage aktiviert werden, wenn mindestens ein Verdichter der Tiefkühl-Verbundanlage arbeitet.

### EEVS: Electronic Expansion Valve Synchronization

Kommunikationssystem zwischen der TK-Verbundanlage (pRack pR300) und dem E-Expansionsventiltreiber des in pRack pR300 integrierten Plattenwärmetauschers oder dem externen EVD EVO-Treiber.

Die TK-Verbundanlage kann dem Treiber Kälteleistungsänderungen mitteilen und die Verdampferleistung auf der Grundlage des CO<sub>2</sub>-Verflüssigungsdrucks modulieren. Auf diese Weise wird die Installation zusätzlicher Fühler vermieden und kann der Verflüssigungsdruck fein und präzise geregelt werden. Durch den Informationsaustausch zwischen Verbundanlage und Wärmetauscher werden neben der traditionellen Überhitzungsregelung auch grundlegende Parameter wie die Kälteleistungsänderung der TK-Anlage und der CO<sub>2</sub>-Verflüssigungsdruckverlauf übertragen.

Diese Funktion ist in folgenden Fällen anwendbar:

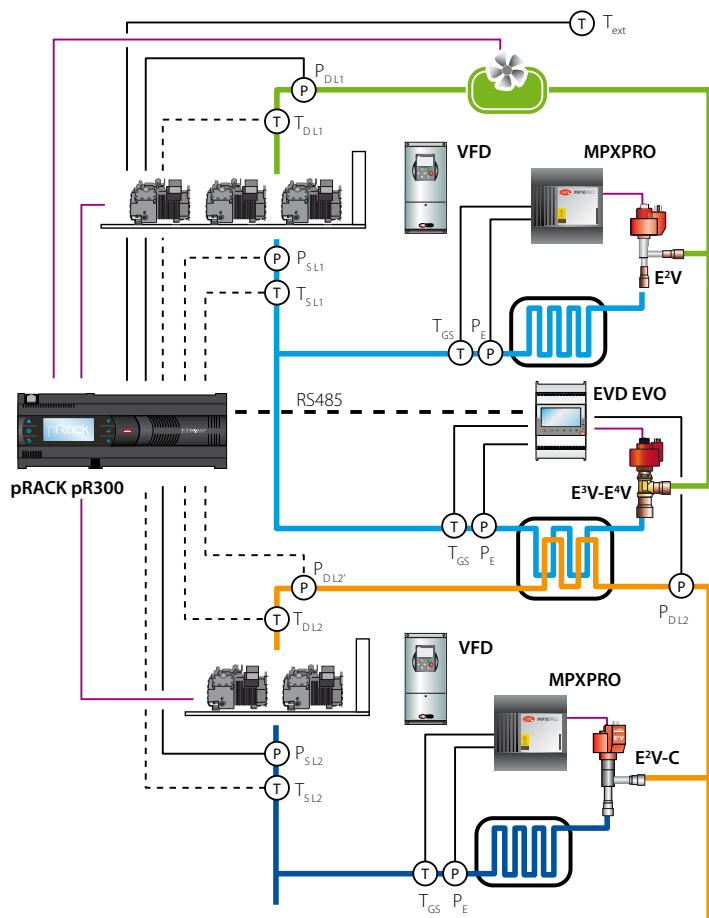
- bei pRack pR300 mit integriertem Treiber und einem einzigen Wärmetauscher
- bei pRack pR300 mit individuellem, externem EVD EVO-Treiber
- bei pRack pR300 mit zwei einzelnen, externen EVD EVO-Treibern;
- bei pRack pR300 mit 2 EVD-EVO-Treibern, davon einer integriert (nur 1 Wärmetauscher) und mit einem einzelnen, externen Treiber.

### Umgekehrter Schutz gegen hohe Verflüssigungstemperatur (HiTcond) auf S3

Ein Sicherheitsfahren sieht vor, den Verflüssigungsdruckfühler direkt an den (externen oder integrierten) EVD-EVO-Treiber anzuschließen. Dabei wird die Ventilregelung direkt vom Sicherheitsverfahren beeinflusst, weil das Ventil bei zu hohem CO<sub>2</sub>-Verflüssigungsdruck geöffnet wird. In diesem Fall ist der an pRack angeschlossene CO<sub>2</sub>-Verflüssigungsdruckfühler optional.

Die umgekehrte Schutzfunktion HiTcond reduziert schnelle Verflüssigungsdruckanstiege des CO<sub>2</sub>-Kreislaufs, die möglicherweise auf Laständerungen, auf Arbeitsbedingungen, auf eine un stabile Verdichterregelung oder auf allgemeine Probleme durch einen plötzlichen Ventilöffnungsanstieg zurückzuführen sind.

Regelschema mit einzelner pRack-Platine und integriertem, einzelem externem Treiber mit CO<sub>2</sub>-Hochdruckschutz



Anschlüsse pRack

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
T <sub>ext</sub>	Außentemperatur	NTC - HP
P <sub>D,L1</sub>	Druckgasdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-18,2 barg
T <sub>D,L1</sub>	Druckgastemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>S,L1</sub>	Saugdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-7 barg (Könnte als Backup von PE verwendet werden)
T <sub>S,L1</sub>	Saugtemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))
P <sub>D,L2'</sub>	Druckgasdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg (Könnte als Backup von PD L2 verwendet werden)
T <sub>D,L2</sub>	Druckgastemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>S,L2</sub>	Saugdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>S,L2</sub>	Saugtemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

Anschlüsse EVD EVO

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
P <sub>D,L2</sub>	Druckgasdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
P <sub>E</sub>	Verdampfungsdruck Wärmetauscher	Ratiometrisch -1-9,3 barg
T <sub>GS</sub>	Temperatur überhitztes Gas Wärmetauscher	NTC - HF

## Subkritische CO<sub>2</sub>-Pumpenanlagen

*In den subkritischen Pumpenanlagen wird CO<sub>2</sub> als Kältemittel für beide Nieder- und Mitteltemperaturstufen (falls vorhanden) verwendet. In diesen Systemen ist CO<sub>2</sub> das Sekundärkältemittel. Der Primärkreislauf, allgemein ein FKW- und KW-Kältesatz, kühlt das flüssige CO<sub>2</sub> und pumpt es dann in das System. Für diesen Prozess sind ein Wärmetauscher sowie ein Kältemittelsammler und eine eigene Pumpe erforderlich.*

Solche Anlagen werden weniger häufig als die subkritischen Kaskadenanlagen eingesetzt. Sie lassen die FKW-Kältemittel auf den Maschinenraum beschränken. Die Normalkühlstellen werden mit gepumptem Flüssig-CO<sub>2</sub> versorgt, während die Tiefkühlstellen mit Expansionsventilen ausgestattet sind. Das CO<sub>2</sub> wird von einem eigenen Kaltwassersatz (NH<sub>3</sub> oder r134a) in einem Tank mit Rohrbündelverdampfer gekühlt.

Im Vergleich den konventionellen Anlagen kommt hier die Pumpensteuerung hinzu. Die Pumpen lassen das flüssige CO<sub>2</sub> in den NK-Verdampfern zirkulieren, wo es sich nicht ausdehnt, sondern sich nur überhitzt und im halbflüssigen Zustand zum Kältemittelsammler zurückkehrt.

### Vorteile und Problemstellungen



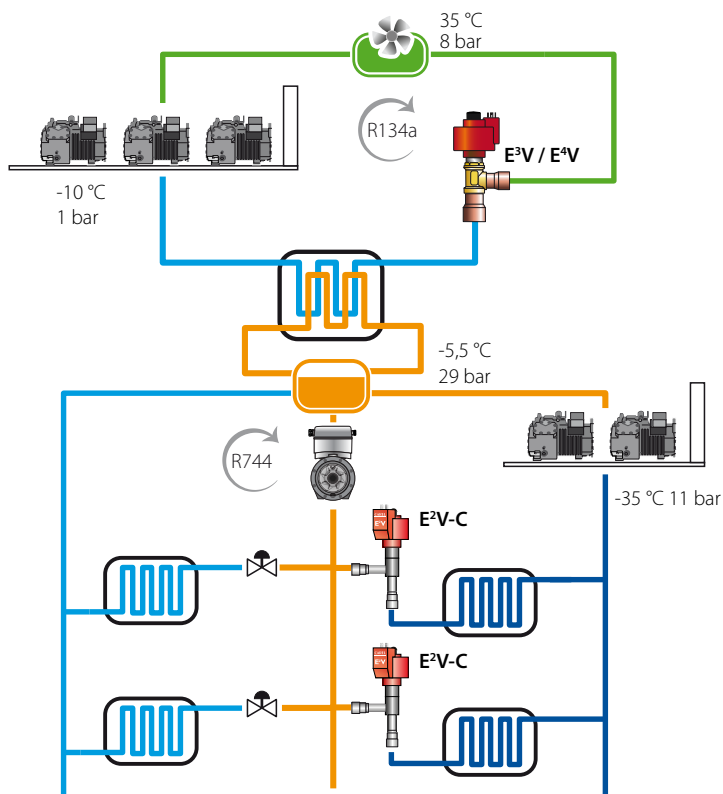
- Geringer Gehalt an nicht natürlichen Kältemitteln;
- Mögliche Verwendung von Ammoniak (NH<sub>3</sub>), das auf den Maschinenraum begrenzt bleibt;
- Vollständige grüne Anlage in der Ausstellungsumgebung.



- Sehr empfindlich in Bezug auf die Dimensionierung der Pumpensystemleitungen;
- Zusätzlicher Energieverbrauch durch die Pumpen;
- Es muss auf die Drücke im Sekundärkreislauf geachtet werden.







Beispiel einer subkritischen CO<sub>2</sub>-Pumpenanlage

## CAREL-Lösung

### Liste der Steuergeräte:

- pRack pR300 + EXV für Verbundanlage und Rohrbündelverdampfer;
- MPXPRO + E2V für Kühlmöbel;
- MPXPRO light für Normalkühlmöbel;
- EVDEVO + Ultracap für Ventilsicherheit.

### pRack pR300: Verbundsteuerung

Steuert sowohl die Verdichter der Kaltwassersätze (die nach dem CO<sub>2</sub>-Druck im Kältemittelsammler geregelt werden) als auch die TK-Verdichter an. Verwendet dieselben Synchronisierungsfunktionen zwischen den beiden Verbundanlagen. Wichtig für diese Art von Anlagen ist der koordinierte Betrieb der NK-Verbundanlage mit dem Rohrbündelverdampfer-Regler, um Niederdruckprobleme zu vermeiden. Die Hauptaufgabe ist die Druckregelung im Flüssigkeitssammler. Aufgrund der Kältemittelmenge und somit der erheblichen Trägheit müssen die Verdichter auf der Grundlage des Sammlerdrucks aktiviert werden. Der Saugdruck der NK-Anlage wird also nur zur sicherheitstechnischen Vermeidung von Niederdruckproblemen überwacht. pRack steuert auch einfache Pumpensysteme mit oder ohne Inverter an.



### MPXPRO und MPXPRO light

MPXPRO für die Tiefkühlstellen mit elektronischem Expansionsventil sowie für die Normalkühlstellen dank einer neuen Funktion des Steuergerätes, die ein Schrittmotorventil für die Regelung eines flüssigen Kältemittelflusses verwenden lässt. Alternativ kann MPXPRO light für die Normalkühlstellen verwendet werden, in denen kein elektronisches Expansionsventil erforderlich ist, sondern das Kältemittel auf der Grundlage der Kühlstellenanforderung geregelt wird. MPXPRO light ist kompatibel mit der Full-Optional-Version und ermöglicht eine Standardisierung der Anlage in Bezug auf Schaltpläne und Installation.



### EVD-EVO-Treiber - Steuerung für Expansionsventil

Der Rohrbündelverdampfer ist in dieser Art von Anwendungen ein kritisches Element. Die Größe des Verdampfers, die Lasträgheit und die Nähe der Verdichter erlegen eine sehr feine Regelung auf, die extrem schnell auf das Ein- und Ausschalten der Verdichter reagieren muss, graduell auf die Laständerung antworten muss, die Verdichter nicht überfluten darf und vor saugseitigen Niederdruckalarmen schützen muss.

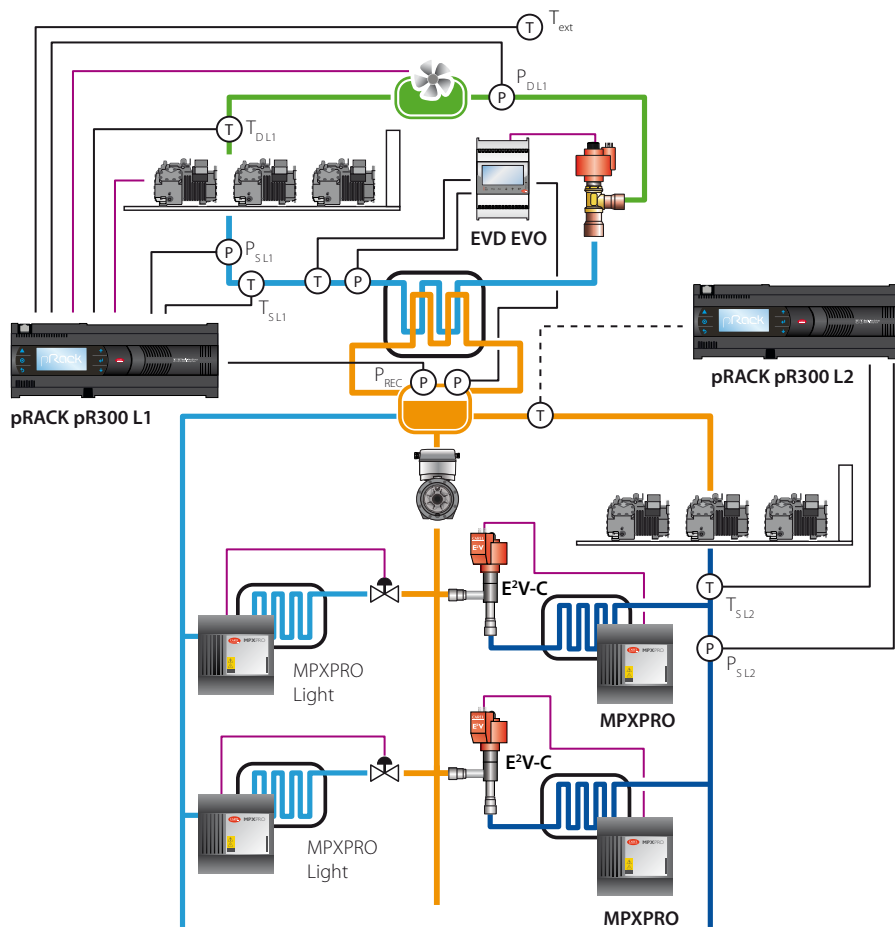
Die EVD EVO-Treiberfunktionen wie der Schutz gegen niedrige Überhitzung, der Schutz gegen niedrigen Saugdruck und der Schutz gegen hohen

CO<sub>2</sub>-Verflüssigungsdruck müssen also gemäß den Anlagenmerkmalen kalibriert sein (Anzahl und Typ der Verdichter, Größe des Verdampfers und des Flüssigkeitssammlers, Vorhandensein von saugseitigen Sammlern, Systemdynamik)





Regelschema mit doppelter pRack-Platine



Anschlüsse pRack pR300 L1

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
T <sub>ext</sub>	Außentemperatur	NTC - HP
P <sub>DL1</sub>	Verflüssigungsdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-18,2 barg
T <sub>DL1</sub>	Druckgastemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>SL1</sub>	Saugdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-10 barg (Zur Kontrolle des Niederdruckalarms)
T <sub>SL1</sub>	Saugtemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))
P <sub>REC</sub>	Druck des CO <sub>2</sub> -Sammlers	4-20 mA 0-10 barg (Zur Regelung der NK-Verdichter)

Anschlüsse pRack pR300T L2

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
T <sub>DL2</sub>	Druckgastemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>SL2</sub>	Saugdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL2</sub>	Saugtemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

Connessioni EVD EVO

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
P <sub>REC</sub>	Druckgasdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
P <sub>E</sub>	Verdampfungsdruck Wärmetauscher	Ratiometrisch -1-9,3 barg
T <sub>GS</sub>	Temperatur überhitztes Gas Wärmetauscher	NTC - HF



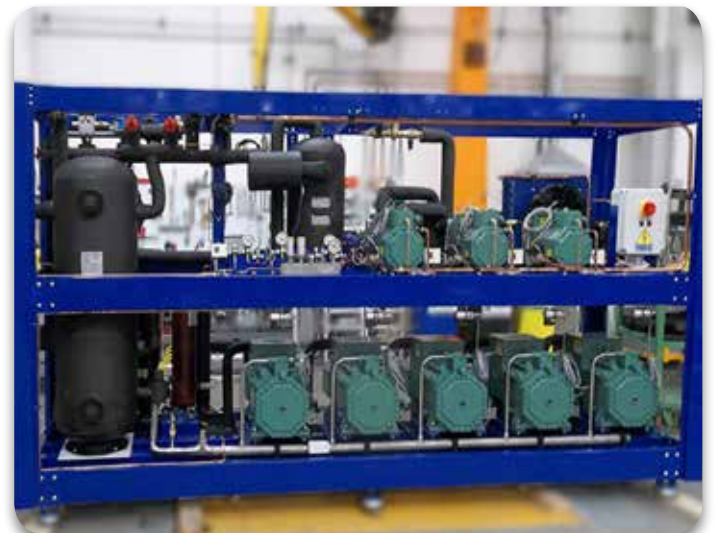
## Transkritische CO<sub>2</sub>-Boosteranlagen

*Das CO<sub>2</sub> wird in den transkritischen Systemen am Gaskühleraustritt gekühlt, aber nicht verflüssigt, weil seine Temperatur über dem kritischen Punkt liegt. Von Booster-System spricht man, wenn zwei Verdichtungsstufen desselben Kältemittels vorhanden sind. Das CO<sub>2</sub> wird an der Druckseite der Niedertemperaturverdichter über einen Zwischenkühler in die Saugleitung des Normaltemperaturverdichter geleitet.*

Transkritische CO<sub>2</sub>-Anlagen sind die vielversprechendsten Anwendungen mit natürlichen Kältemitteln, weil sie im Retailbereich vor allem in nicht zu warmen Klimaregionen eingesetzt werden können. Sie bestehen allgemein aus 4 verschiedenen Bereichen, die sich durch ihre Arbeitsdrücke unterscheiden:

- Hochdruck: der Bereich von der Druckseite der NK-Verdichter zum HPV-Ventil (in Rot), Sicherheitseinstellung auf 130 bar;
- Zwischendruck: der Bereich vom HPV-Ventil zu allen Expansionsventilen (Orange), Sicherheitseinstellung auf 90 bar;
- Mitteldruck: der Bereich von den NK-Verdampfern hinter den Expansionsventilen bis zur Saugseite der NK-Verdichter (Blau), Sicherheitseinstellung auf 60 bar;
- Niederdruck: der Bereich von den TK-Verdampfern hinter den Druckventilen bis zur Saugseite der TK-Verdichter (Dunkelblau), Sicherheitseinstellung auf 45 bar.

Eine einfache konventionelle Anlage mit Parallelverdichtern ist in der nachstehenden Abbildung dargestellt. Die am Markt erhältlichen Varianten unterscheiden sich vor allem in den Plattenwärmetauschern, die die Systemeffizienz erhöhen und/oder den Betrieb unterstützen. Da sie allgemein nicht unter die globale Betriebslogik des Systems fallen, werden sie hier nicht in Betracht gezogen.



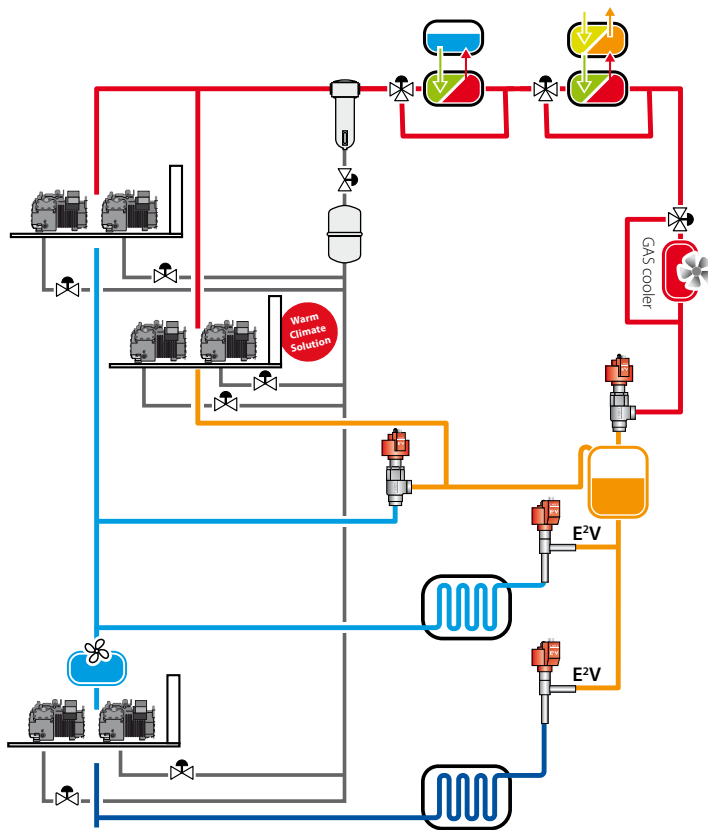
### Vorteile und Problemstellungen



- Vollständig mit natürlichen Kältemitteln (CO<sub>2</sub>) betriebene Anlage;
- Verschiedene Studien erweisen eine höhere Effizienz im Vergleich zu jeder anderen Anlage (konventionelles r404a oder subkritisches CO<sub>2</sub>) bei einer durchschnittlichen Umgebungstemperatur unter 15 °C;
- Technologie in Standardisierung, Kosten im Rückgang.



- Hohe Betriebsdrücke (bis zu 120 barg);
- Komplexere Anlagen als die herkömmlichen Anlagen;
- Gute Effizienz auch in warmen Klimazonen (>15 °C) mit Verwendung von zusätzlichen Technologien wie Parallelverdichtung, chillBooster und Wärmerückgewinnung.



Beispiel einer transkritischen CO<sub>2</sub>-Anlage

Das von den NK-Verdichtern bei einem Druck von rund 26 barg (Höchstdruck 40-60 barg) an der Verdichterdruckseite angesaugte Gas durchquert allgemein ein (mehr oder weniger komplexes) Wärmerückgewinnungssystem, das grundlegend für die Anlagengesamtleistung und den Gaskühler ist. In diesem Bereich hängt der Arbeitsdruck im Wesentlichen von der Außentemperatur ab. Er kann von Mindestwerten von rund 40-45 barg (abhängig von den Verdichtern) bis 120 barg (Höchstdruck der Sicherheitsventile) variieren. Der Name Gaskühler beruht darauf, dass der Verflüssiger aufgrund der Klimaverhältnisse nicht immer imstande ist, das CO<sub>2</sub> zu verflüssigen; es gelangt zum HPV-Hochdruckventil in Form eines dichten Gases. Das Hochdruckventil (HPV) ist das zentrale Anlagenbauteil und bestimmt die Effizienz der Anlage. Es hat den Anlagenbetrieb auf die jeweils günstigsten Verhältnisse abzustimmen, den Arbeitsdruck folglich bis auf 35-40 barg des nachgeschalteten Sammlers abzusenken und somit das CO<sub>2</sub> zu verflüssigen. Die Druckregelung im Kältemittelsammler erfolgt anhand des RPRV-Ventils oder Flashgasventils. Dieses Ventil hat die Aufgabe, einen Teil des Kältemittels zu bypassieren, um den Druck des Kältemittelsammlers konstant zu halten. Die Flüssigkeit tritt unter allen Anwendungsbedingungen, sei es bei mittlerem oder niedrigem Druck, aus dem Empfänger heraus. Die aus den Ventilen der Niederdruckverdampfer expandierte Flüssigkeit wird von den LT-Kompressoren angesogen und anschließend mit dem Gas aus den Mitteldruckverdampfern und Steuerventilen des Empfängers vermischt (in diesem Bereich kann der Maximaldruck zwischen 25 und 60 Bar liegen). Diese Gase von unterschiedlicher Temperatur werden anschließend von den Kompressoren von mittlerer Temperatur angesogen.

Zu den meist verwendeten Varianten gehören:

- Gaskühler für die Kühlung des Gases an der TK-Verdichterdruckseite (verwalten eine zweite temperaturgeführte Verflüssigungsleitung);
- Plattenwärmetauscher zwischen dem vom RPRV-Ventil stammenden Gas und der Flüssigkeitsleitung mit dem zweifachen Zweck der

- Unterkühlung der Flüssigkeit in Richtung Verdampfer und zur Beschränkung der vom Flash-Ventil erzeugten Erwärmung;
- Plattenwärmetauscher zwischen der NK-Saugseite und dem Gaskühleraustritt mit dem zweifachen Zweck der Unterstützung der erneuten Vermischung der verschiedenen Gase an der Verdichtersaugseite und zur zusätzlichen Kühlung des Gases am Gaskühleraustritt.

## CAREL-Lösung

### Liste der Steuergeräte:

- pRack pR300T + ExV-C für Verbundanlage und Hochdruckventile;
- MPXPRO + E2V für Kühlmöbel;
- EVDEVo + Ultracap für Ventilsicherheit;
- chillBooster für Verdunstungskühlung.

### pRack pR300T: Transkritische CO<sub>2</sub>-Verbundsteuerung

pRack pR300T steuert kleine bis mittel-große transkritische CO<sub>2</sub>-Anlagen in Einzel- oder Mehrfachplatinen-Ausführung an. Die Steuerung übernimmt die Aktivierung und Sicherung der TK- und NK-Verdichter, der eventuellen Wärmerückgewinnungssysteme, des Gaskühlers, der Ölrückführung, des Hochdruckventils (HPV) und des Flüssigkeitssammler-Druckregelventils (RPRV).

Die HPV- und RPRV-Ventile können direkt von pRack pR300T mit integriertem Treiber oder mit externem EVD EVO-Treiber verwaltet werden. Beide Treiber sind mit allen am Markt erhältlichen Ventilen kompatibel.



### E3V-C: Hochdruckventil

Aus der großen Erfahrung Carels im Bereich der hocheffizienten Drosselventile - insbesondere für natürliche Kältemittel - geht eine eigene Ventilserie für transkritische CO<sub>2</sub>-Anwendungen hervor. Sie eignet sich für Kälteanlagen in gewerblichen und industriellen Installationen, vor allem in der Lebensmittelbranche.

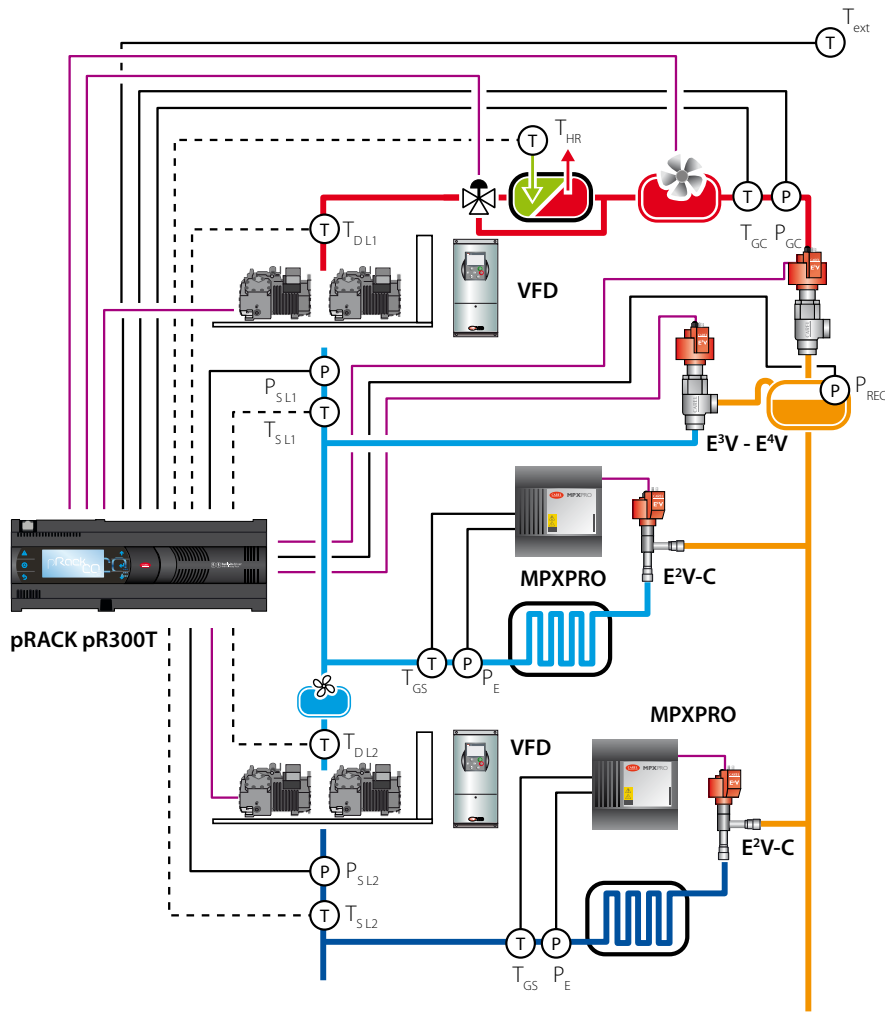
Die gesamte EXV-C-Serie garantiert maximale Installationsfreiheit. Dafür sorgen das extrem platzsparende (um bis zu 30 % kleiner als die Alternativmodelle) und patentierte Design (Patent angemeldet) und der Stator, der auch ohne Stromversorgung abgenommen werden kann und mit dem optionalen Zubehör EEVMAG das Ventil komplett manuell bedienen lässt.

Die kompakte Bauform von E3V-C reduziert auch deutlich das Gewicht im Vergleich zu den Konkurrenzprodukten. Dies wiederum erleichtert die Installation und vermindert erschütterungsbedingte Probleme.

Eine ausbaubare Konstruktion und ein waschbarer Filter aus rostfreiem Stahl erleichtern die Installation und Wartung des E3V-C zusätzlich.



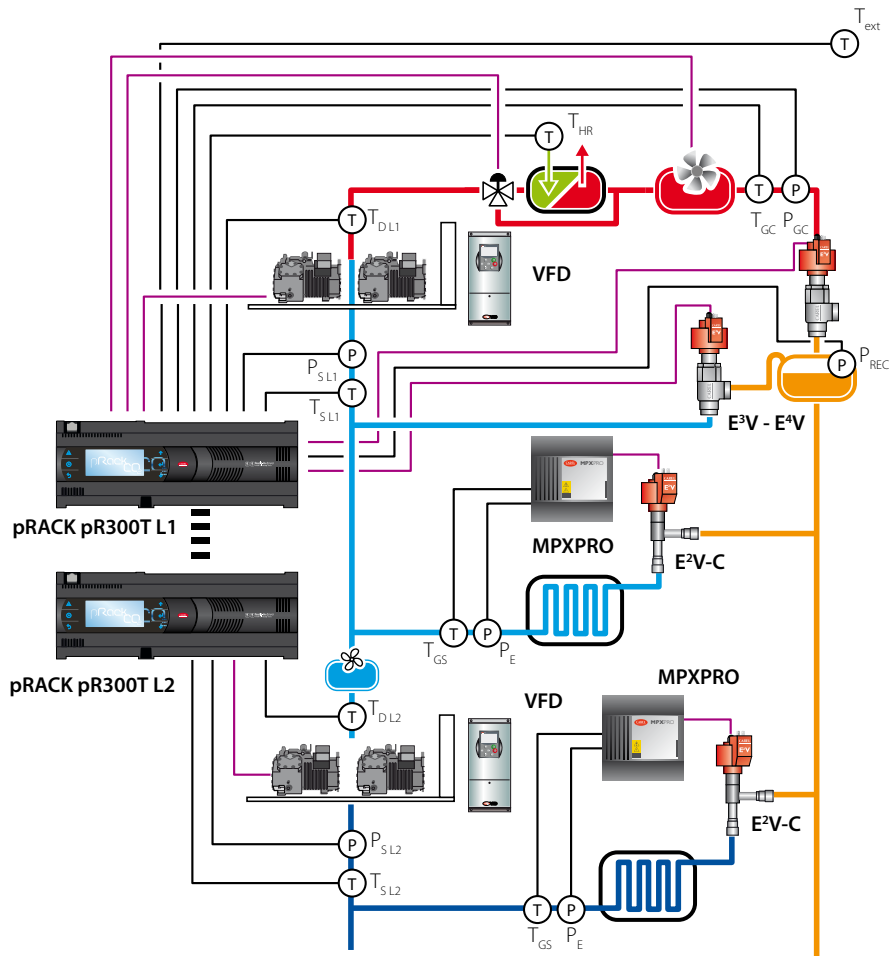
Regelschema mit einzelner pRack-Platine und integriertem Twin-Treiber



Anschlüsse pRack pR300T

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
T <sub>ext</sub>	Außentemperatur	NTC - HP
P <sub>GC</sub>	Gaskühlerdruck	4-20 mA 0-150 barg
T <sub>GC</sub>	Gaskühleraustrittstemperatur	NTC - HF
T <sub>HR</sub>	Wärmerückgewinnungstemperatur	NTC - HF (Zur Regelung des Wärmerückgewinnungssystems (optional))
P <sub>REC</sub>	Flüssigkeitssammlerdruck	4-20 mA 0-60 barg
P <sub>SL1</sub>	Saugdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL1</sub>	Saugtemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))
T <sub>DL2</sub>	Druckgastemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>SL2</sub>	Saugdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>SL2</sub>	Saugtemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

Regelschema mit doppelter pRack-Platine und integriertem Twin-Treiber



Anschlüsse pRack pR300T L1

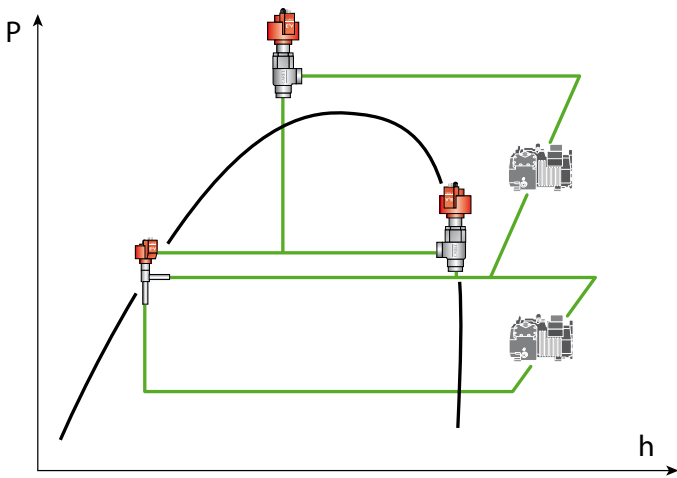
Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
T <sub>ext</sub>	Außentemperatur	NTC - HP
P <sub>GC</sub>	Gaskühlerdruck	4-20 mA 0-150 barg
T <sub>GC</sub>	Gaskühleraustrittstemperatur	NTC - HF
T <sub>HR</sub>	Wärmerückgewinnungstemperatur	NTC - HF (Zur Regelung des Wärmerückgewinnungssystems (optional))
P <sub>REC</sub>	Flüssigkeitssammlerdruck	4-20 mA 0-60 barg
P <sub>S L1</sub>	Saugdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>S L1</sub>	Saugtemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

Connessioni pRack pR300T L2

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
T <sub>D L2</sub>	Druckgastemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>S L2</sub>	Saugdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20 mA 0-44,8 barg
T <sub>S L2</sub>	Saugtemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

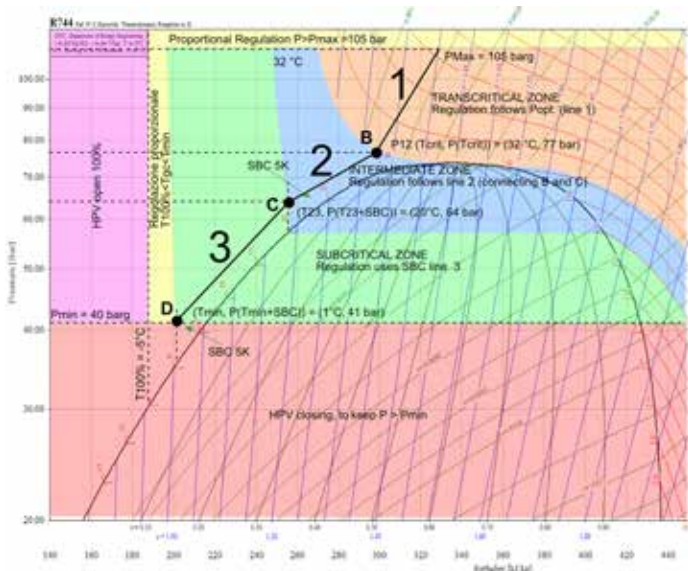
## Besonderheiten der Anlage

### Regelung der Hochdruckventile



Der Regelalgorithmus des HPV-Ventils in pRACK pR300T basiert auf der Gaskühleraustrittstemperatur TGC und auf dem Gaskühlerdruck PGC. Abhängig von den Betriebsbedingungen kann das System im:

- Transkritischer Betrieb (Linie 1): Das Gerät regelt das HPV-Ventil zur Beibehaltung des optimalen Arbeitsdrucks, der die Leistungszahl der Verbundanlage maximiert
- im subkritischen Betrieb fahren (Linie 3), in dem das Gerät eine bestimmte Unterkühlungslage beizubehalten versucht;
- im Übergangsbetrieb fahren (Linie 2), in dem das Gerät versucht, so sanft wie möglich vom transkritischen Betrieb auf den subkritischen Betrieb zu schalten, weil das Kältemittel in diesem Bereich weder flüssig noch gasförmig ist.

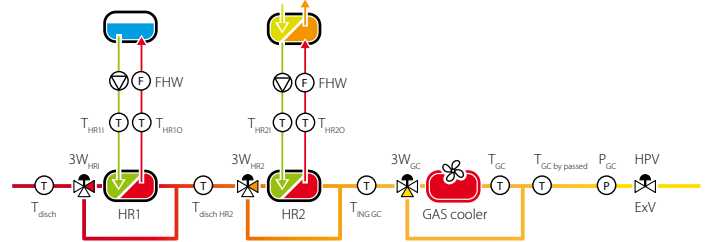


Das Flashgas-Ventil (RPRV) hält den Druck im Flüssigkeitssammler konstant auf einem voreingestellten Sollwert; unter Extrembedingungen kann es die Betriebsverhältnisse des HPV-Ventils für einen korrekten Gesamtsystembetrieb ändern. Das Ölrückführungssystem verwaltet den Ölstand des Abscheiders, steuert das Einspritzventil des Flüssigkeitssammlers und regelt dessen Druckdifferenz zur Anlagenseite und übernimmt die Verdichter-Öleinspritzung mit entsprechendem Alarmmanagement bei Ölmangel.

Diese Funktion trägt wesentlich zum Anlagenbetrieb bei. Sie kann auch mit elektromechanischen Ölrückführungssystemen zur Überwachung der korrekten Anlagenfunktion verwendet werden.

### Wärmerückgewinnung

Das Wärmerückgewinnungssystem beeinflusst die Gesamteffizienz des Systems. Es maximiert die rückgewinnbare Wärmemenge durch Änderung der Arbeitsbedingungen des Gaskühlers und des Hochdruckventils. Der Kreislauf nutzt die überschüssige Wärme an der Druckseite der Mitteltemperaturverdichter bei transkritischer Prozessführung. Die verminderte Leistungszahl wird akzeptiert, weil die Verminderung kleiner ist als jene, die sich durch den Einsatz eines zusätzlichen Wärmeerzeugers ergeben würde.



Mit der Wärmerückgewinnung werden beide Wärmetauscher und die jeweiligen Zirkulationspumpen (bei CO<sub>2</sub>-Wasser-Austausch) komplett angesteuert.

Die Aktivierung und Regelung jeder Rückgewinnung erfolgen auf der Grundlage der berechneten Wärmeforderung in Prozent, ausgehend:

- vom digitalen Eingang;
- oder vom Temperaturfühler;
- oder vom externen analogen Signal.

In den letzten beiden Fällen kann ein digitaler Eingang als Aktivierungseingang verwendet werden.

Nach der Aktivierung kann die Wärmerückgewinnung auf den Sollwert des HPV-Ventils einwirken. Der Mindestsollwert kann vom Default-Wert (40.0 barg) auf einen neuen Mindestsollwert (z. B. 75.0 barg) erhöht werden. Dadurch arbeitet das System unter transkritischen Bedingungen, auch wenn die Arbeitsbedingungen subkritisch sind und die Berechnung des Sollwertes des HPV-Ventils auf der Unterkühlung basieren würde. Die Erhöhung des Sollwertes kann proportional zur Erhöhung der Wärmerückgewinnungsanforderung bis zu einem maximal einstellbaren Wert erfolgen (der 100 % der Wärmerückgewinnungsanforderung entspricht).

Die Wärmerückgewinnung kann außerdem auf den Sollwert des Gaskühler einwirken. Sie kann den Temperatursollwert (oder Drucksollwert) der Ventilatoren des Gaskühlers graduell gleichzeitig zum Anstieg des Mindestsollwertes des Hochdruckventils oder als nachfolgende Aktion erhöhen. Als letzte Aktion (immer gebunden an den Prozentsatz der Wärmerückgewinnungsanforderung und an die Arbeitsbedingungen) kann der Gaskühler bypassiert werden.



Expansion für Anwendungen im Einzelhandel



### DSS: Double System Synchronization

Kommunikationssystem zwischen NT-Verbundanlage und TK-Verbundanlage

Der TK-Kreislauf arbeitet bei nicht-betriebener NK-Kreislauf nicht korrekt. Zur Synchronisierung der beiden Verbundanlagen und Anpassung der Betriebsdynamiken ist eine Kommunikation der beiden unerlässlich.

Hierbei:

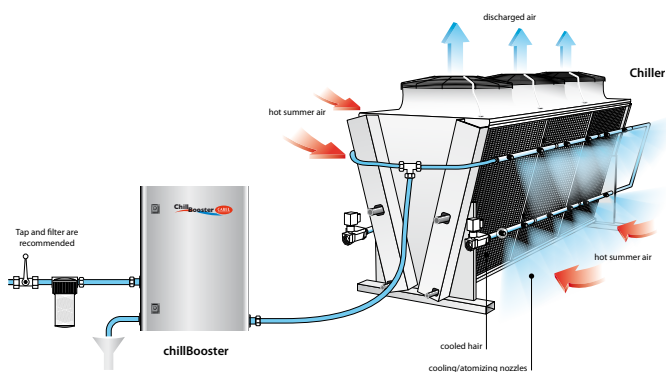
- kann der Betrieb der NK-Anlage - falls die TK-Anlage in Betrieb ist - sowohl beim Start als auch beim Regelbetrieb zwangsgeschaltet werden;
- kann die TK-Anlage deaktiviert werden, falls die NK-Anlage nicht korrekt arbeitet;
- können gleichzeitige Verdichteranläufe der beiden Verbundanlagen zur Reduzierung der Stromaufnahmespitzen vermieden werden;
- kann die Pumpdown-Funktion der Normalkühl-Verbundanlage aktiviert werden, wenn mindestens 1 Verdichter der Tiefkühl-Verbundanlage arbeitet.

## Lösungen für milde Klimazonen

### Chillbooster - Adiabatisches Kühlsystem für CO<sub>2</sub>-Gaskühler

Dieses einfache adiabatische Kühlsystem eignet sich besonders für Anlagen in gemäßigten Klimazonen, in denen die Außentemperatur nur für wenige Tage im Jahr über 30 °C steigt. Es lässt die wahrgenommene Außentemperatur des Gaskühlers um 5 bis 15 °C senken.

Das System ist also ideal für die Effizienzsteigerung in einer transkritischen Anlage bei warmen Temperaturen. Es integriert sich perfekt in pRack pR300T und lässt sich auch nur unter kritischen Bedingungen oder als Sicherheit aktivieren.

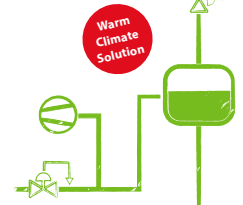


### Parallelverdichtung

Die Verwendung einer zusätzlichen Saugleitung (Zwischen- oder Parallelleitung genannt) verbessert die Energieeffizienz des Systems zusätzlich. Diese Art von Anlage eignet sich insbesondere für milde Klimazonen. Das Prinzip der Parallelverdichtung basiert auf der Möglichkeit, eine vorteilhaftere Leistungszahl zu nutzen, indem die Flashgasmenge das Flashventil (RPRV) für eine bestimmte Zeit und oberhalb eines gewissen Prozentsatzes offen hält. Ein höherer Wirkungsgrad wird durch ein geringeres Druckverhältnis zwischen Saug- und Druckseite erreicht. Dieses erfolgt, indem die Verdichter der Zwischenleitung anstelle der Verdichter der Normaltemperaturleitung verwendet werden.

Über eine Bypass-Abzweigung wird das Kältemittel nicht entspannt und an die Saugseite der Mitteltemperaturverdichter geleitet, sondern

direkt in die Saugleitung der Parallelleitungsverdichter geleitet. Die Synchronsteuerung des Bypassventils und des Parallelverdichters erhöht die Anlageneffizienz bei transkritischer Prozessführung. Dabei wird die an die Saugseite umgeleitete Gasmenge erheblich reduziert und wird der Sammlerdruck perfekt geregelt.



### Strahlpumpen, CO<sub>2</sub>-Verbundanlage der vierten Generation

Alternativ oder parallel zur zusätzlichen Verdichtung werden neue Lösungen für die Energieeffizienzsteigerung der CO<sub>2</sub>-Anlagen anhand von statischen mechanischen Vorrichtungen (Strahlpumpen) untersucht.

Die Strahlpumpen arbeiten nach dem Venturi-Wirkprinzip. Sie ermöglichen die Verwendung eines durch eine Verengung beschleunigten Primärflusses (typischerweise im Gaskühleraustritt unter Hochdruck), um einen Sekundärfluss bei niedrigerem Druck (an der Saugseite oder Sammlerseite) anzusaugen, zu mischen und zu transportieren.

Die Verwendung der Strahlpumpen lässt das Verdichtungsverhältnis und die Verdichterleistung reduzieren und garantiert eine Energieeinsparung.



## Transkritische CO<sub>2</sub>-Verflüssigersätze

*In den transkritischen Verflüssigersätzen gibt das CO<sub>2</sub> Wärme auf Temperaturen oberhalb des kritischen Punktes ab. Im einstufigen System wird das vom Gaskühler gekühlte CO<sub>2</sub> zuerst durch das Hochdruckventil entspannt und anschließend im flüssigen Zustand durch das elektronische Ventil in der Drosselungsphase (vor der Verdampfung des CO<sub>2</sub> in den einzelnen Kühlmöbeln) ausgedehnt.*

Für kleine Anwendungen bietet CAREL eine integrierte Komplettlösung mit Schrittmotor-Ventilen E2V\*CS. Diese sind im Vergleich zu den größeren Versionen am Markt einfacher zu installieren. Die CO<sub>2</sub>-Ventile E2V\*CS von Carel arbeiten mit einem Höchstdruck von 140 barg und einem Differenzdruck von 90 bar. Sie eignen sich für diese Art von Anwendungen bis zu Höchstleistungen von 40 kW. Die Kompaktversion sieht eine einzelne Steuerung mit integriertem Treiber und Ultracap-Technologie für die direkte Verwaltung der Ventile E2V\*CS vor (verwendet als HPV und RPRV). Die skalierbare pRack-Plattform sieht für solche Anwendungen dieselbe Benutzeroberfläche mit besonderem Fokus auf Installationskosten und Benutzerfreundlichkeit vor.

### Vorteile und Problemstellungen



- Vollständig mit natürlichen Kältemitteln (CO<sub>2</sub>) betriebene Anlage;
- Verschiedene Studien erweisen eine höhere Effizienz im Vergleich zu jeder anderen Anlage (konventionelles r404a oder subkritisches CO<sub>2</sub>) bei einer durchschnittlichen Umgebungstemperatur unter 15 °C;
- Technologie in Standardisierung, Kosten im Rückgang.



- Hohe Betriebsdrücke (bis zu 120 barg);
- Komplexere Anlagen als die herkömmlichen Anlagen;
- Gute Effizienz auch in warmen Klimazonen (>15 °C) mit Verwendung von zusätzlichen Technologien wie Parallelverdichtung, chillBooster und Wärmerückgewinnung.



## CAREL-Lösung

### Liste der Steuergeräte:

- pRack pR100T für die Verbundanlage;
- E2V-C für Hochdruckventile;
- MPXPRO + E2V für Kühlmöbel;
- EVDEVo + Ultracap für Ventilsicherheit.

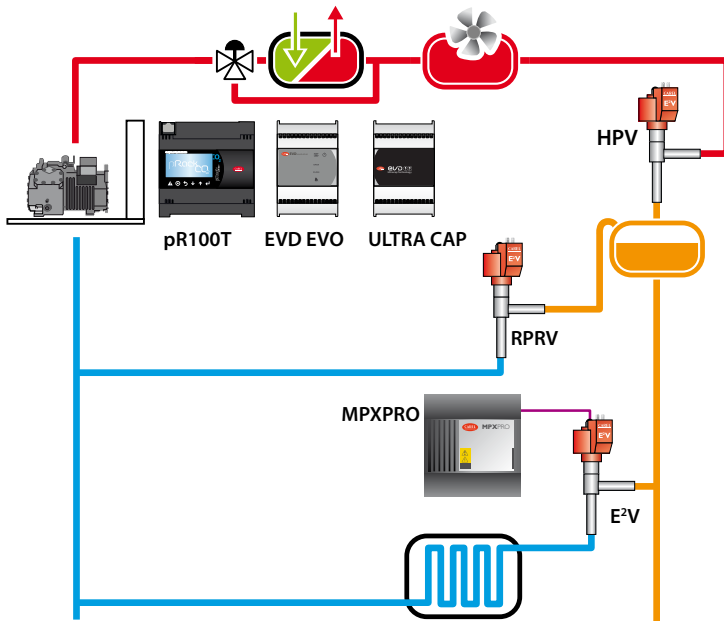
### pRack pR100T: Steuergerät für CO<sub>2</sub>-Verflüssigersätze

pRack pR100T ist ein kompaktes Steuergerät, das jedoch ein großes Potenzial bietet. Es steuert ein kleines CO<sub>2</sub>-System mit einem einfachen und benutzerfreundlichen Terminal komplett an und ist ideal für Verflüssigersätze und Convenience Stores.

Die Erfahrung CARELs im Bereich des CO<sub>2</sub> und die ständig steigende Anzahl der pR300T-gesteuerten, grünen Supermärkte haben ein großes Steuergerät hervorgebracht, das auch in kleinen Anlagen hoch zuverlässig und energieeffizient arbeitet.



### Regelschema mit einzelner pRack-Platine und integriertem Twin-Treiber



### Anschlüsse pRack pR100T

Abk.	Beschreibung	Fühlertyp
T <sub>ext</sub>	Außentemperatur	NTC - HP
P <sub>GC</sub>	Gaskühlerdruck	4-20mA 0-150 barg
T <sub>GC</sub>	Gaskühleraustrittstemperatur	NTC - HF
T <sub>HR</sub>	Wärmerückgewinnungstemperatur	NTC - HF (Zur Regelung des Wärmerückgewinnungssystems (optional))
P <sub>REC</sub>	Flüssigkeitssammlerdruck	4-20mA 0-60 barg
P <sub>S11</sub>	Saugdruck Leitung 1 (Normalkühlung)	4-20mA 0-44,8 barg
T <sub>S11</sub>	Saugtemperatur Leitung 1 (Normalkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))
T <sub>D12</sub>	Druckgastemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der Druckgastemperatur (optional))
P <sub>S12</sub>	Saugdruck Leitung 2 (Tiefkühlung)	4-20mA 0-44,8 barg
T <sub>S12</sub>	Saugtemperatur Leitung 2 (Tiefkühlung)	NTC - HF (Zur Regelung der saugseitigen Überhitzung (optional))

## Gemeinsame Komponenten

*Neben den bereits beschriebenen Vorrichtungen bietet CAREL Retail Sistema weitere grundlegende Produkte für das Anlagenmanagement*

### PVPRO: Überwachungssystem

Zugriff auf die gesamte Anlage, Fine-Tuning, ständige Überwachung und Datenaufzeichnung, Kommunikation mit außen und Alarmmanagement. Fern- und Lokalzugriff. Verschiedene Funktionen zur Anlagenoptimierung und Erhöhung der Sicherheit:

- Floating suction pressure (gleitende Saugdruckregelung): zur Optimierung des Saugsollwertes der Verbundkälteanlage gemäß reellem Bedarf;
- Dew point broadcast (Taupunkt-Broadcast): zur Regelung der Antibeschlagheizungen der Kühlstellen durch Ablesen des Taupunktes der Verkaufsstelle;
- Parameters Control (Parameterkontrolle): zur Überwachung (auch offline) der Grundbetriebsparameter des Systems mit Verhinderung von ungewollten Änderungen;
- Energy (Energie): zur Überwachung des Anlagenenergieverbrauchs, Erstellung von geplanten Berichten zum Leistungsverlauf der Anlage;
- KPI (Key performances indicator) (Leistungskennzahl): für eine schnelle und effiziente Übersicht über den Betriebszustand der verschiedenen Kühlstellen und Festlegung des Eingriffsbedarfs;
- Recovery procedure (Wiederherstellungsverfahren): zur direkten Interaktion mit allen Kühlstellensteuerungen bei Störungen der Verbundanlage und zur entsprechenden Planung der Wiedereinschaltung zur Unterstützung des Systemneustarts.



### DPWL: Kältegas-Detektoren

Diese Sensoren sind für jeden Kältemitteltyp verfügbar. Der CO<sub>2</sub>-Detektor ist sowohl im Maschinenraum als auch in den Ausstellungsumgebungen von großer Bedeutung. Sie können mit den elektronischen Steuerungen mittels Analogsignalen oder mit dem Überwachungssystem per Modbus RTU verbunden werden. Sie überwachen den CO<sub>2</sub>-Gehalt im Raum und erfassen unmittelbar die für den menschlichen Körper gefährlichen Gasaustritte. CO<sub>2</sub> ist ein Erstickung verursachendes Gas. Es ist schwerer als die Luft und sammelt sich bei einem Gasaustritt am Boden an. Die Installation von Sensoren empfiehlt sich also auf einer Bodenhöhe von 30-40 cm und in Maschinennähe.



### VFD: inve Inverter

Die Inverter-Bandbreite VFD von CAREL ist sowohl für Verdichter als auch für Ventilatoren verfügbar und deckt alle Anwendungen inklusive CO<sub>2</sub>-Anlagen ab. Kombiniert mit der pRack-Bandbreite sorgen die VFD für eine feine Regelung des Verdampfungsdrucks.



### Fühler und Druckwandler

Umfassende Bandbreite von verschiedensten Temperaturfühlern und Druckwandlern für alle Anwendungen mit natürlichen Kältemitteln:

- 4-20-mA-Druckfühler: empfohlen für Verbundkälteanlagen;
- Ratiometrische Druckfühler: empfohlen für Kühlmöbel und Kühlräume;
- NTC- und pT1000-Temperaturfühler;
- NTC- und pT1000-Temperaturfühler mit Schelle: empfohlen für Installationen auf Rohrleitungen.



### pLoads: Lastmanagement

Vorrichtung zur Lastensteuerung auf der Grundlage des Anlagenenergieverbrauchs. Lässt die einzelnen Lasten bei Energiesparmöglichkeit zuschalten und/oder abtrennen. Integriert in pRack pR300 lässt pLoads im Bedarfsfall die Kühlleistung der Verbundkälteanlage reduzieren.



### pChrono: Planer

Vorrichtung zur Planung der Licht-, Pumpen- und Anlagengeräteaktivierung für eine maximale Energieeinsparung (nicht nur bezogen auf die Kältetechnik, sondern auch auf die Klima- und Gebäudeleittechnik).



### EXV lab

CAREL EXV lab ist das Hilfstool für die Wahl und die Verwendung der CAREL-Ventile.

Es ist eine webgestützte Umgebung, wo sowohl erfahrenen Projektanten als auch Neueinsteigern Ventil-Auswahl- und Prüfhilfen für alle Anwendungen und Betriebsweisen eines EXV zur Verfügung stehen.

<https://exvselectiontool.carel.com/ExVlab/>

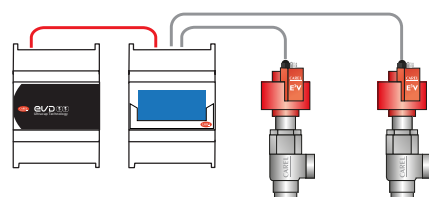


### ULTRACAP für EVDEVO

Ultracap ist das neue Notstromgerät für elektronische Ventile; es ist die natürliche Ergänzung von EVDevo in Einfach- oder Twin-Ausführung und garantiert die vollständige Schließung des Ventils auch bei plötzlichem Netzausfall.

Dank der Doppelschichtkondensator-Technik (ELDC) liefert Ultracap zuverlässig und unmittelbar reinen Notstrom und stellt im Vergleich zu den konventionellen, batteriegestützten Systemen auch in Sachen Entsorgung der Instandhaltungsmaterialien einen Schritt vorwärts dar. Ultracap bedeutet Sofort-Energie: Nur 4 Minuten nach der Rückkehr der Netzspannung ist das Gerät wieder geladen und aktiv (praktisch die reine Neustartzeit des Verdichters...).

Durch die extreme Zuverlässigkeit von Ultracap, kombiniert mit der außerordentlichen hermetischen Schließqualität der CAREL-Ventile, kann auch in den kritischsten Anwendungen auf Magnetventile verzichtet werden.



### MPXPRO & E2V - Kühlstellensteuerung und elektronische Schrittmotor-Expansionsventile

Aufgrund der Kältemittelgeschwindigkeit des CO<sub>2</sub> ist die Verdampferregelung ausschlaggebend für einen guten Anlagenbetrieb. Die elektronischen Schrittmotor-Expansionsventile E2V von CAREL gewährleisten hierzu eine gute Anlagenstabilität. Mit seiner Ultracap-Technologie sorgt das System MPXPRO + E2V für die perfekte Schließung der Anlage ohne Bedarf an zusätzlichen Magnetventilen.



### E3V-C-Serie

Die Ventile der EXV-C-Serie bieten maximale Einsatzflexibilität: Sie unterstützen bis max. 140 barg Arbeitsdruck (MOP) und dichten auch bei höchsten Differenzdrücken perfekt ab. Durch die kleine Baugröße, die einem patentierten Design entstammt, können die EXV-C auch in jeder bereits bestehenden Anlage nachgerüstet werden. Mechanische Präzision, durch extreme Betriebstests garantierte Zuverlässigkeit und Anwendungsflexibilität sind kurz gesagt die Höchstleistungen, die die EXV-C-Serie in jedem CO<sub>2</sub>-Kreislauf erbringt.



### E2V-Serie

Das elektronische E2V-Ventil wird im Kältekreislauf als Entspannungsorgan des Kältemittels installiert; dabei wird die anhand eines Druck- und Temperaturfühlers am Verdampferaustritt gemessene Überhitzung als Regelsignal verwendet.

### E2V-BSF/M

Die E2V-BS-Ventile müssen verlötet werden. Der mechanische Filter vor dem Kältemiteleintritt gehört nicht zum Lieferumfang. Der (optionale) Metallgewebefilter kann ausschließlich am seitlichen Eintrittsanschluss eingefügt werden und muss mit dem Rohr des Kreislaufs blockiert werden, bevor das Ventil verlötet wird. CE-Zulassung: 60 bar (870 psi). UL-Zulassung: 45 bar (652 psi).



### E2V-BZ

Die E2V-BZ-Ventile besitzen gemischte Anschlüsse für beide Verfahren (Löten und Verbinden). Der mechanische Filter ist im Lieferumfang enthalten. Auch in diesem Fall wird der Filter unidirektional (in einer Richtung) verwendet. CE-Zulassung: 60 bar (870 psi). UL-Zulassung: 45 bar (652 psi).



### E2V-CS

Neben der traditionellen Kältemittel-Entspannungsfunktion (wobei als Regelsignal die Überhitzung verwendet wird) kann dieses Ventil als Druckregler in transkritischen Kreisläufen mit CO<sub>2</sub> als Kältemittel (R744) verwendet werden. Die E2V-C-Ventile müssen verlötet werden. Es muss immer ein mechanischer Filter vor dem Kältemiteleintritt installiert werden. Der Filter ist optional getrennt erhältlich bzw. in der Serie E2V-CS100 integriert. Hauptmerkmale dieser Ventile:

- Max. Arbeitsdruck (MOP): bis zu 140 bar (2030 psi);
- Max. Arbeitsdifferenzdruck (MOPD) 120 bar (1740 psi) - für E2V24C\*\*\*\* 85 bar (1233 psi).



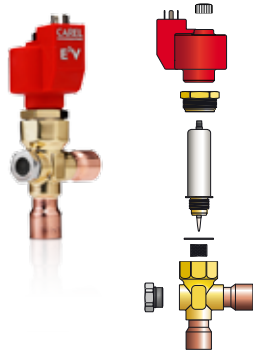
### E2V-S

Die E2V-S-Ventile müssen am Kreislauf durch Verlötung der Kupferanschlüsse mit den Verflüssigeraustritts- (IN) und Verdampfeintrittsleitungen (OUT) befestigt werden.

Das E2V SMART besteht aus modularen Komponenten, die während der Installation zu montieren sind. Die Flexibilität wird durch den abnehmbaren Filtereinsatz garantiert.

Diese Lösung ist wartungsfreundlich und ermöglicht die Überprüfung der einzelnen Bauteile.

CE-Zulassung: 60 bar (870 psi). UL-Zulassung: 45 bar (652 psi).



*Manueller Stellantrieb für EXV-Ventile*



## Headquarters ITALY

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

## Sales organization

CAREL Asia  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Australia  
[www.carel.com.au](http://www.carel.com.au)

CAREL China  
[www.carel-china.com](http://www.carel-china.com)

CAREL Deutschland  
[www.carel.de](http://www.carel.de)

CAREL France  
[www.carelfrence.fr](http://www.carelfrence.fr)

CAREL HVAC/R Korea  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Iberica  
[www.carel.es](http://www.carel.es)

CAREL India  
CAREL ACR Systems India (Pvt) Ltd.  
[www.carel.in](http://www.carel.in)

CAREL Middle East DWC LLC  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Nordic AB  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Russia  
[www.carelrussia.com](http://www.carelrussia.com)

CAREL South Africa  
CAREL Controls S.A. (Pty)  
[www.carelcontrols.co.za](http://www.carelcontrols.co.za)

CAREL Sud America  
[www.carel.com.br](http://www.carel.com.br)

CAREL U.K.  
[www.careluuk.co.uk](http://www.careluuk.co.uk)

CAREL U.S.A.  
[www.carelusa.com](http://www.carelusa.com)

## Affiliates

CAREL Czech & Slovakia  
CAREL spol. s.r.o.  
[www.carel-cz.cz](http://www.carel-cz.cz)

CAREL Ireland  
FarrahVale Controls & Electronics Ltd.  
[www.carel.com](http://www.carel.com)

CAREL Japan Co., Ltd.  
[www.carel-japan.com](http://www.carel-japan.com)

CAREL Korea (for retail market)  
[www.carel.co.kr](http://www.carel.co.kr)

CAREL Mexicana S de RL de CV  
[www.carel.mx](http://www.carel.mx)

CAREL Thailand  
[www.carel.co.th](http://www.carel.co.th)

CAREL Turkey  
CFM Sogutma ve Otomasyon San. Tic. Ltd.  
[www.carel.com.tr](http://www.carel.com.tr)