

Transkritische Kältesysteme mit CO₂

Der Schweizerische Verein für Kältetechnik SVK bietet zusammen mit der HAVO-Group in Aarburg ein neues Schulungsangebot für die Weiterbildung im Bereich von transkritischen Kältesystemen mit CO₂ als Kältemittel an. Die ersten Schulungsgruppen haben das Schulungsangebot bereits genutzt, um sich den Besonderheiten dieser neuartigen Anlagentechnik anzunehmen.



Ivan Koch demonstriert das Verhalten von CO₂ bei der Druckabsenkung

Von Claudio Müller, Wilderswil

An der zweitägigen Schulung werden fundierte, theoretische Grundlagen vermittelt, mit dem Ziel, dass sich Fachleute auch an Systeme mit CO₂ herantasten können.

Zu den Inhalten der theoretischen Schulung gehören:

- die Eigenschaften und Merkmale von Kohlenstoffdioxid als Kältemittel;
- Systeme mit Kälte-träger, subkritische Kaskadensysteme, transkritische Systeme und Boostersysteme;
- Umgang mit CO₂ im Anlagenbau, bei der Inbetriebsetzung und bei Eingriffen im System;
- Regelungstechnik für Gaskühler-, Hochdruck-, Mitteldruck- und Leistungsregulierung.

Zum Konzept der Schulung

gehört die Ergänzung der theoretischen Schulung durch praktische Tätigkeiten. Diese sind unter anderem:

- Systemeingriff an der Kältemaschine
- Messungen durchführen
- Kältesystem absaugen und füllen
- Kreislauf gemäss Schema nachvollziehen
- Drucktest bei 105 bar
- Vorgehen beim Abpressen
- HD-Störung und Startverhalten mit Hochdruckventil simulieren
- Stromausfall simulieren
- Systemeingriff an einer Kühlstelle nach dem «Code of Practice»
- Absperrventile kontrollieren und plombieren
- Drucktest an einem Kupferrohr

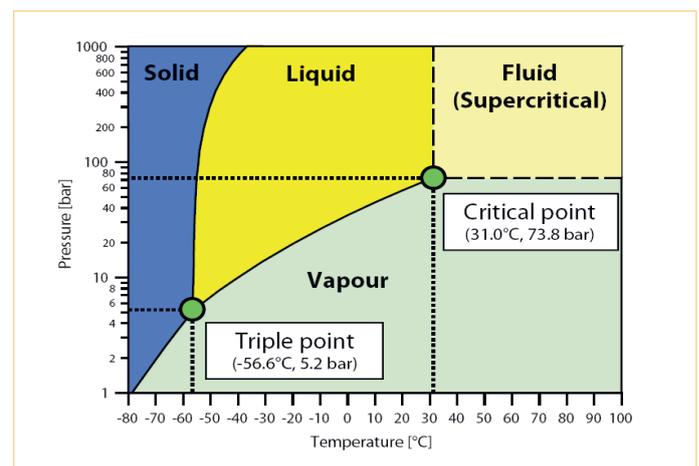
Die thermodynamischen Eigenschaften von CO₂, mit der niedrigen kritischen Temperatur von 31 °C und gleichzeitig einem kritischen Punkt von 73.83 bar, stellen

höhere Anforderungen an den Anlagenbau. Für den Kältefachmann wird es dabei noch wichtiger, die unterschiedlichen Aggregatzustände des Kältemittels zu unterscheiden: neben flüssiger und gasförmiger Phase, kann CO₂ festförmig als Trockeneis vorkommen oder dann eben auch als überkritisches Fluid, oberhalb von 31 °C und 73.83 bar. Die Aggregatzustände werden im Phasendiagramm deutlich dargestellt.

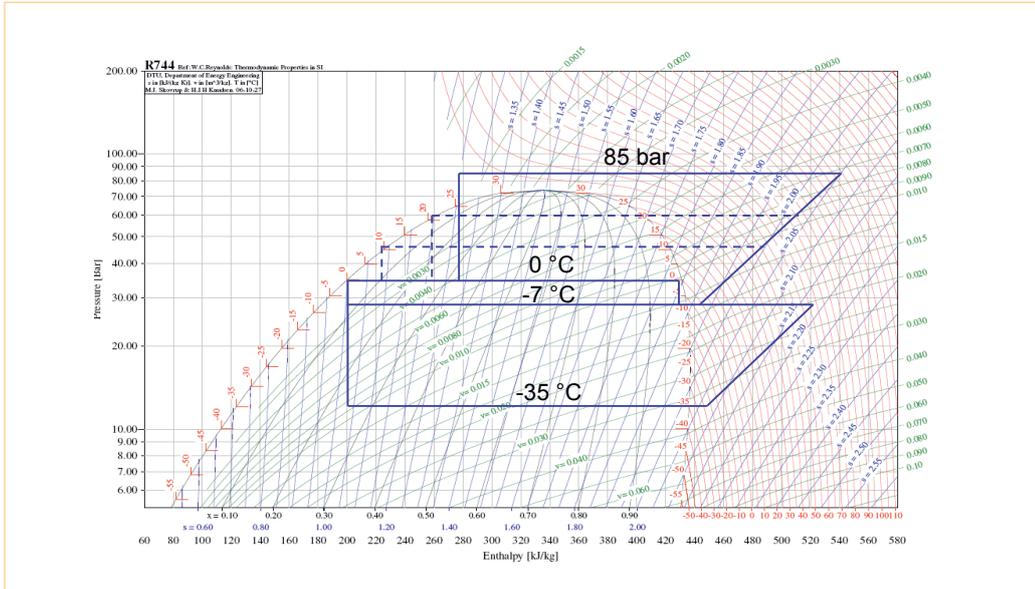
Was es heisst, Trockeneis in einem System zu haben, wird während der Schulung vorgeführt.

Prozesse für sub- und transkritische CO₂-Systeme

werden in der Schulung schrittweise aufgebaut. Der Kreisprozess eines transkritischen Booster-Systems im lg p,h-Diagramm zeigt die hohen Anforderungen an die Regelungstechnik: der stark variierende Hochdruck im Bereich zwischen ca. 80–90 bar im Sommerbetrieb im Vergleich zum Winterbetrieb von ca. 45 – 50 bar, macht die Verdichterleistungsregulierung unerlässlich. Ein weiteres wichtiges Thema ist die Hochdruckregulierung. Der Öffnungsgrad des Hochdruckventils wird aus Hochdruck und Gasküh-



Phasendiagramm von CO₂



lg p,h-Diagramm von CO₂ mit dem Kreisprozess eines Boostersystems



Systemeingriff am Verdampfer

leraustrittstemperatur ermittelt. Die optimale Effizienz zwischen Wärmeaufnahme des Kältemittels und Antriebsenergie der Verdichter, wird durch eine intelligente Regulierung erzielt. Systeme mit zweistufiger Entspannung erfordern weiter eine Regulierung des Mitteldrucks. Der Mitteldruck muss ganzjährig unabhängig vom Hochdruck stabil gehalten werden, um an den Expansionsventilen der Pluskühlstellen und der Tiefkühlstellen die notwendige Druckdifferenz sicherzustellen.

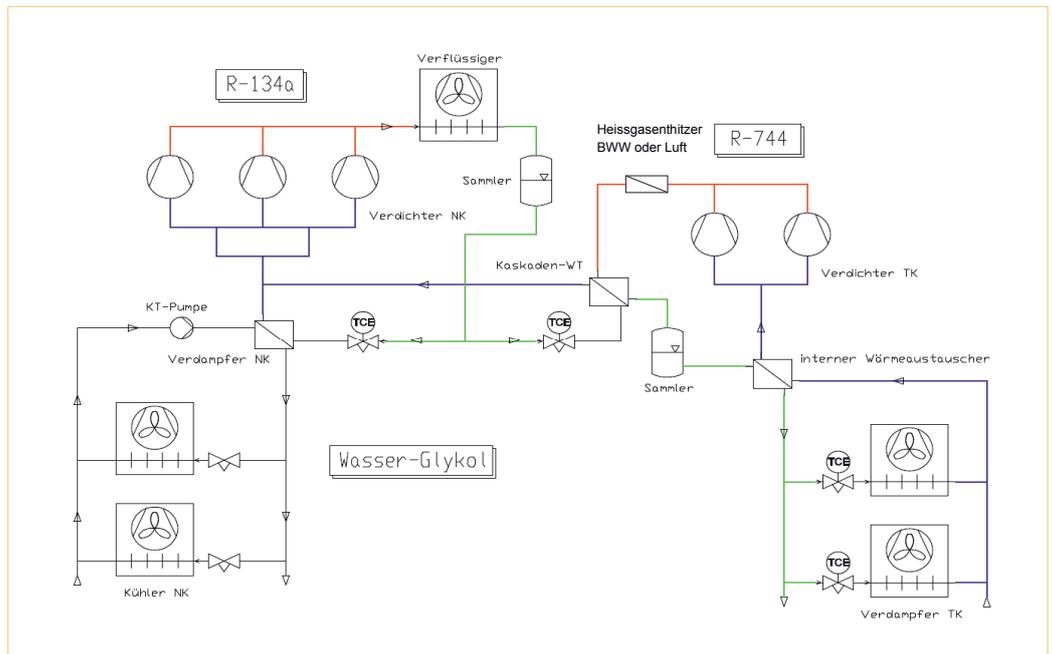


Einfüllen des Kältemittels

Kälträgersysteme mit CO₂ in einem geschlossenen Pumpenkreislauf haben sich vor allem im industriellen Einsatzbereich durchgesetzt. So werden viele Kunsteisbahnen nach diesem System betrieben. In weiten Bereichen durchgesetzt haben sich subkritische Tiefkühlssysteme mit CO₂ als Kaskaden. Dabei ist die Wärmeabgabe an ein Kälträgersystem für die Pluskühlung sinnvoll.

Im Bereich der Systeme ergeben sich verschiedene Einsatzbereiche mit CO₂:

- Kälträgersysteme
- CO₂ wird in einem geschlossenen Kreislauf umgepumpt
- Wärmeaufnahme an der Kühlstelle
- Verdampfung des CO₂
- Kaskadenschaltung (subkritische Kältesysteme)
- CO₂ in herkömmlichem Kältekreislauf
- Wärmeabgabe an vorgeschaltetes Kältesystem
- transkritische Kältesysteme
- Wärmeabgabe oberhalb des kritischen Punkts
- Keine Verflüssigung des Kältemittels



Prinzipschema eines subkritischen CO₂-Systems in Kaskadenschaltung



Berstversuch an einem gelöteten Kupferrohr

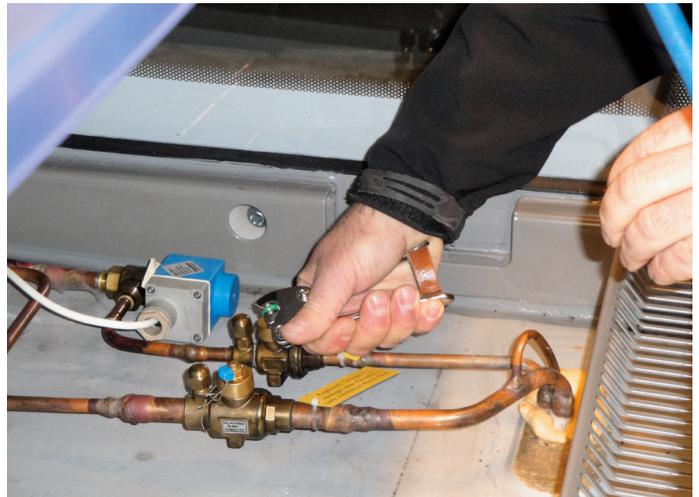
Für Anwendungen in der Supermarktkälte sind nun Boostersysteme für Direktverdampfung wieder möglich, indem CO₂ als Kältemittel eingesetzt wird. Diese Systeme haben sich in den letzten Jahren bereits gut etabliert. Dabei werden Pluskühl- und Tiefkühlstellen in einem kombinierten System zusammengefasst.

In kleinen Gruppen sammeln die Schulungsteilnehmer eigene Erfahrungen über den Umgang mit CO₂ im Anlagenbau. Dabei werden an der Kältemaschine die Sicherheitseinrichtungen getestet,

das Startverhalten nach einem Stromausfall oder einer Störschaltung simuliert, das System abgesaugt, Kältemittel nachgefüllt und weitere Tätigkeiten.

An einem Stufenkühlregal wird das Vorgehen zum Systemeingriff bei einem defekten Expansionsventil geübt. Genau nach Arbeitsanweisung werden die Absperrhahnen bedient, bevor die Kältemittelfüllung im Verdampfer entfernt wird.

Die Materialauswahl für Komponenten und für den Rohrleitungsbau sind weiter Thema der Schu-



Plombieren der Absperrhahnen

lung. Ein praktischer Berstversuch zeigt den Einsatzbereich resp. die Grenzen für den Einsatz von handelsüblichem Kupfer im Kälteanlagenbau. Ein Rohrleitungsstück in der Dimension 1/2" platzt bei einem Druck von ca. 260 bar im geraden Rohrstück neben einer Lötstelle.

Für den Rohrleitungsbau im Hochdruckbereich mit Edelstahlbauteilen und -rohren, wird die Möglichkeit der Verbindungstechniken mit einem Orbital-Schweißgerät und mit Swagelok-Klemmringverschraubungen aufgezeigt.

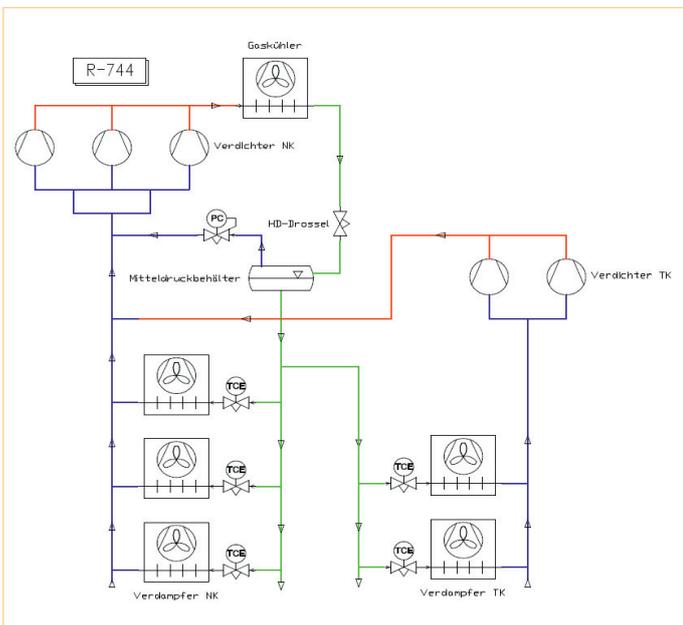
Die Schulung bietet den Teilnehmern in einem breiten Spektrum

Wissen und Erfahrungen von Fachleuten rund um die Planung, den Bau und die Inbetriebsetzung von CO₂-Systemen an.

Links
Informationen zu den Schulungsangeboten finden Sie unter:
www.r-744.ch
www.svk-weiterbildung.ch
Viele wertvolle Hinweise zu Komponenten und Anwendungen mit CO₂ unter www.r744.com

Die Erarbeitung der Schulungsunterlagen wurde massgeblich unterstützt durch

MIGROS



Prinzipschema eines transkritischen CO₂-Boostersystems

