

CO₂ als Kältemittel Grundlagen

**Manching 19.04.2018
Axel Kähn / Robert Schiessl GmbH**

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

CO₂-R744 ist bereits seit über 100 Jahren als energetisch effektives Kältemittel bekannt und im Einsatz.

In der Vergangenheit war der Einsatz eher in der industriellen Kälte – aufgrund der GWP Problematik der chemischen Kältemittel ist in den letzten Jahren steigender Einsatz in der Gewerbe-Kälte zu beobachten. Die weiteste Verbreitung haben CO₂ Systeme dabei in der Supermarkt Kälte. Hier hat CO₂ einen großen Anteil bei den in letzter Zeit erstellten Anlagen.

CO₂ unterscheidet sich jedoch in einigen Punkten von den anderen gebräuchlichen Kältemitteln.

In Bezug auf den Einsatz, die Anlagenkonzeption und einem sicheren Handling ist es wichtig, sich dieser Eigenschaften voll bewusst zu sein.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Vorteile von CO₂

- 😊 GWP=1
- 😊 nicht brennbar
- 😊 nur bei hohen Konzentration für den Menschen schädlich
- 😊 hoher Wärmeübertragungskoeffizient
- 😊 kleines Druckverhältnis
- 😊 geringerer Einfluss von Druckabfällen
- 😊 gute Materialverträglichkeit
- 😊 günstiger Preis und einfache Verfügbarkeit











CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Nachteile von CO₂



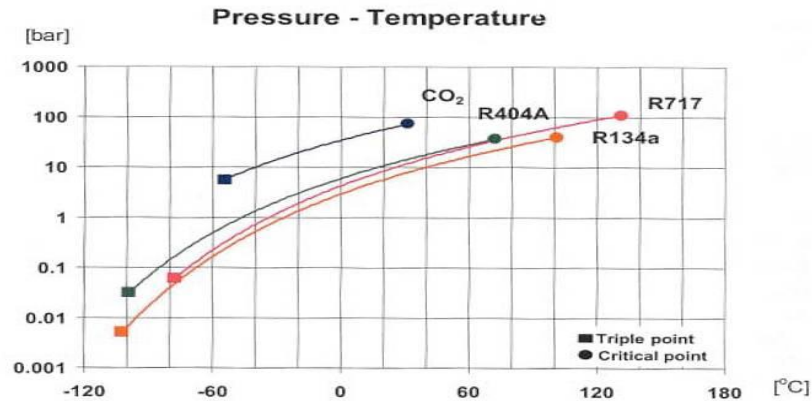
-  hohe Drucklagen (bis 140 bar)
-  kritischer Punkt schon bei 31°C / 73,8 bar
deshalb ist bei höheren Umgebungstemperaturen ein transkritischer Prozess notwendig
-  Leistungsabfall bei steigender Umgebungstemperatur
-  hoher Triplepunkt bei -56,6°C / 5,2 bar
-  Druckanstieg bei Stillstand der Anlage
-  Niedrige Löslichkeit von Wasser
-  Problematik von explosiver Dekompression bei Elastomeren
-  Schädliche Wirkung auf den Menschen bei höheren Konzentrationen

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Normalerweise spielen der kritische Punkt und der Tripplle Punkt bei den herkömmlichen Kältemitteln keine entscheidende Rolle.

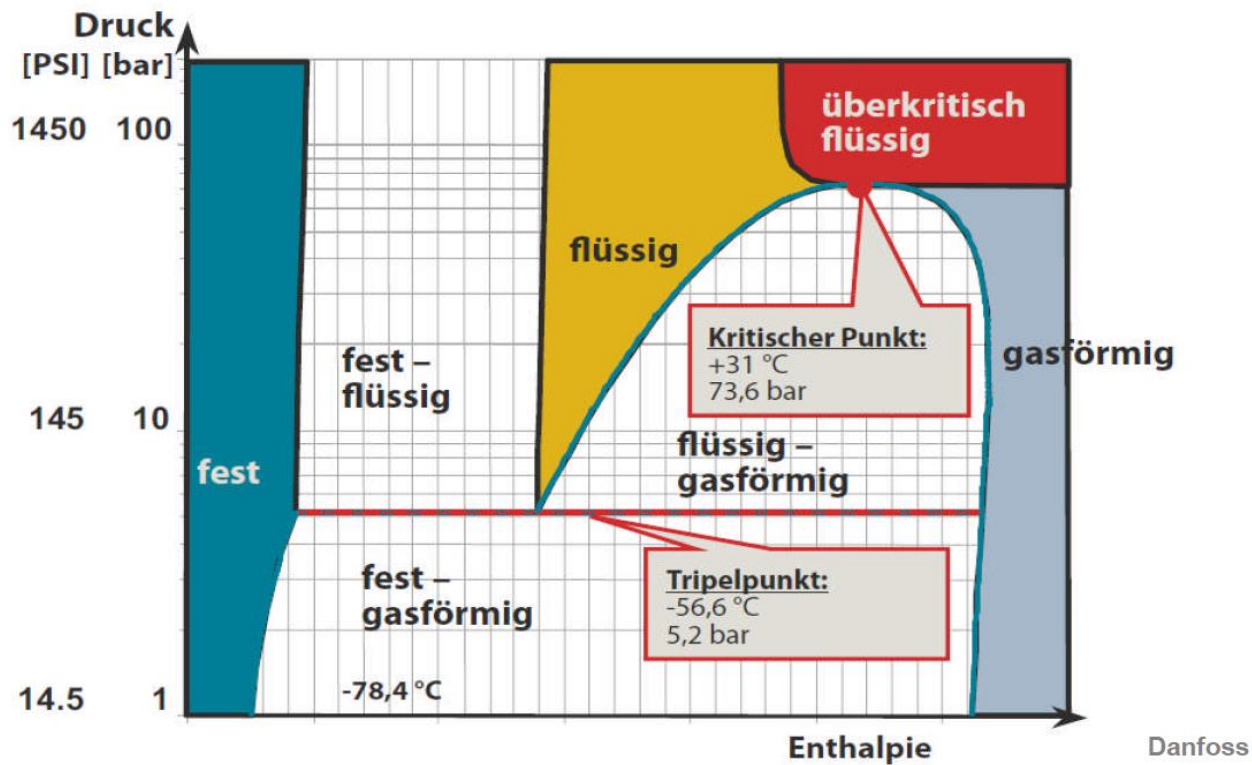
Wird jedoch CO₂ verwendet, so sind diese Faktoren sehr wohl von Bedeutung!



(Quelle: DKV-Tagung 2005 Vortrag N.P.Vestergaard, R. Bock Fa. Danfoss)

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling



(Quelle: Fa. Bock /CO2 Schulung)

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Anlagenkonzeption

CO₂ – Systeme können in verschiedenen Bauarten ausgeführt werden. Bis zu einem gewissen Einsatzbereich (der allerdings vom Temperaturbereich ziemlich eingeschränkt ist) bewegen wir uns im subkritischen Bereich, in dem der Kältekreislauf mit den ‚gewohnten‘ Abläufen stattfindet. Darüber hinaus bewegen wir uns im transkritischen Betrieb, bei dem doch einige Fakten völlig neu und anders sind . Zum Einstieg wollen wir uns hier mit dem subkritischen Betrieb befassen.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Anlagenkonzeption

Nur subkritischer Betrieb:

- NK / TK Kaskadenanlage mit HFKW - HFO Mix / CO₂
- NK / TK Kaskadenanlage mit HFO/ CO₂
- NK / TK Kaskadenanlage mit Kohlenwasserstoff/ CO₂
- Kaskade / CO₂ Anlage als Sekundärfluid für TK Betrieb
- Wasser- bzw. Sole gekühlte CO₂ Anlage

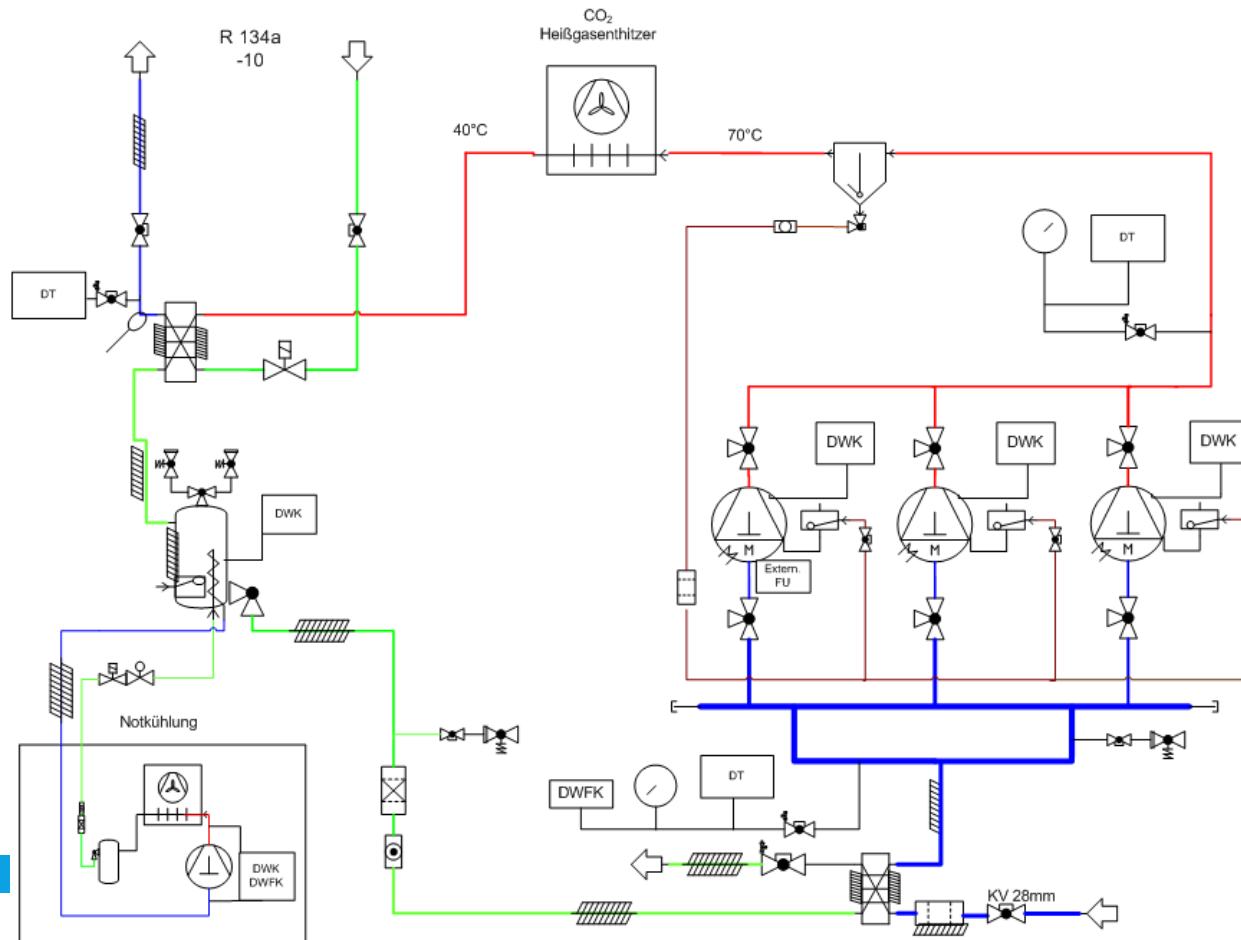
transkritischer Betrieb:

- NK transkritisch nur mit CO₂
- NK / TK transkritisch Boosteranlage nur mit CO₂

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Anlagenkonzeption: Subkritisches TK-System als Kaskade



Kaskadenwärmetauscher

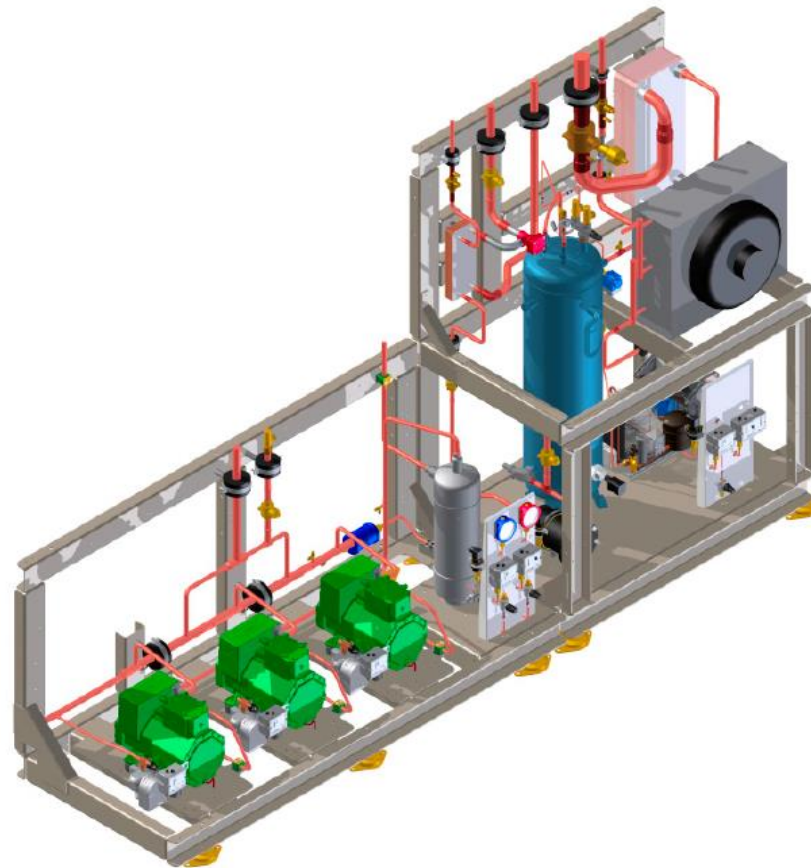
Kaskadenregelung anspruchsvoll!

- 2 x mal Phasenänderung Verflüssigung /Verdampfung
 - Plattenwärmetauscher sensibel in Bezug auf Temperaturdifferenzen und Temperatur Zyklen
- Beispiel Haltbarkeit Tauscher 30.000 Zyklen Temperaturveränderung 30K
 $30.000/365/14$ ergibt 5,8 Zyklen pro Stunde (Tauscher nach 1 Jahr defekt)

Deshalb unbedingt Enthitzer verwenden – Verkleinerung DeltaT für Plattentauscher – Verminderung Materialstress und das Einspritzventil kann besser ausregeln.

Einsatz von elektronischen Einspritzventilen (Schrittmotorausführung), um die Überhitzung möglichst stabil ausregeln zu können.

Anlagenkonzeption: Subkritisches TK-System als Kaskade
Schiessl Modul - Bauweise

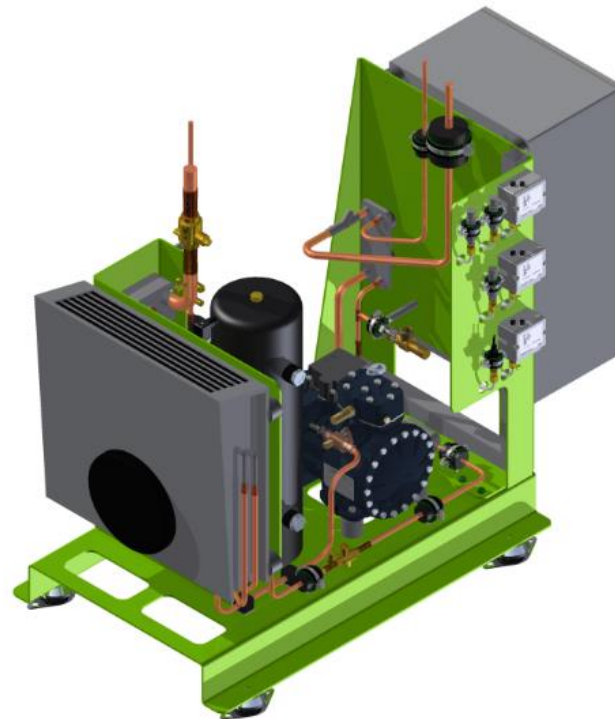


ECO Rack CO₂ Verbundanlagen plus Kaskadenmodule

Für Einsatz in der Tiefkühlung

- **13 Baugrößen mit 3 Verdichtern**
- **Leistungsbereich (-33 to/ 0 tc) 8 – 125 kW**
- **Kaskadenmodul mit Danfoss ETS Einspritzventil, Druckaufnehmer und Temperaturfühler für Betrieb mit Danfoss Reglern**
- **Kaskadenmodul genau auf den Verbund abgestimmt**
- **Einfach kombinierbar mit R134a/R450A/R513A NK Verbund
(z.B. ECO Rack)**

Anlagenkonzeption: Subkritisches TK-System als Kaskade
Schiessl Slim Rack



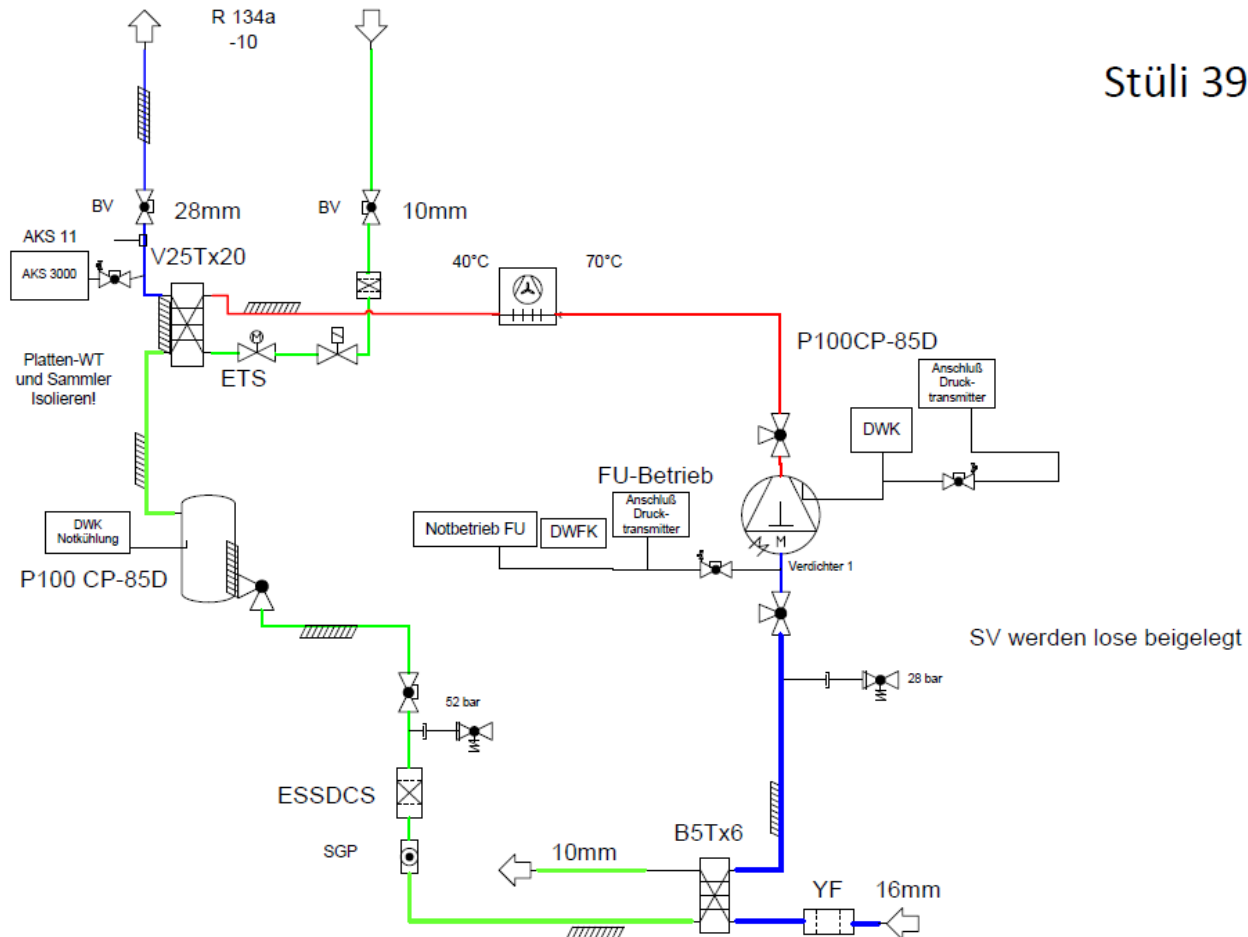
Schiessl Slim Rack

Für Einsatz in der Tiefkühlung

- 2 Baugrößen mit 1 Verdichter, frequenzgeregelt
- Leistungsbereich (-30 to/ 0 tc) 1,3 – 4,6 kW / 2,5 – 8 kW
- Aufgebauter Kaskadentauscher, Schaltschrank mit FU
- Einfach kombinierbar mit R134a/R450A/R513A NK Verbund
(z.B. ECO Rack)

Anlagenkonzeption: Subkritisches TK-System als Kaskade Schiessl Slim Rack

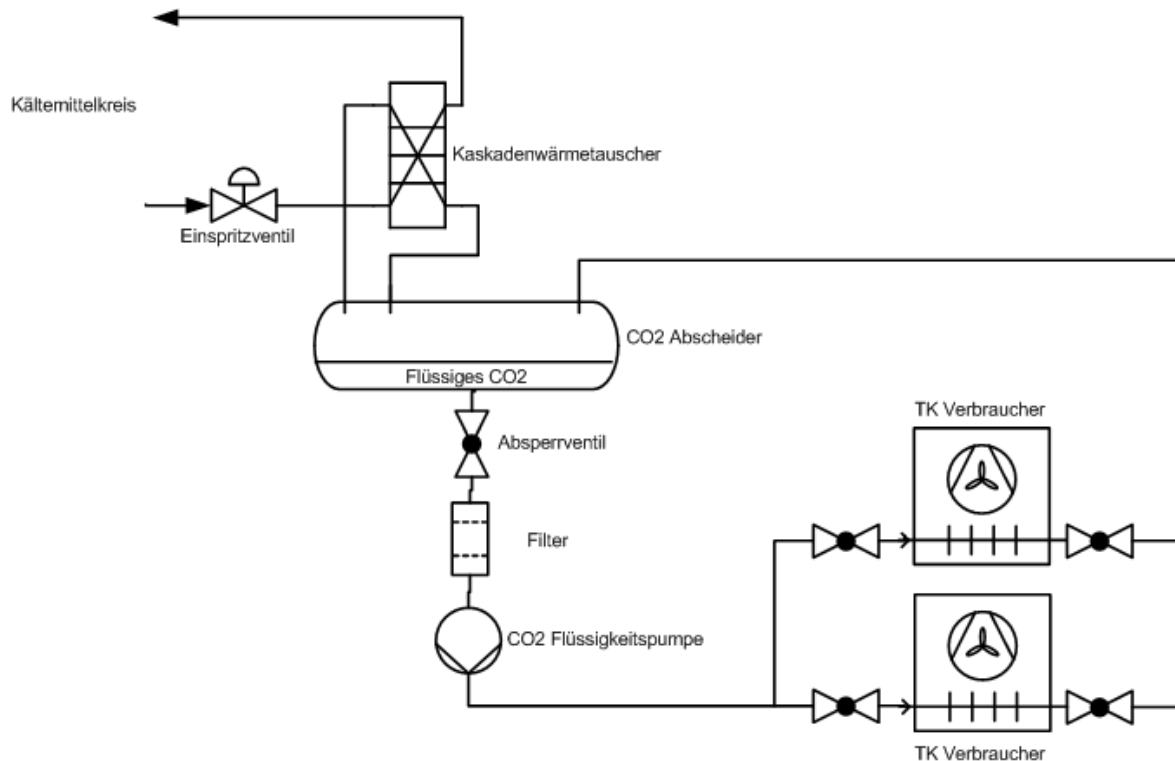
Stüli 3922



CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

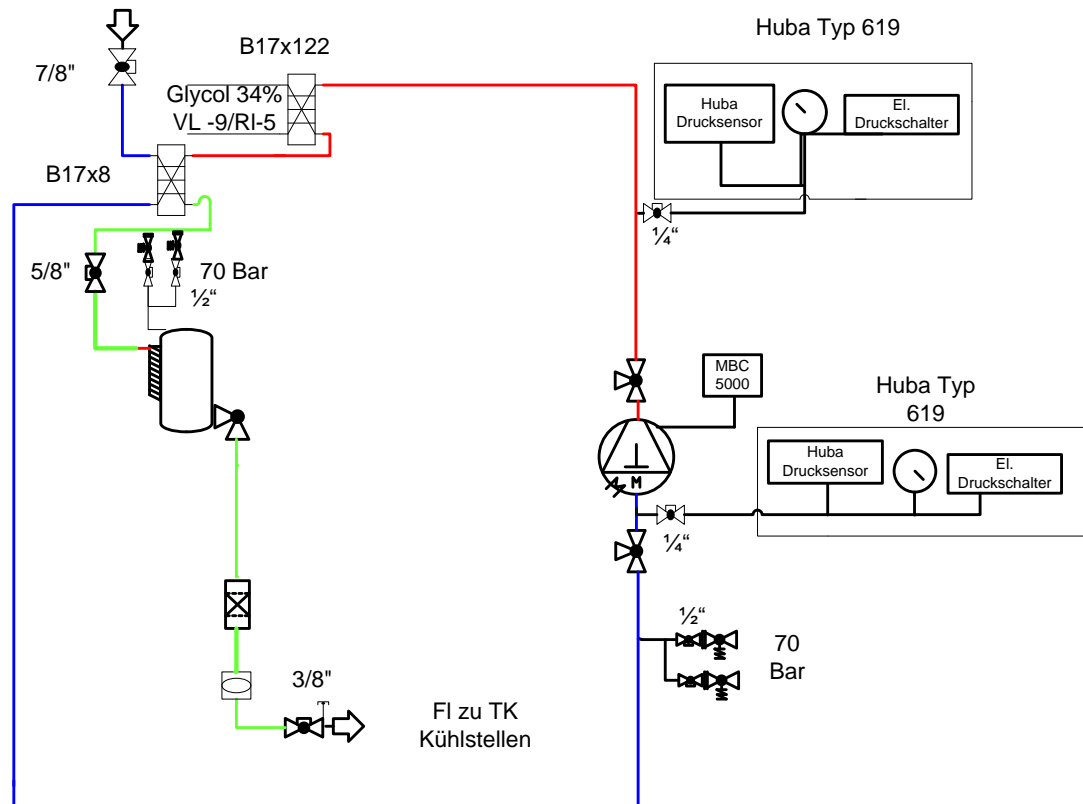
Anlagenkonzeption: CO₂ als Sekundärfluid



CO₂ – R744 als Kältemittel

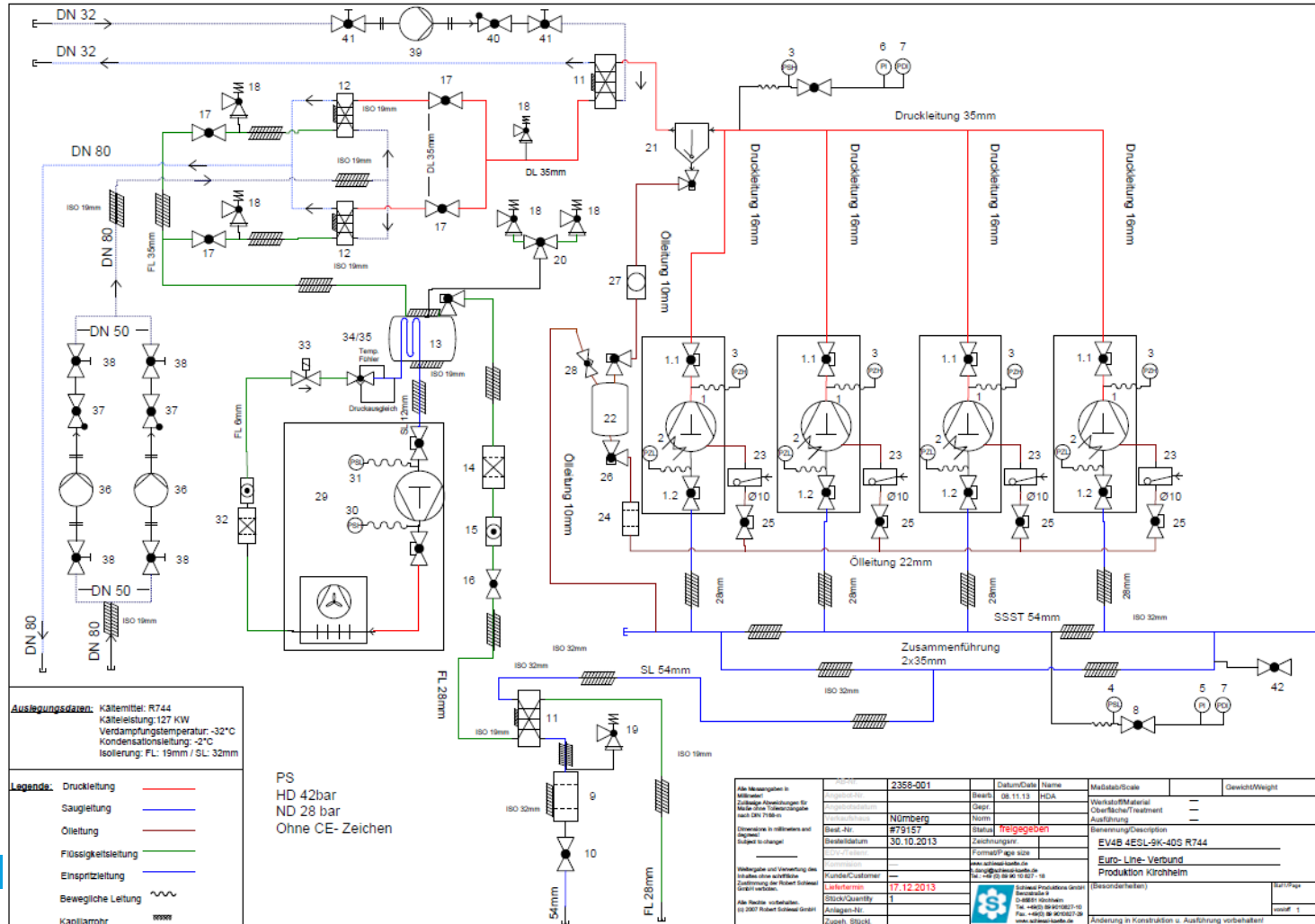
Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Anlagenkonzeption: CO₂ TK Anlage, Sole gekühlt



CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling



Legende: Druckleitung (red line)
 Saugleitung (blue line)
 Ölleitung (orange line)
 Flüssigkeitsleitung (green line)
 Einspritzleitung (purple line)
 Bewegliche Leitung (black line)
 Kapillarmohr (symbol)

PS
 HD 42bar
 ND 28 bar
 Ohne CE- Zeichen

Artikelnr.	2358-001	Datum/Date	Name	Maßstab/Scale	Gewicht/Weight
Erstellt von		Bearbt	DB 11.13	HDA	
Zustimmende		Geprft			
Produktionsort	Nürnberg	Norm			
Best.-Nr.	#79157	Status	Freigegeben	Benennung/Description	
Bestelldatum	30.10.2013	Zerschnung		EV4B 4ESL-9K-40S R744	
Druck/Druck		Formate/Plate size		Euro-Line-Verbund Produktion Kirchheim	
Kunde/Customer		www.schuessl.de			
Verfasser	17.12.2013	Schuessl Produktions GmbH		(Besonderheiten)	
Stück/Quantity	1	D-85631 Kirchheim			
Anlagen-Nr.		Tele: +49 (0) 91 93 63 10			
Zugl.	SD/OK	Fax: +49 (0) 91 93 63 10			
		www.schuessl.de			

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

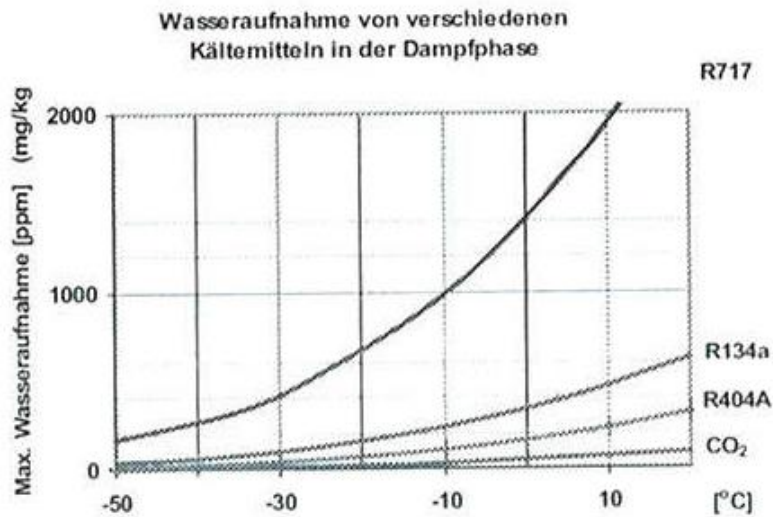


Abb. 8: Wasseraufnahme von verschiedenen Kältemitteln

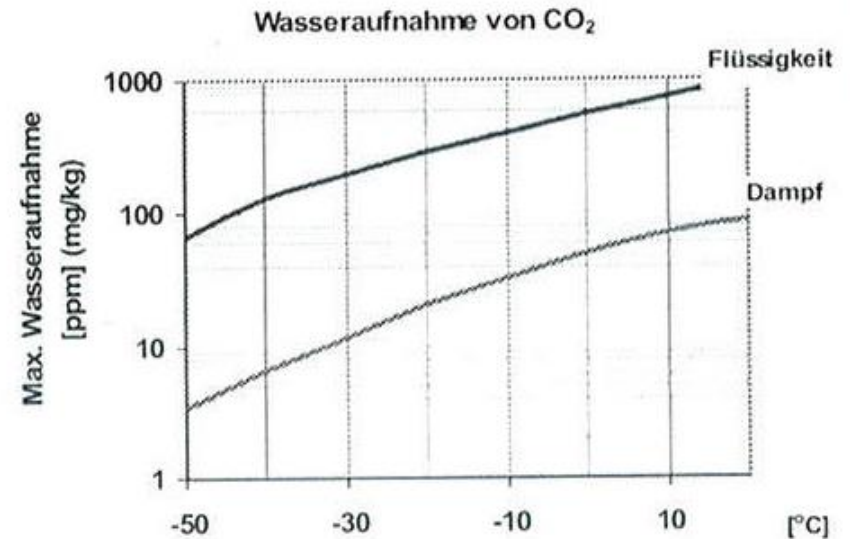


Abb. 9: Wasseraufnahme von CO₂

(Quelle: DKV-Tagung 2005 Vortrag N.P.Vestergaard, R. Bock Fa. Danfoss)

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

- **Feuchtigkeit im System vermeiden**
- Die Wasseraufnahmefähigkeit bei CO₂ ist gegenüber anderen Kältemittel wesentlich geringer
- Feuchte kann zu Eiskristallen in der Anlage führen (Festsetzen von z.B. TEV, Magnetventilen)
- Feuchte kann chemische Reaktionen hervorrufen (Schäden an metallischen Oberflächen, Schäden an Wicklungslack)
- Sorgfältige Montage und Evakuieren auch im Wartungsfall

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Feuchtigkeit im System vermeiden

Durch Evakuieren alleine lässt sich der Kältekreislauf nur sehr schwer trocknen und ist sehr zeitintensiv.

Vakuum ziehen bis $\leq 0,3$ mbar sein (ca. 220 micron) Vakuummeter verwenden

Vakuum sollte nach 3-4 h noch bei $\leq 0,7$ mbar (ca. 500 micron liegen) O.K.

Vakuum liegt nach 3-4 h noch bei ≤ 23 mbar Feuchte im System

Vakuum liegt nach 3-4 h noch bei ≥ 23 mbar Leckage

Lieber mehrmals Vakuum ziehen und mit getrocknetem Stickstoff das Vakuum brechen – so wird ein besserer Trocknungserfolg erzielt

Sorgfältige Montage und Evakuieren auch im Wartungsfall

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Geeignetes Kältemittel

Verwenden Sie mindestens CO₂ der **Qualität 4.5** oder als **R744** gekennzeichnetes CO₂

CO₂ minderer Qualität ist zwar etwas günstiger, hat aber schon einen zu großen Feuchtigkeitsanteil. Da hilft dann auch ein sorgfältiges Trocknen nach der Montage nicht.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Feuchtigkeit

Neben einem sorgfältigen Vakuum ziehen und mehrfachen Brechen des Vakuums mit getrocknetem Stickstoff sollte auf jeden Fall ein großzügig dimensionierter Filtertrockner eingebaut werden.

Bei dem Filtertrockner kann ein handelsüblicher Trockner (mit dem entsprechenden Druckbereich) eingesetzt werden.

Der Einbau des Trockners kann wie gewohnt in der Flüssigkeitsleitung erfolgen. Bei einer Flüssigkeitstemperatur im Minusbereich ist der Trockner jedoch entsprechend zu isolieren!

Die Überwachung des Feuchtegehalts kann über ein geeignetes Schauglas mit Feuchteindikator erfolgen.

CO₂ – R744 als Kältemittel Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen gegen unbeabsichtigten Druckanstieg

Eingeschlossene Flüssigkeit kann zum Bersten der Leitung führen.

Die Volumenvergrößerung bzw. Druckanstieg ist bei CO₂ um ein Vielfaches höher!!

Jeder Leitungsabschnitt, der beidseitig absperrbar ist (Achtung: auch schließende Regelventile beachten!) , muss durch eine geeignete Druckentlastungs-Vorrichtung geschützt werden.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen gegen unbeabsichtigten Druckanstieg

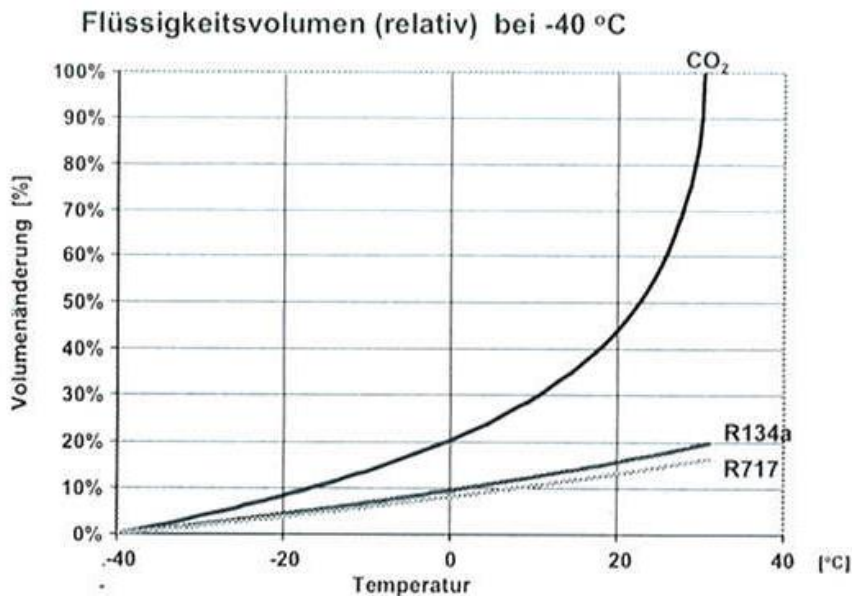


Abb. 5: Flüssigkeitsvolumen (relativ)

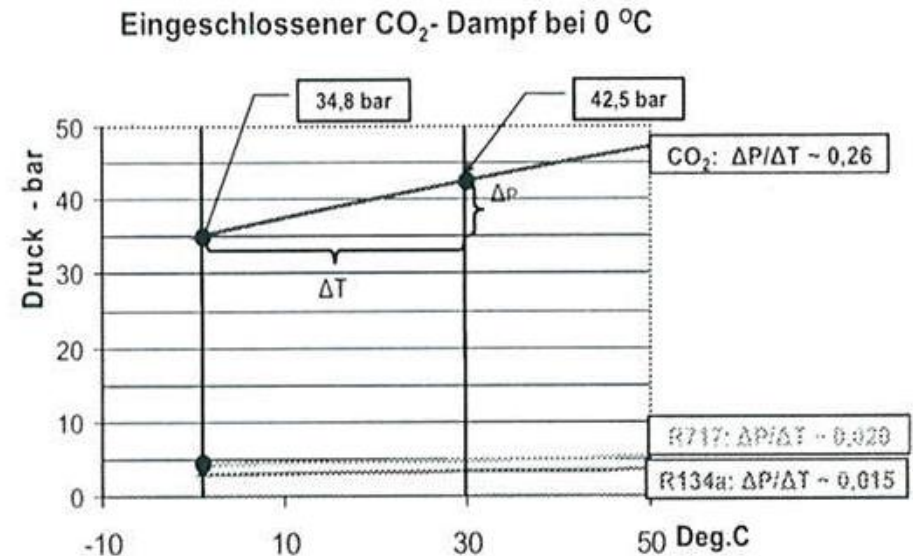


Abb. 6: Eingeschlossener CO₂-Dampf bei 0°C

(Quelle: DKV-Tagung 2005 Vortrag N.P.Vestergaard, R. Bock Fa. Danfoss)

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen gegen unbeabsichtigten Druckanstieg

- Aufbau des/der Sicherheitsventile am besten außerhalb
- Sublimation beachten, Trockeneis kann Sicherheitsventil blockieren
- Abblase-Leitungen vom Ventil in den Außenbereich vermeiden, bzw. groß genug dimensionieren
- Bessere Lösung – Abblase Leitung von der Anlage weg mit Sicherheitsventil am Ende im Außenbereich.
Das Sicherheitsventil gut befestigen, da beim Abblasen eine ziemlich hohe Rückstoßkraft vorhanden ist.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen gegen unbeabsichtigten Druckanstieg im Betrieb

Bei TK Kaskaden oder NK / TK Kaskaden oder Booster-Systemen können Flüssigkeitstemperaturen erheblich unter der Umgebungstemperatur auftreten.

- Flüssigkeitssammler, Flüssigkeitsleitung und Komponenten isolieren

Sicherheitsvorkehrungen gegen unbeabsichtigten Druckanstieg im Stillstand

Um im Stillstand der Anlage ein unbeabsichtigtes Abblasen von CO₂ zu vermeiden, sind entsprechende Maßnahmen erforderlich:

- Notkühlung des Sammler mit Brunnenwasser
- Notkühlung mittels Kälteaggregat
- Groß dimensionierter Sammler

Aktivierung der Notkühlung z.B. über Druckschalter am Sammler

CO₂ – R744 als Kältemittel

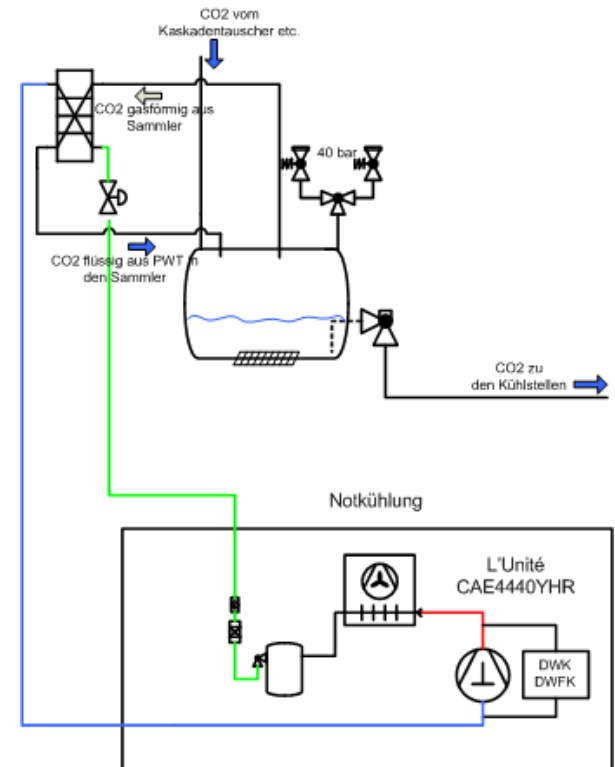
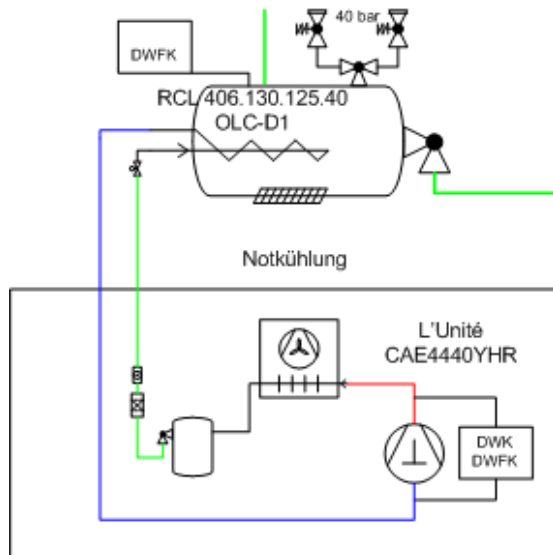
Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen gegen unbeabsichtigten Druckerhöhung

Beispiele für Notkühlung von CO₂ Flüssigkeitsbehältern

Plus Isolierung des Flüssigkeitsbehälters, um den

Wärmeeintrag zu minimieren



CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen in Bezug auf Personal

CO₂ ist ein geruchs- und farbloses Gas und kann deshalb bei auftretenden Emissionen nicht einfach wahrgenommen werden.

CO₂ ist schwerer als Luft und verdrängt den Luftsauerstoff.

Dieser Umstand kann besonders in tiefer gelegenen Bereichen und kleinen Räumen zu gefährlichen Situationen führen.

CO₂ hat eine höhere Affinität zum Hämoglobin als O₂, das bedeutet, nach einer gefährlichen Exposition reicht es nicht, den Betroffenen aus der Gefahrenzone an die frische Luft zu schaffen, sondern er muss künstlich beatmet werden.

Der Einsatz von einer Maschinenraumbelüftung und einer Gaswarnanlage ist deshalb entsprechend einzuplanen (siehe EN 378-3).

Auswirkungen auf den menschlichen Kreislauf:

3 Vol.% (30000 ppm) Erhöhung der Atemfrequenz um 100%

5 Vol.% (50000 ppm) Erhöhung der Atemfrequenz um 300%

8-10 Vol.% (80000 -100000 ppm) Schwindel, Schweißausbrüche...

> 10 Vol.% (100000 ppm) Ohnmacht und später zu Tod

> 30 Vol.% (300000 ppm) führt schnell zum Tod

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen in Bezug auf Personal

Behandlung

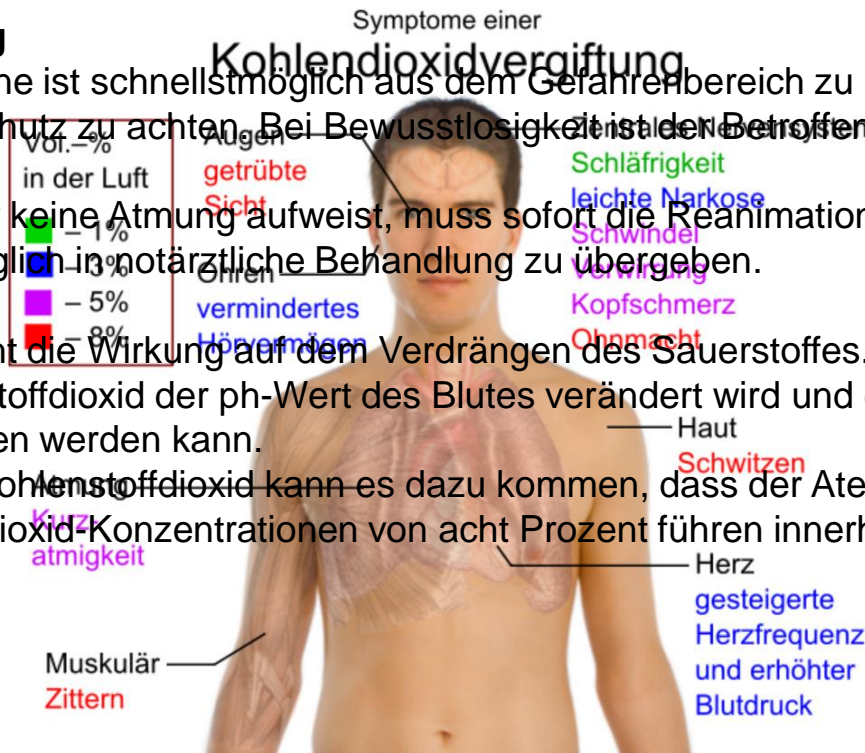
Der Betroffene ist schnellstmöglich aus dem Gefahrenbereich zu bringen und es ist dabei auch auf den Eigenschutz zu achten. Bei Bewusstlosigkeit ist der Betroffene sofort in die stabile Seitenlage zu bringen. Wenn dieser keine Atmung aufweist, muss sofort die Reanimation erfolgen. Der Betroffene ist schnellstmöglich in notärztliche Behandlung zu übergeben.

Giftwirkung

Primär beruht die Wirkung auf dem Verdrängen des Sauerstoffes. Dazu kommt noch, dass durch das Kohlenstoffdioxid der pH-Wert des Blutes verändert wird und dadurch weniger Sauerstoff aufgenommen werden kann.

Durch das Kohlenstoffdioxid kann es dazu kommen, dass der Atemreiz aufgehoben wird.

Kohlenstoffdioxid-Konzentrationen von acht Prozent führen innerhalb von 30 bis 60 Minuten zum Tod.



CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen in Bezug auf Personal

Maschinenraumlüftung und Gaswarnanlage

Bei der Gaswarnanlage sollte der **Voralarm bei 5000 ppm (MAK Wert)** erfolgen und der **Hauptalarm bei 10000 ppm (Kurzzeitexpositionswertgrenze)**.

Durch den Alarmausgang sollte sowohl ein akustischer Alarm und eine Rundumleuchte aktiviert werden.

Im Maschinenraum muss ein Ablüfter eingeschaltet werden.

Die Sensoren sollten ca. 30 cm über dem Boden platziert werden.

Sensoren auch in geschlossenen Gängen und Kühlräumen vorsehen

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Aufstellung der Anlage / Maschinenraum / Belüftung

Informationen bezüglich den Aufstellungsbereichen und des praktischen Grenzwertes finden Sie in der EN 378 – 1

Details zum Thema Maschinenraum und Schutz von Personen in der EN 378 - 3

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Maßnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung von CO₂

Im Innenbereich:

- Raum sofort verlassen
- Andere Personen informieren und warnen
- Für ausreichende Belüftung sorgen

Wenn die CO₂ Konzentration im Raum nicht geprüft werden kann, darf der Raum nur mit Umluft unabhängiger Atemschutzeinrichtung betreten werden.

Im Außenbereich:

- Bereich absperren
- Auf der dem Wind zugekehrten Seite aufhalten

CO₂ – R744 als Kältemittel Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sicherheitsvorkehrungen in Bezug auf Personal

Gaswarngerät Fabrikat Danfoss



*Beispiel für eine
Maschinenraumlüftung
Hier bei der Schulungs-
Anlage der GEA Bock*



Quelle: Bitzer

Geeignete O-Ring Materialien und Dichtungen für CO₂

Hohe Löslichkeit von CO₂ in Elastomeren

Mögliche Blasenbildung und Zerstörung der Elastomere (Dekomprimierung)

/ CR, Neoprene® (DuPont)

- Erfordert spezielle Maßnahmen zum Schutz gegen Zerstörung

/ HNBR, Therban® (BayerAG)

Teflon Dichtungen

/ Fließ-Charakteristik beachten

Schneidring (Metall) Dichtungen, Swagelok®



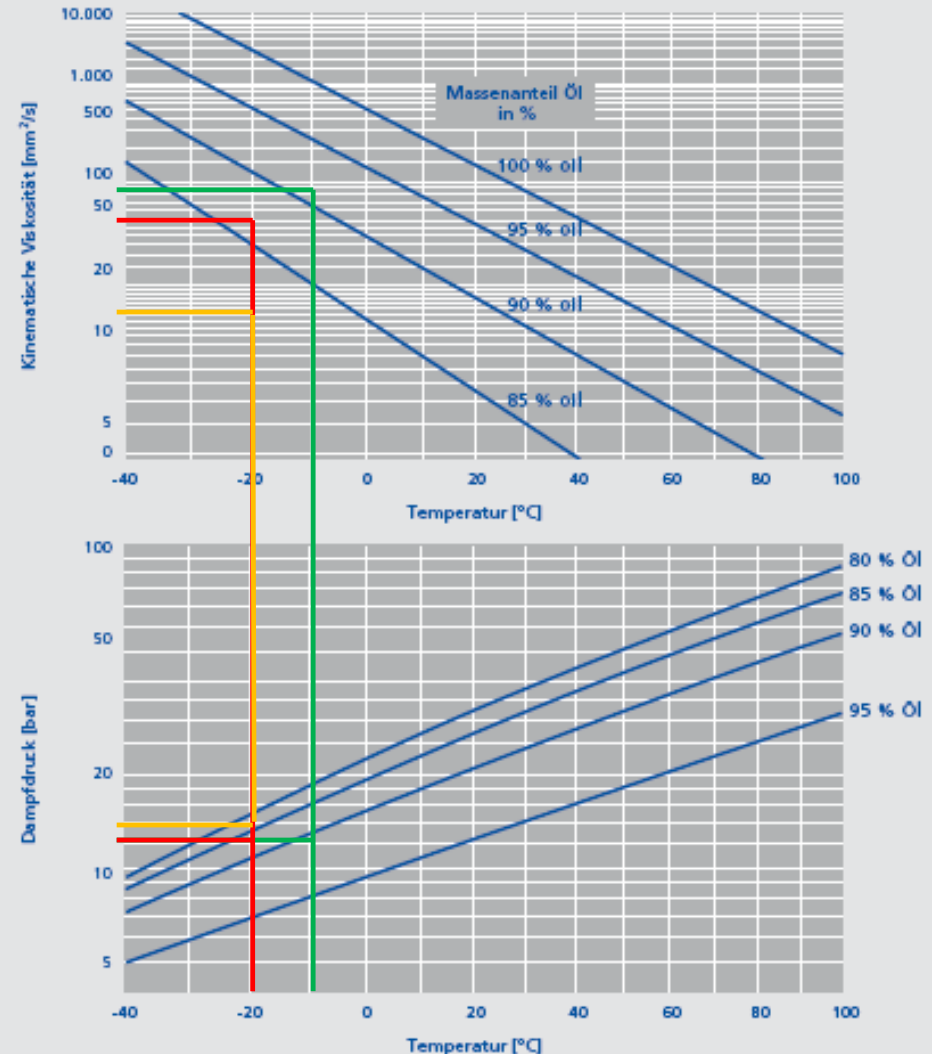
Löslichkeit Öl/CO₂: p-V-T Diagramm (Daniel-Plot)

Gemisch -Viskosität,
Öl mit gelöstem KM

Viskosität nimmt ab mit
steigender Kältemitteltemperatur

Löslichkeit umso höher,
höher der Druck und je
tiefer die Temperatur

Beispiel:
Daniel Plot:
Kinematische Viskosität
und Dampfdruck
RENISO C 55 E-CO₂-Gemisch



CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

CO₂ Löslichkeit in Öl – Ölschmierung

Aufgrund der hohen Löslichkeit von CO₂ müssen besondere Maßnahmen getroffen werden:

- Jeder Verdichter ist mit Kurbelwannenheizung auszustatten
- Druckgastemperatur mindestens 40K über Verflüssigungstemperatur (gilt für subkritische Anlagen)
- Sauggastauscher vorsehen - Saugasüberhitzung sollte min. 20K betragen
- Besondere POE Öle im Einsatz (verschiedene Viskosität für sub- und transkritischen Betrieb)
- Dorin setzt spezielle PAG Öle serienmäßig ein

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Ölqualität

Da die eingesetzten Öle hohen Belastungen unterliegen (hohe Verdichtungsendtemperaturen, Säurebildung durch die vorher beschriebene Problematik der Feuchte in CO₂ Systemen), wird empfohlen mindesten 1-mal jährliche eine Öl - Probe aus der Anlage zu entnehmen und das Öl im Labor auf seine Qualität zu überprüfen.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Befüllen der Anlage

- Schutzbrille, Handschuhe und langärmelige Oberbekleidung tragen
- Kurbelwannenheizungen aktivieren und mit dem Füllvorgang erst beginnen, wenn die Öltemperatur ca. 20 K über der Maschinenraumtemperatur liegt.
- CO₂ Flasche über einen Druckminderer und geeignete flexible Schläuche mit Druck- und Saugseite der Anlage verbinden.
- Unbedingt nur gasförmig das Vakuum bis zu einem Druck von ca. 10 bar brechen (ansonsten Bildung von Trockeneis in der Anlage, Versprödung von Werkstoffen).
- Da sich die Flasche durch die gasförmige Entnahme stark abkühlt, ist die Verwendung einer geeigneten elektrischen Heizmanschette oder eines Wasserbades (max.40 Grad!) empfohlen.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Befüllen der Anlage

- Beim Erreichen von 10 bar sollten die Absperrventile der Verdichter geschlossen werden.
- Danach kann weiteres Kältemittel in die Anlage eingefüllt werden.
- Achtung: Niederdruckseite der Anlage nicht über 20 bar befüllen! Flüssiges Kältemittel kann in den Kaskadentauscher oder den Sammelbehälter eingefüllt werden (Flasche mit Tauchrohr verwenden).
- Bei Beendigung des Füllvorgangs auf jeden Fall CO₂ aus den Anschlussschläuchen entlüften.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Inbetriebnahme der Anlage

- Eine CO₂ Anlage sollte sehr vorsichtig in Betrieb genommen werden
- Alle Druckschalter gemäß der maximalen Druckstufen gewissenhaft einstellen und prüfen. Der Niederdruckschalter sollte auf jeden Fall bei 6bar oder höher schalten, um eine Unterschreitung des Tripplle Punktes zu verhindern!
- Saugventile der Verdichter erst mal stark drosseln und erst bei Absinken des Saugdrucks entsprechend voll öffnen.
- Stets alle Drücke und Temperaturen sorgfältig im Auge behalten.

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Inbetriebnahme der Anlage

- Stoppen Sie die Anlage, wenn Sie diese außerhalb der Einsatzgrenze fahren.
 - Erstellen Sie gewissenhaft ein Inbetriebnahme Protokoll mit allen Messdaten
 - Ein Wechsel des Saugfilters bzw. der Trocknerpatronen wird nach ca. 200 Betriebsstunden empfohlen.
-

CO₂ – R744 als Kältemittel

Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Service an der Anlage

- Lecksuche – spezielles Lecksuchgerät benötigt
- Bei Absperrung von Anlagenteilen immer beachten, das verbleibendes Kältemittel einen Druckanstieg verursacht – eventuell Anblasen der Sicherheitsventile. Liegen diese nicht im Außenbereich, besteht eventuell Erstickungsgefahr.
- Sollen Anlagenbereiche entleert werden, dann Kältemittel in einen ungefährdeten Außenbereich ableiten (noch kein Recovery Equipment verfügbar). Bei Bereichen mit flüssigem Kältemittel keine Entleerung unter 5,2 bar, sonst Trockeneisbildung in der Anlage.
- Bei Dichtmaterialien auf der Druckseite (z.B. Einschraubnippel HD im Verdichter) beachten, dass hier sehr hohe Drücke und Temperaturen anliegen. Flüssige Dichtstoffe sind hier problematisch. Besser bewährt haben sich feste Dichtstoffe (z.B. Teflonband).
- Immer gewissenhaft Vakuum ziehen, Austausch Trocknerpatronen

CO₂ – R744 als Kältemittel Besonderheiten verstehen / sicheres Handling

Sehr gute Hinweise zur Inbetriebnahme finden Sie auch in den Betriebsanleitungen der Verdichter Hersteller

OPERATING INSTRUCTIONS

BETRIEBSANLEITUNG
INSTRUCTION DE SERVICE

KB-120-7

<p>Halbhermetische Hubkolbenverdichter für subkritische CO₂-Anwendungen</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2MME-07K .. 2DME-7K • 2NBL-09K .. 4NBL-30K • 2BHC-09K .. 4BHC-20K 	<p>Semi-hermetic reciprocating compressors for subcritical CO₂ applications</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2MME-07K .. 2DME-7K • 2NBL-09K .. 4NBL-30K • 2BHC-09K .. 4BHC-20K 	<p>Compresseurs hermétiques accessibles à pistons pour des applications CO₂ sous-critiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2MME-07K .. 2DME-7K • 2NBL-09K .. 4NBL-30K • 2BHC-09K .. 4BHC-20K
---	---	--

Inhalt	Seite	Content	Page	Sommaire	Page
1 Sicherheit	1	1 Safety	1	1 Sécurité	1
2 Anwendungsbereiche	3	2 Application ranges	3	2 Champ d'application	3
3 Anschlüsse	6	3 Connections	6	3 Raccords	6
4 In Betrieb nehmen	9	4 Commissioning	9	4 Mise en Service	9
5 Maßnahmen bei unbeabsichtigter CO ₂ -Emission	14	5 Measures to be taken in case of an inadvertent CO ₂ emission	14	5 Mesures en cas d'échappement involontaire de CO ₂	14
6 Druck- / Betriebspump-Tabelle für CO ₂	15	6 Pressure / saturated vapor temperature table for CO ₂	15	6 Tableau de pression / temp. des vapeurs saturées pour CO ₂	15

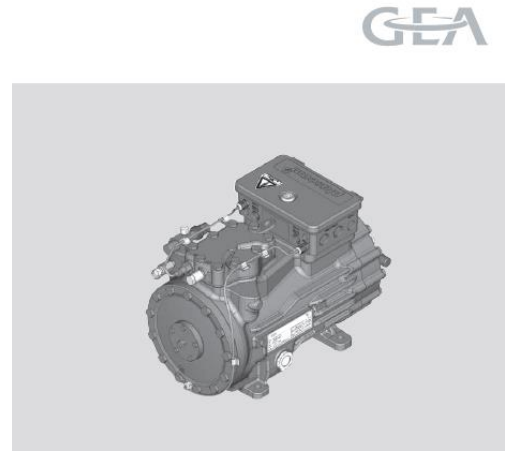
1 Sicherheit
Die vorliegende Anleitung bezieht sich auf die Besonderheiten der Serien 2MME .. 2DME, 2NBL .. 4NBL und 2BHC .. 4BHC für subkritische CO₂-Anwendungen. Die Betriebsanleitung der ECOLINE Serie (KB-100) muss ebenfalls beachtet werden!

1 Die Verdichter sind ausschließlich für den Einsatz in subkritischen CO₂-Anwendungen vorgesehen. Konkrete Anwendungsbereiche siehe Kapitel 2.

Autorisiertes Fachpersonal
Arbeiten an CO₂-Verdichtern und Kälteanlagen erfordern eine spezifische Einweisung und Sachkunde im Umgang mit CO₂ als Kältemittel. Für die Qualifikation und Sachkunde des Fachpersonals gelten die jeweils anzuwendenden Vorschriften und Richtlinien.

Authorized staff
Working on CO₂ compressors and refrigeration systems require a specific skill and training in handling CO₂ as a refrigerant. The qualification and expert knowledge of the refrigeration personnel is subject to the respective national regulations and guidelines.

Personnel spécialisé autorisé
Les interventions sur les compresseurs et les installations frigorifiques au CO₂ nécessitent des connaissances spécifiques et un savoir spécial pour l'usage du CO₂ comme fluide frigorigène. Les niveaux de qualification et d'expertise technique du personnel sont sujets aux prescriptions et directives nationales en vigueur.



GEA Bock Compressor HGX22P CO₂ subkritisch

Montageanleitung
Assembly instructions
Instructions de montage
Instrucciones de montaje
Istruzioni per l'installazione

ISTRUZIONI PER L'INSTALLAZIONE DEI COMPRESSORI SEMIHERMETICI PER CO₂

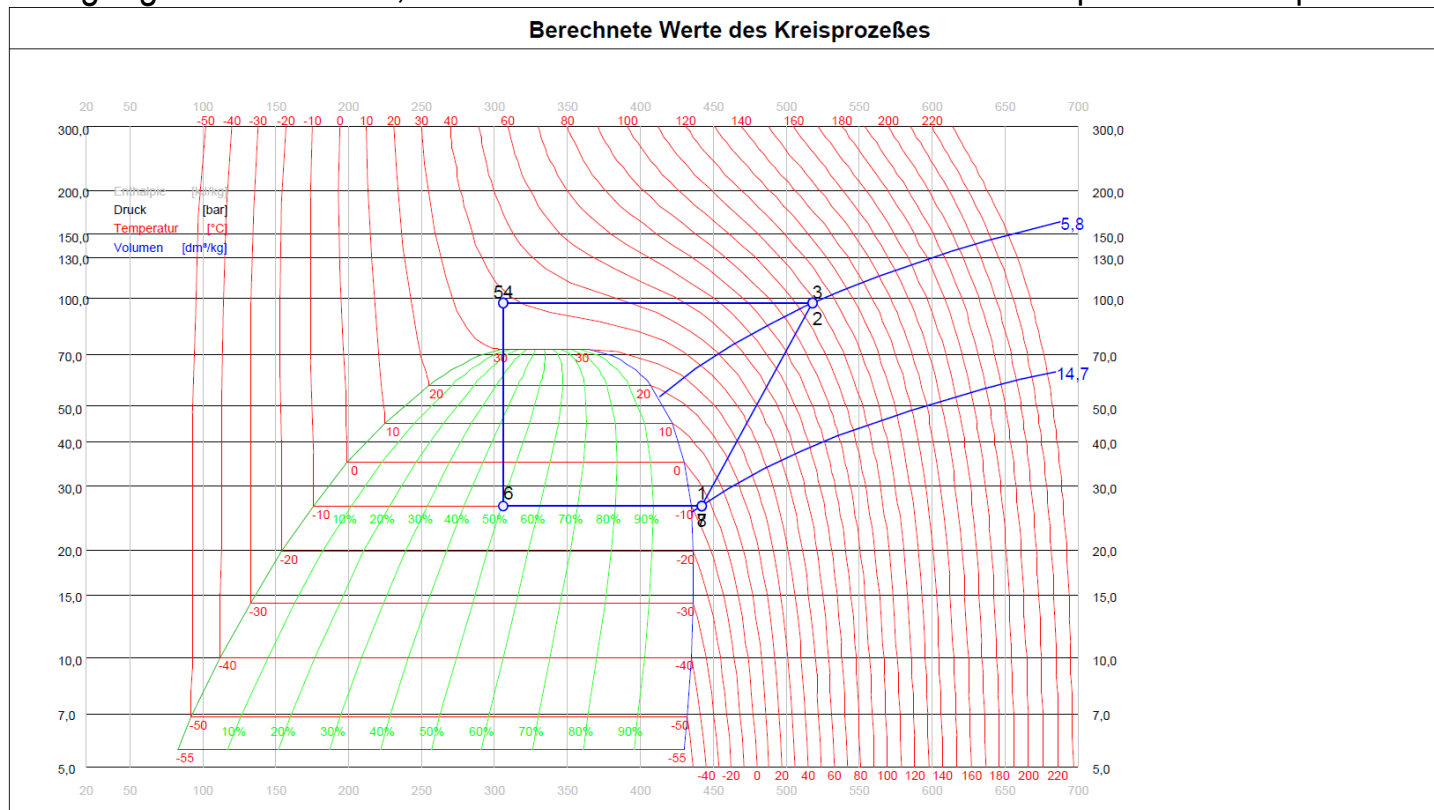
OPERATING INSTRUCTIONS FOR CO₂ SEMI-HERMETIC COMPRESSORS

BEDIENUNGSANLEITUNG FÜR HALBHERMETISCHE CO₂ VERDICHTER

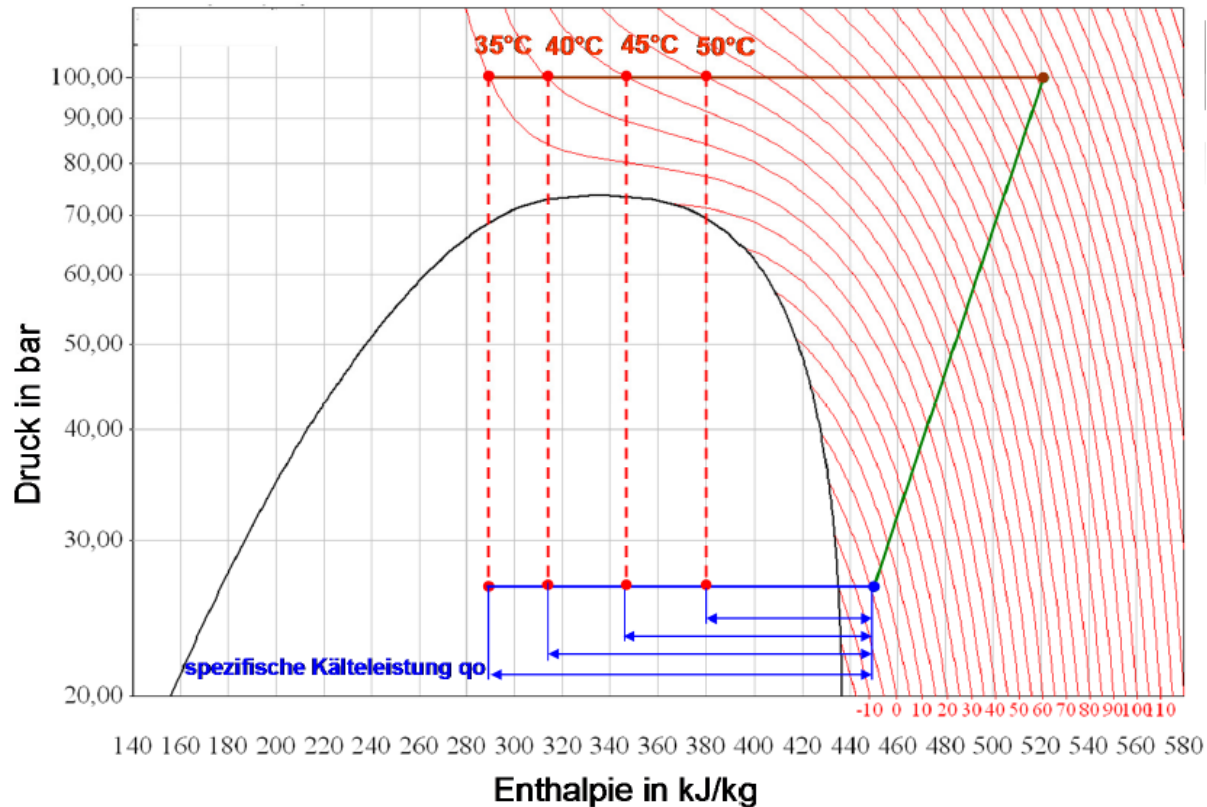
Transkritischer Bereich

In diesem Bereich findet keine Verflüssigung mehr statt. Das verdichtete Gas wird bei einem gleichbleibenden Druck abgekühlt.

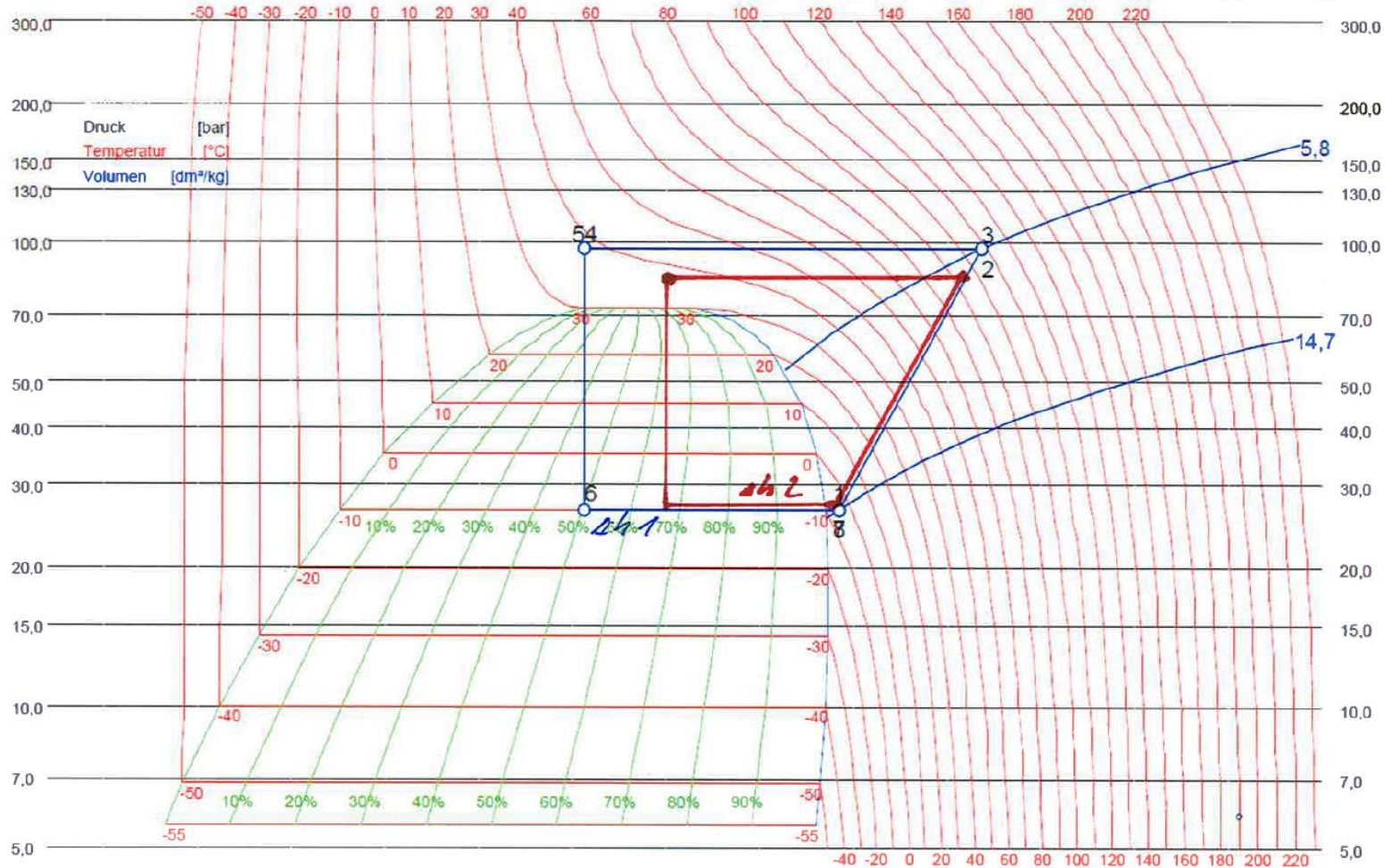
Ein Verflüssigung findet erst statt, wenn man dieses Gas bis in den Nassdampfbereich entspannt.



Einfluss der Gaskühlertemperatur auf die zur Verfügung stehende Verdampfungsenthalpie und Effizienz der Anlage



Hochdruckregelung - Optimaler Hochdruck



Hochdruckregelung - Optimaler Hochdruck

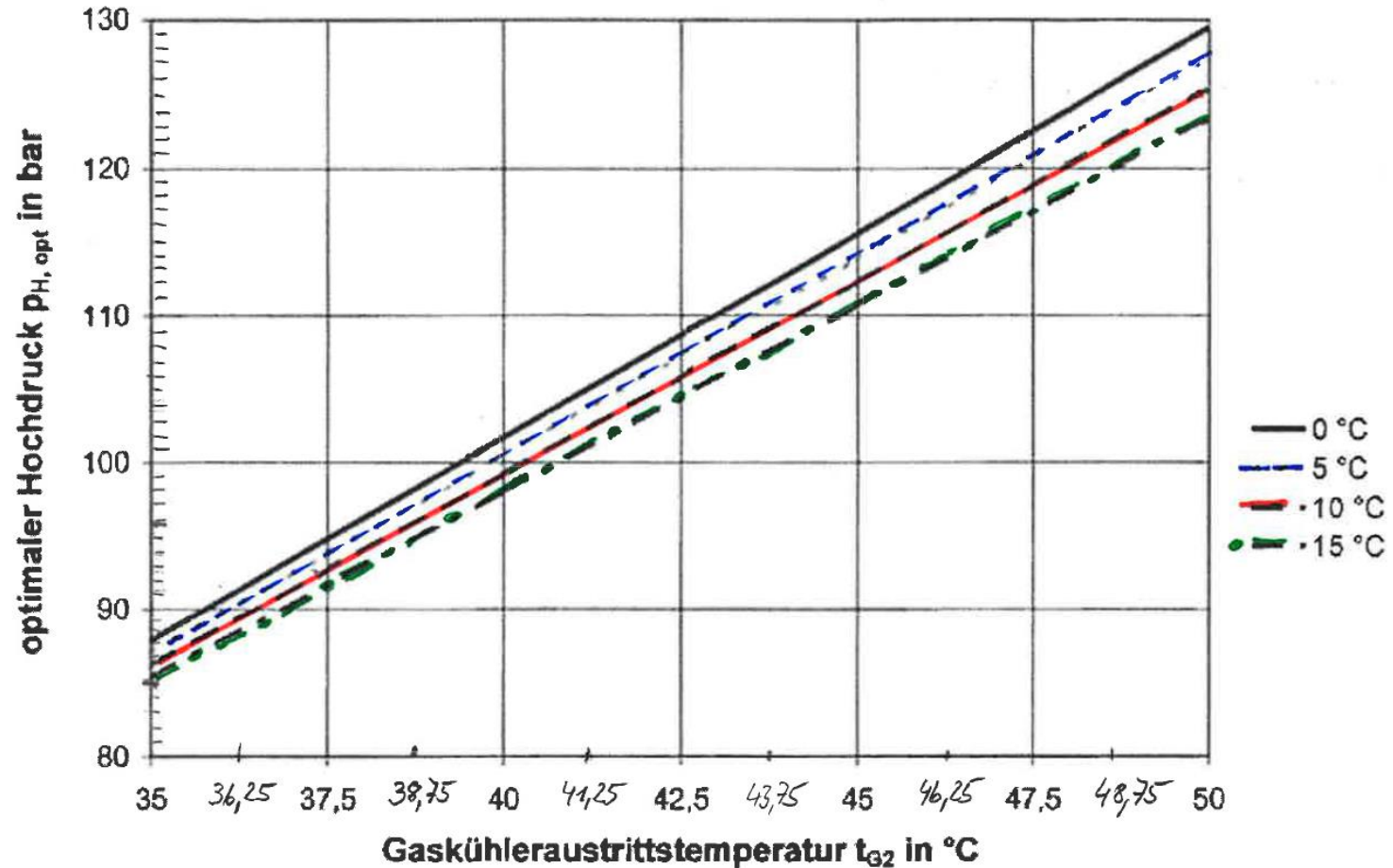
Im transkritischen Bereich ist zu beachten, dass Druck und Temperatur von einander unabhängig zu betrachten sind.

Der Grundsatz innerhalb des subkritischen Betriebs – niedriger Druck gleich niedrigere Verflüssigungstemperatur ergibt eine bessere Effizienz der Anlage, ist hier nicht mehr gültig.

Für einen effektiven Betrieb ist der optimale Hochdruck in Bezug auf die vorhandene Gaskühlertemperatur auszuwählen.

Für den optimalen Hochdruck ist der Punkt zu finden, wo die nutzbare Enthalpie im Vergleich zur aufgenommenen elektrischen Leistung des Verdichters am größten ist.

Hochdruckregelung – Ermittlung des optimalen Hochdrucks graphisch

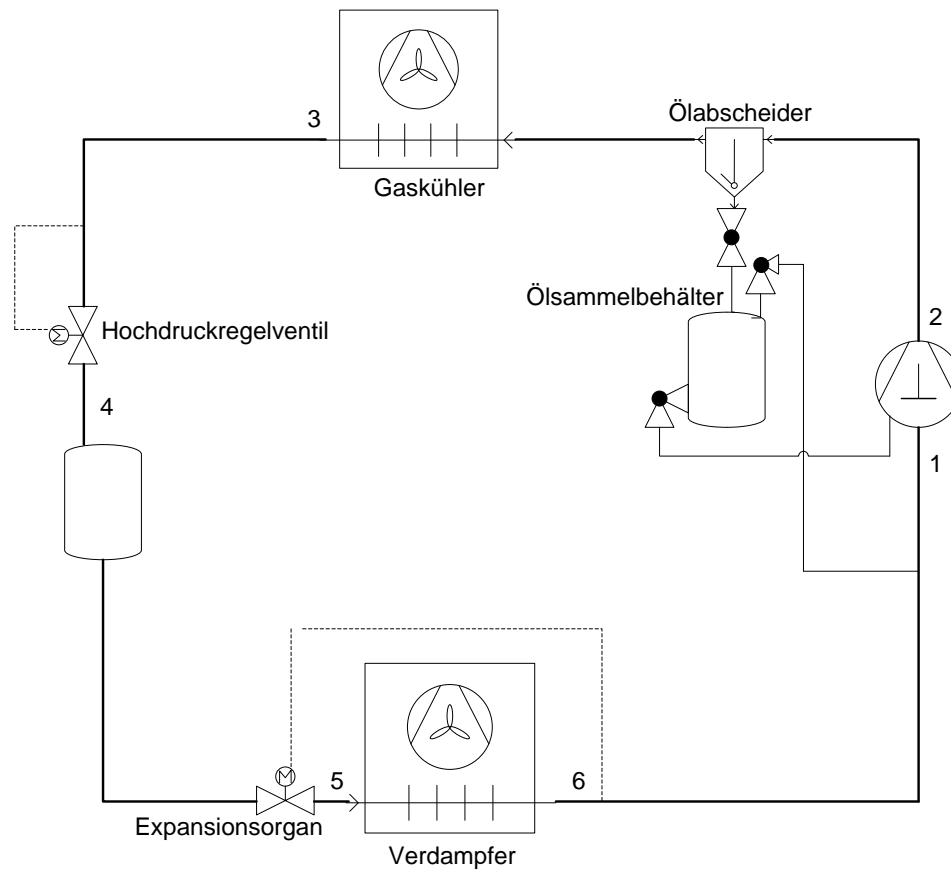


Hochdruckregelung – Ermittlung des optimalen Hochdrucks

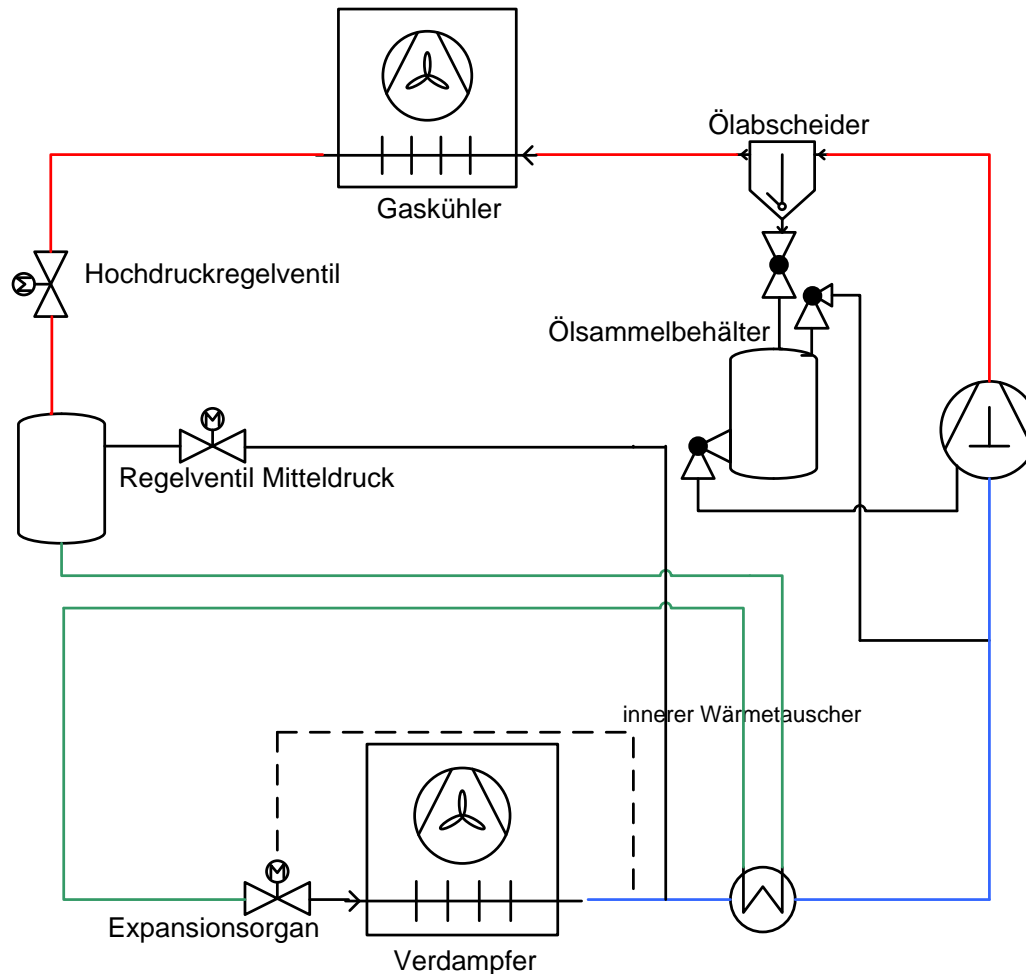
Berechnung auch über Berechnungsgleichungen möglich

Praxis: Regler Algorithmus bzw. Berechnungstools übernehmen diese Aufgabe

Einfache transkritische Anlage



Transkritische Anlage mit Mitteldruckbehälter und Bypass



Transkritische Anlage mit Mitteldruckbehälter und Bypass

Im Mitteldruckbehälter wird die Flüssigkeit vom gasförmigen Kältemittel getrennt. Ein Teil des flüssigen Kältemittels wird entspannt und verdampft. Das erzeugt eine größere Enthalpie Differenz vor dem Verdampfer.

Gasförmiges Kältemittel wird in den Sauggas Strom des Verdichters entspannt. Im Mitteldruckbehälter und der angeschlossenen Flüssigkeitsleitung kann ein definierter niedriger Druck erzeugt werden.

Durch den internen Wärmetauscher wird sichergestellt, dass die Sauggastemperatur genügend hoch liegt und gleichzeitig durch die Unterkühlung der Flüssigkeit für eine Erhöhung der Effizienz gesorgt.

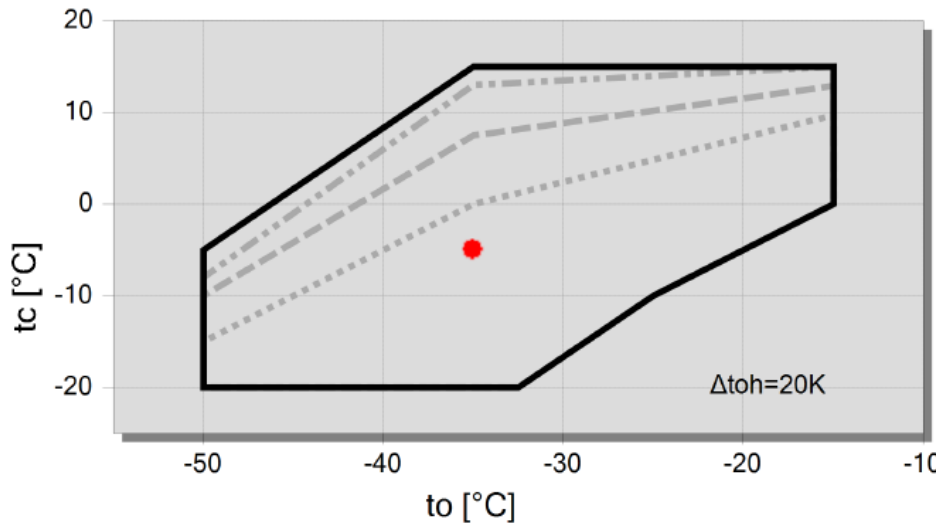
Transkritische Anlage Booster Anlage

Warum Booster – Anlage?

- Es wird Normalkühlung und Tiefkühlung zusammen benötigt
- Es wird nur Tiefkühlung benötigt (Einstufig ist das vom Einsatzfenster der Verdichter nicht machbar)

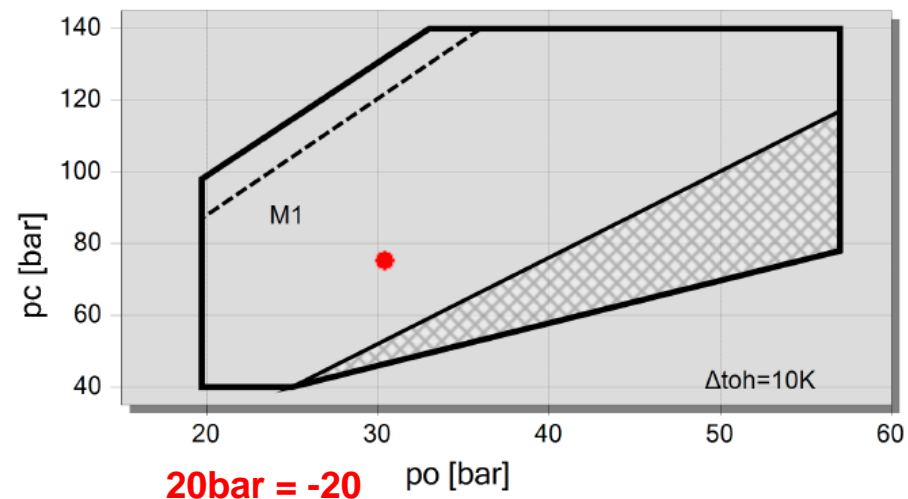
Einsatzgrenzen

Bitzer 2ESL-4K TK-Verdichter

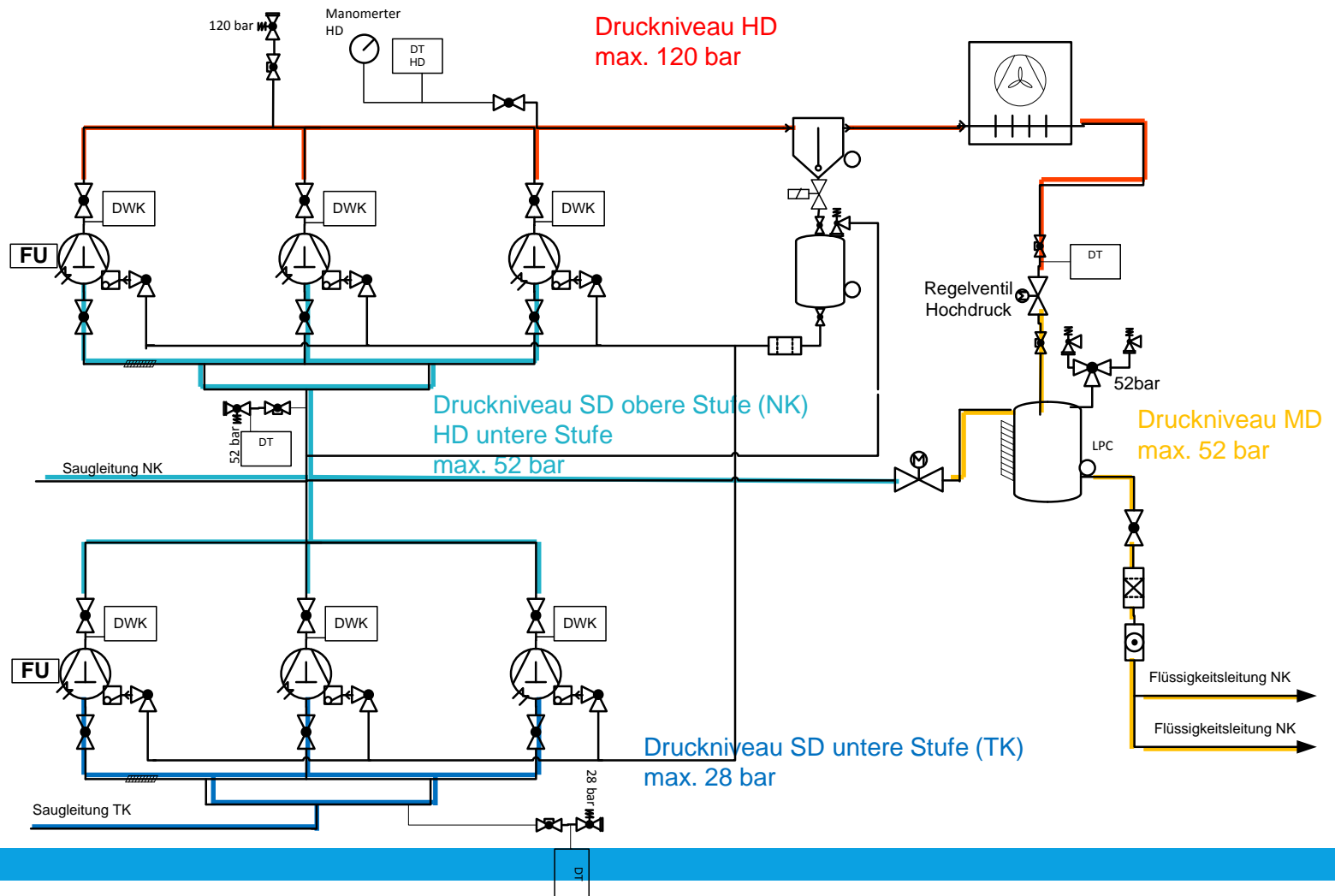


Einsatzgrenzen

Bitzer 4MTC-10K NK-Verdichter



Muster einfache Boosteranlage



Booster Anlagen

Nachteile:

- Sinkende Effizienz bei hohen Umgebungstemperaturen
- Relativ komplexe Regelung notwendig

Lösungsansätze:

Geändertes Anlagendesign mit Einsatz von Parallel-Verdichtern und Ejektoren um die Effizienz auch bei hohen Umgebungstemperaturen zu steigern

Eignungserklärung

Kapillarlötfittings aus Kupfer für den Einsatz in kältetechnischen Anlagen gemäß DIN EN 14276-2

Hiermit erklären wir die Eignung und Verwendbarkeit der im Folgenden aufgelisteten Kapillarlötfittings aus Kupfer für den Einsatz in kältetechnischen Anlagen gemäß DIN EN 1254-1, Bänninge unter den angegebenen Betriebsbedingungen:

Lagerabmessungen cuprofrio, spiralgewickelt

Abmessung mm	Gewicht nominal kg/m	Betriebs- druck* bar	Ringe m/Karton**
6 x 1	0,140	200	2 x 35
8 x 1	0,196	143	2 x 35
10 x 1	0,252	111	35
12 x 1	0,308	91	35
15 x 1	0,391	71	25
16 x 1	0,419	66	25
18 x 1	0,475	59	25
22 x 1	0,587	48	25

*zulässiger Betriebsdruck bei 4-facher Sicherheit

**Verpackungseinheit

IBP GmbH



i.V. Uwe Tomaschek - TM

Lagerabmessungen cupromed

Abmessung mm	Gewicht ca. kg/m	Betriebs- druck* bar	gerade Längen m/Karton**
6 x 1	0,140	200	200
8 x 1	0,196	143	100
10 x 1	0,252	111	75
12 x 1	0,308	91	50
15 x 1	0,391	71	50
16 x 1	0,419	66	50
18 x 1	0,475	59	50
22 x 1	0,587	48	50
28 x 1	0,755	37	50
28 x 1,5	1,110	57	25
35 x 1,5	1,410	45	25
42 x 1,5	1,700	37	25
54 x 2	2,910	38	20
64 x 2	3,467	32	5 m lose
76,1 x 2	4,144	27	5 m lose
88,9 x 2	4,859	23	5 m lose
108 x 2,5	7,374	24	5 m lose

* zulässiger Betriebsdruck bei 4-facher Sicherheit

**Verpackungseinheit

* gemäß IBP-Dokument 'Druckprobenprotokoll_S

K65[®]

Wieland

Kupferrohr für Hochdruckanwendungen bis 120 bar

Anwendung in der Kältetechnik

Die zunehmend zum Einsatz kommenden ökologisch orientierten Kälteanlagenkonzepte verwenden das umweltfreundliche Kältemittel CO₂. Dies führt jedoch zu sehr hohen Betriebsdrücken und verlangt daher neue und hochdruckfeste Materialien im Rohrleitungsbau von Kälteanlagen. Basierend auf einer hochfesten Kupferlegierung (CuFe2P) eignet sich das neue Rohrsystem K65 von Wieland für Anwendungen mit Betriebsdrücken bis 120 bar und somit auch für den Einsatz mit CO₂ als Kältemittel.

Verarbeitung und Installation

Die Verarbeitung von Bauteilen aus K65 ist vergleichbar mit der Verarbeitung von Kupfer. K65 Rohre dürfen durch Hartlöten mit K65 Fittings verbunden werden und können mit Silfos-Lot (Silberanteil von mindestens 2%) gelötet werden.

Bei der Installation sind die für die Kältetechnik üblichen Verarbeitungsrichtlinien für Verbindungsleitungen aus Kupfer gemäß DIN EN 378 und DKI Informationsdruck i164 weiterhin gültig und unverändert anzuwenden. Der Werkstoff ist leicht magnetisch und kann mit Hilfe eines Neodym-Magneten einfach von Kupfer unterschieden werden. Dies ist neben dem geringen Gewicht und der bewährten Verbindungstechnik ein hilfreicher Vorteil für die Praxis.

Kupferrohr Wieland K65 120 bar

aus hochfester Kupferlegierung für Hochdruckanwendungen, druckbeständig bis 120 bar

Bestell-Nr.	Außendurchmesser		Wandstärke mm	Innendurchmesser mm	Gewicht pro m mm	Festigkeits- zustand*
	Zoll	mm				
321.9701	$\frac{3}{8}$	9,52	0,65	8,22	0,161	R420
321.9702	$\frac{1}{2}$	12,70	0,85	11,00	0,282	R420
321.9703	$\frac{5}{8}$	15,87	1,05	13,77	0,436	R300
321.9704	$\frac{3}{4}$	19,05	1,30	16,45	0,646	R300
321.9705	$\frac{7}{8}$	22,22	1,50	19,22	0,870	R300
321.9706	$1\frac{1}{8}$	28,57	1,90	24,77	1,418	R300
321.9707	$1\frac{3}{8}$	34,92	2,30	30,32	2,100	R300
321.9708	$1\frac{5}{8}$	41,27	2,70	35,87	2,915	R300

Löt fittings >B< K65

aus hochfester Kupferlegierung für Hochdruckanwendungen, druckbeständig bis 120 bar

Bestell-Nr.	Bezeichnung
	K5130 T-Stück mit Innenlötenden
316.9701	T-Stück K5130 $\frac{3}{8}$ " x $\frac{3}{8}$ " x $\frac{3}{8}$ " löt
316.9702	T-Stück K5130 $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{2}$ " x $\frac{1}{2}$ " löt
316.9703	T-Stück K5130 $\frac{5}{8}$ " x $\frac{5}{8}$ " x $\frac{5}{8}$ " löt
316.9704	T-Stück K5130 $\frac{3}{4}$ " x $\frac{3}{4}$ " x $\frac{3}{4}$ " löt
316.9705	T-Stück K5130 $\frac{7}{8}$ " x $\frac{7}{8}$ " x $\frac{7}{8}$ " löt
316.9706	T-Stück K5130 $1\frac{1}{8}$ " x $1\frac{1}{8}$ " x $1\frac{1}{8}$ " löt
316.9707	T-Stück K5130 $1\frac{3}{8}$ " x $1\frac{3}{8}$ " x $1\frac{3}{8}$ " löt
316.9708	T-Stück K5130 $1\frac{5}{8}$ " x $1\frac{5}{8}$ " x $1\frac{5}{8}$ " löt

Bestell-Nr.	Bezeichnung
	K5270 Muffe mit Innenlötenden
316.9726	Muffe K5270 $\frac{3}{8}$ " löt
316.9727	Muffe K5270 $\frac{1}{2}$ " löt
316.9728	Muffe K5270 $\frac{5}{8}$ " löt
316.9729	Muffe K5270 $\frac{3}{4}$ " löt
316.9730	Muffe K5270 $\frac{7}{8}$ " löt
316.9731	Muffe K5270 $1\frac{1}{8}$ " löt
316.9732	Muffe K5270 $1\frac{3}{8}$ " löt
316.9733	Muffe K5270 $1\frac{5}{8}$ " löt

Bestell-Nr.	Bezeichnung
	K5243 Reduziernippel (Absatznippel) mit Innen- und Außenlötende (a)
316.9709	Reduziernippel K5243 1/2" a x 3/8" löt
316.9710	Reduziernippel K5243 5/8" a x 3/8" löt
316.9711	Reduziernippel K5243 5/8" a x 1/2" löt
316.9712	Reduziernippel K5243 3/4" a x 5/8" löt
316.9713	Reduziernippel K5243 7/8" a x 3/8" löt
316.9714	Reduziernippel K5243 7/8" a x 3/4" löt
316.9715	Reduziernippel K5243 1 1/8" a x 5/8" löt
316.9716	Reduziernippel K5243 1 1/8" a x 3/4" löt
316.9717	Reduziernippel K5243 1 1/8" a x 7/8" löt
316.9718	Reduziernippel K5243 1 3/8" a x 1 1/8" löt
316.9719	Reduziernippel K5243 1 5/8" a x 1 3/8" löt

Bestell-Nr.	Bezeichnung
	K5301 Kappe
316.9720	Kappe K5301 5/8" löt
316.9721	Kappe K5301 3/4" löt
316.9722	Kappe K5301 7/8" löt
316.9723	Kappe K5301 1 1/8" löt
316.9724	Kappe K5301 1 3/8" löt
316.9725	Kappe K5301 1 5/8" löt

Bestell-Nr.	Bezeichnung
	K5002 Bogen 90° mit Innenlötenden
316.9734	Bogen 90 Grad K5002 3/8" löt i/i
316.9735	Bogen 90 Grad K5002 1/2" löt i/i
316.9736	Bogen 90 Grad K5002 5/8" löt i/i
316.9737	Bogen 90 Grad K5002 3/4" löt i/i
316.9738	Bogen 90 Grad K5002 7/8" löt i/i
316.9739	Bogen 90 Grad K5002 1 1/8" löt i/i
316.9740	Bogen 90 Grad K5002 1 3/8" löt i/i
316.9741	Bogen 90 Grad K5002 1 5/8" löt i/i



Druckprüfung der Anlage und Rohrleitungen

Grundsätzlich ist bei der Druckprüfung der Anlagen immer besondere Vorsicht geboten.

Dieses gilt aber ganz besonders für die Prüfung der CO₂ Anlagen.

Bei einer Druckprüfung an einem Booster auf der Hochdruckseite zwischen den Verdichtern, Ölabscheider, Gaskühler und Hochdruckregelventil muss mit PN 120 x 1,1 fach = **132 bar** geprüft werden.

Hier sollten alle Personen aus der eventuellen Gefahrenzone entfernt sein und die Druckerhöhung vom Personal aus einer sicheren Entfernung vorgenommen werden.

Schiessl CO₂ Katalog

Überarbeitete Version
zur Chillventa 2018



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!
