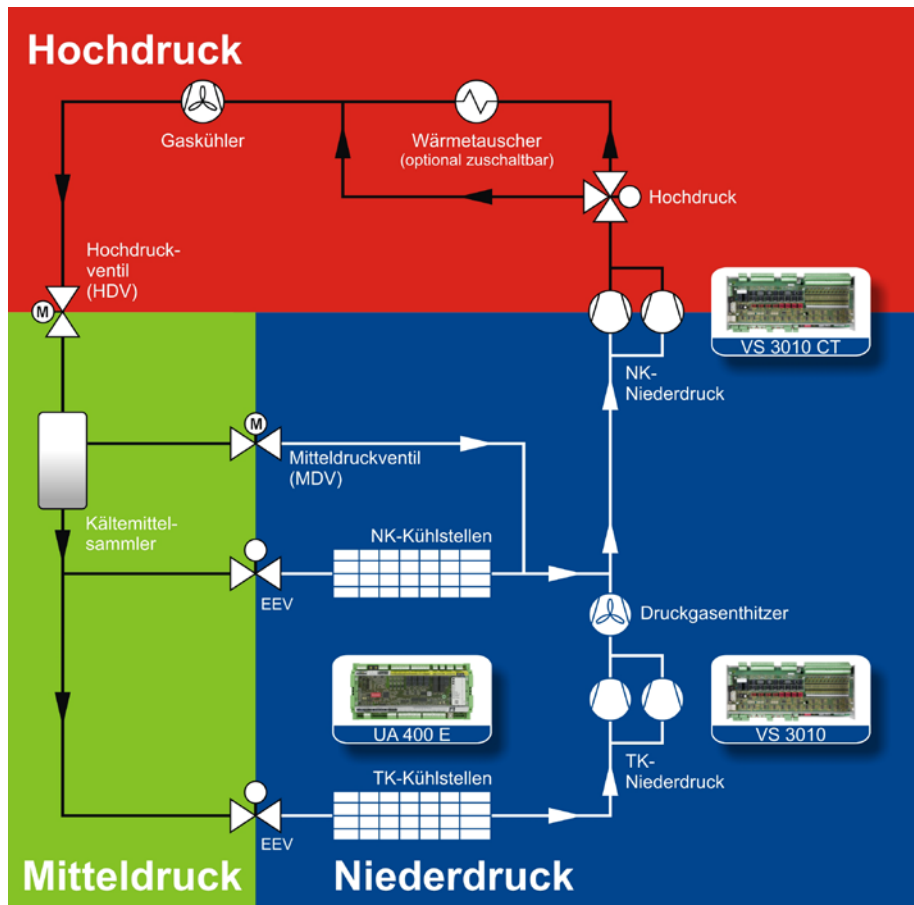




In ähnlicher Form erschienen in: KI Kälte Luft Klimatechnik 11/2013, S. 30–22.
Fachaufsatz der Eckelmann AG, Wiesbaden



Booster-Schaltung mit R744 (Grafik: Eckelmann AG)

Edeka-Markt Behringen setzt auf R744

Die [Dresdner Kühlanlagenbau GmbH](#) hat einen neuen Edeka Markt in Behringen mit einer transkritischen CO₂-Kälteanlage in Booster-Schaltung mit Wärmerückgewinnung ausgestattet. Als Regelungssystem wird E*LDS der Eckelmann AG eingesetzt, das mit der [VS 3010 CT](#) über eine innovative Verbundsteuerung verfügt, die alle Funktionalitäten für den transkritischen Betrieb des NK-Verbunds in einer Komponente verbindet und so für einen hocheffizienten und äußerst robusten Anlagenbetrieb sorgt.

Im Oktober 2012 wurde ein neu errichteter Edeka Markt in Behringen nahe Eisenach eröffnet. Der Markt hat eine Fläche von 1.000 Quadratmeter und bietet gegenüber dem früheren Markt, der seit 1989 neben dem neuen Gebäude betrieben wurde, wesentlich mehr Platz für Tiefkühlwaren, Frischeprodukte, Obst und Gemüse. Der Markt beherbergt auch eine Bäckereifiliale sowie eine Fleischerei.

Bei der Kältetechnik entschied sich der Betreiber Familie Klöppel, in eine moderne Kälteanlage mit dem klimafreundlichen Kältemittel CO₂ (R744) zu investieren. NK- und TK-Verbund sind in einer Booster-Schaltung miteinander verknüpft. Die Abwärme aus der Kälteanlage wird durch Wärmerückgewinnung genutzt. DKA Dresdner Kühlanlagenbau GmbH hat die Anlage als



Generalunternehmer realisiert. Als Regelungstechnik kam das Regelungssystem E*LDS der Eckelmann AG zum Einsatz.



Abb. 1: Schaltschrank mit neuer VS 3010 CT (links in der Tür) und Kältemonteur bei Einstellungen am Marktrechner CI 3000. (Fotos: Dresdner Kühlanlagenbau GmbH)



Abb. 2: Verglaste NK-Kühlmöbel im Edeka Behringen (Foto: Dresdner Kühlanlagenbau GmbH)



CO₂ verbindet Effizienz und Klimaschutz

Das natürliche Kältemittel CO₂ hat eine hohe volumenbezogene Kälte- respektive Heizleistung und einen sehr guten Wärmeübertragungskoeffizienten. Bei der Kompression des Kältemittels werden hohe Temperaturen erreicht (typischerweise ca. 110 °C im transkritischen Betrieb). Dies macht CO₂ besonders attraktiv für Wärmepumpen und Wärmerückgewinnung aus Kälteanlagen. Da Lebensmittelmärkte ganzjährig einen hohen Bedarf sowohl an Kälte als auch an Wärme haben, sind CO₂-Anlagen mit Wärmerückgewinnung besonders effizient und rechtfertigen die immer noch geringfügig höheren Investitionen im Vergleich zu einer konventionellen Kälteanlage (bspw. mit R404A als Kältemittel) schon allein durch die geringeren laufenden Energiekosten.

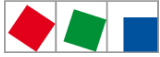
Insgesamt wurde in dem Edeka Markt eine maximale TK-Kälteleistung von 11,7 kW und eine maximale NK-Kälteleistung von 39,4 kW installiert, die von jeweils 2 Verdichtern bereitgestellt wird. Die Wärme aus dem TK- und NK-Verbund wird durch Wärmerückgewinnung genutzt. Über einen Plattenwärmetauscher wird die Wärmeenergie zur Erwärmung des Brauchwassers und zum Heizen übertragen.

Anders als bei einem konventionellen Kältemittel kondensiert „überkritisches“ CO₂ nicht bei konstanter Temperatur, sondern kühlt nach der Kompression im Wärmeübertrager mit stark gleitender Temperatur ab, der Druck bleibt dabei konstant. Die dabei abgegebene Wärme auf einem relativ hohen Temperaturniveau lässt sich hervorragend nutzen, um zu heizen oder Wasser zu erwärmen. Kühlen und Heizen lassen sich daher mit CO₂ als Kältemittel sehr effizient kombinieren.



Abb. 3: TK/NK-Verbund mit jeweils 2 Verdichtern und Wärmerückgewinnung (Foto: Dresdner Kühlanlagenbau GmbH)

Von diesem Vorteil der Technologie profitiert nun auch der Edeka Markt in Behringen, der während der langen Wintermonate 2012/13 einen guten Teil der benötigten Wärme zum Heizen über die Wärmerückgewinnung decken konnte. Der NK-Verbund kann eine maximale Wärmeleistung von 51,3 kW bereitstellen. Die Wärme wird per Plattenwärmetauscher übertragen, die Heizleistung beträgt 24 kW. Mit der per Verbundsteuerung geregelten Leistungsoptimierung der Verdichter wurden in den



ersten Betriebsmonaten hervorragende Arbeitszahlen erreicht. Im transkritischen Betrieb tritt das CO₂ mit einem Druck von 80 bar ein und gibt Wärme an das Sekundärmedium ab; die Druckgastemperatur beim Eintritt in das WRG-Register beträgt ca. 110 °C die Austrittstemperatur ca. 31 °C, die Temperaturspreizung für diesen Wärmeübergang liegt also bei ca. 79 °C. Wie bereits erwähnt, läuft dieser Prozess isobar ab, da im transkritischen Gebiet kein Phasenübergang stattfindet. Das Heizwasser wird von 30 auf 40 °C erwärmt.

Regelungstechnik

Die Regelung wurde mit dem Regelungssystem E*LDS der Eckelmann AG realisiert. Eine zentrale Rolle spielt hierbei die Verbundsteuerung [VS 3010 CT](#) (siehe Abb. 4), die speziell für den transkritischen Betrieb von Kälteanlagen mit dem natürlichen Kältemittel CO₂ (R744) entwickelt wurde. Die Hochdruck-Verdichter (Normalkühlung) werden von einer VS 3010 CT geregelt, die Niederdruck-Verdichter (Tiefkühlung) von einer normalen [VS 3010](#). CT steht für „CO₂ transkritisch“.

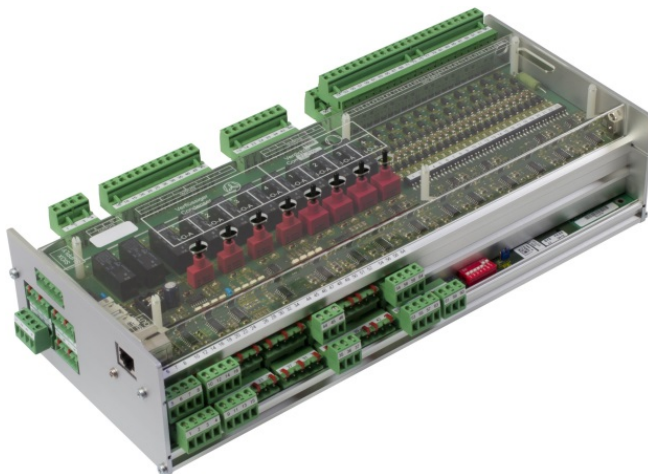


Abb. 4: Verbundsteuerung VS 3010 CT für transkritische R744-Booster-Anlagen (Foto: Eckelmann AG)

Abb. 5 zeigt das Fließschema der Kälteanlage. Die Anlage ist als Boosterschaltung realisiert, d.h. anders als bei Kaskadensystemen mit 2 unterschiedlichen Kältemitteln (z.B. R744 und R134A) und Kaskadenwärmetauscher, wird nur R744 sowohl für den Niederdruckkreis als auch den Hochdruckkreis eingesetzt, die über einen Mitteldruckkreis verknüpft sind.

Alle Funktionalitäten für den transkritischen Betrieb wurden in die Steuerung integriert. Dadurch wird eine hohe Betriebssicherheit und Regelgüte erzielt. Mit anderen Worten: Es sind keine separaten Komponenten notwendig, die z.B. den Gaskühlerkreis regeln, und die Regelung ist damit völlig unabhängig von evtl. Störungen der Feldbus-Kommunikation. Robuster und autonomer kann Kälteelektronik kaum operieren!

Die VS 3010 CT regelt im Einzelnen den Saugdruck (ND), den Mitteldruck (MD über den Druck im Kältemittelsammler), den Hochdruck (HD) und den Gaskühler. Im transkritischen Modus wird stetig der für das Erreichen eines hohen COP optimale Hochdruck berechnet und als Regelungsgröße genutzt, denn oberhalb des Kritischen Punktes von CO₂ (t = 30,98 °C; p = 73,75 bar) besteht kein eindeutiger physikalischer Zusammenhang zwischen Druck und Temperatur.

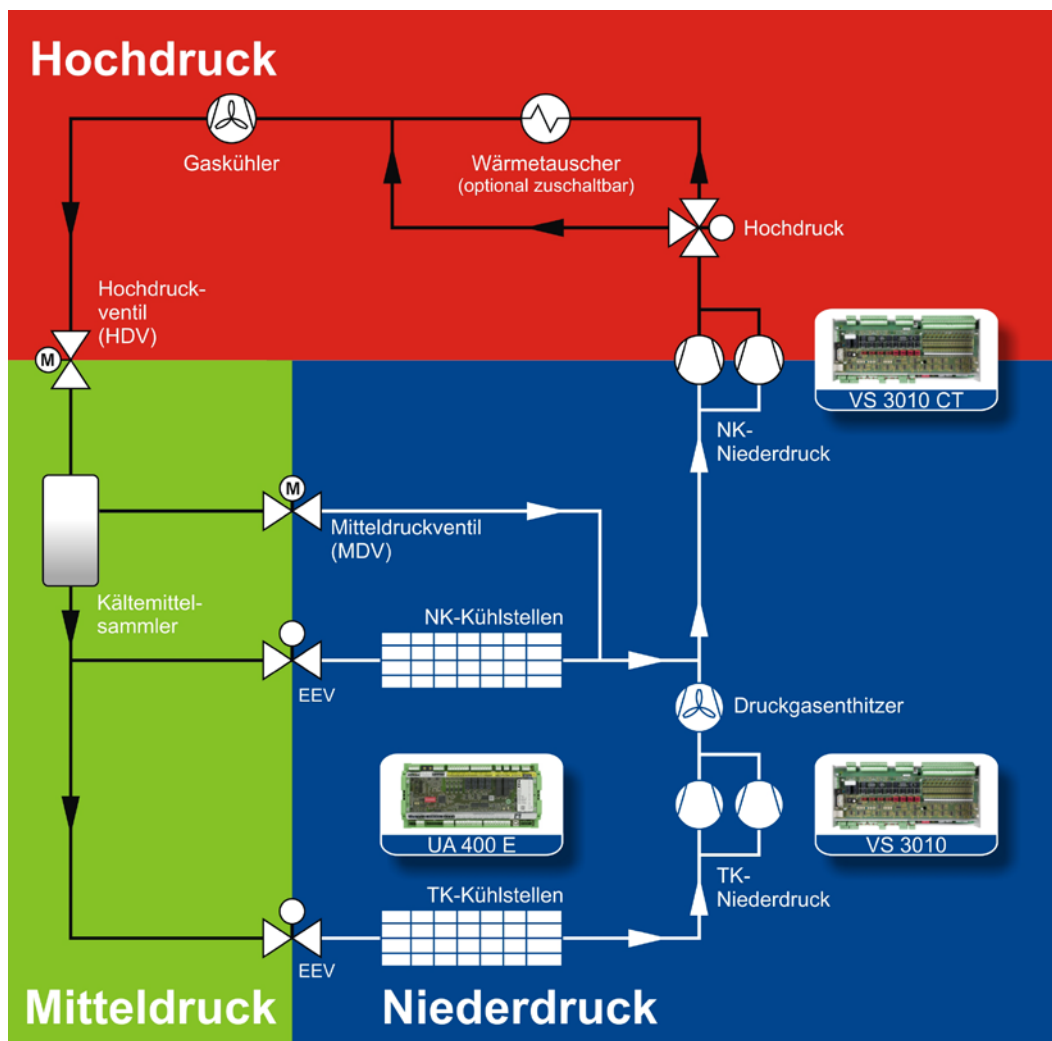
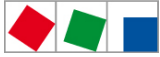


Abb. 5: Anlagenschema Booster-Schaltung mit R744. (Grafik: Eckelmann AG)

Durch die hohen Verdichtungsendtemperaturen eignet sich das natürliche Kältemittel CO₂ hervorragend für Wärmerückgewinnung, z.B. um Brauchwasser oder Heizungswasser zu erwärmen. Dadurch kann die Energieeffizienz des Gesamtsystems nochmals deutlich verbessert werden. Ob mit der multifunktionalen DDC GLT 3010 von Eckelmann für Aufgaben der Gebäudeautomation oder anderer Leittechnik, über einen Analogeingang der VS 3010 CT kann per 0-10V-Signal der Sollwert für die WRG stufenlos an die Anforderungen der Leittechnik des Gebäudes angepasst werden.

Fazit

Die Kältetechnik ist der größte Energieverbraucher im Lebensmittelmarkt. Deshalb lassen sich hier auch die größten Einsparungen erzielen. Hierbei rückt immer mehr die gesamte Energiebilanz eines Marktes in den Blick, d.h. das Energiemanagement denkt gewerkeübergreifend. Die Potentiale moderner Kältetechnik lassen sich nur effizient nutzen, wenn sie in das Gesamtkonzept des Gebäudes eingebunden wird. Dies ist auch der Grund für die wachsende Verbreitung von transkritischen Kälteanlagen mit dem natürlichen Kältemittel CO₂ (R744). Es ist nämlich nicht nur ein hervorragendes Kältemittel mit hoher volumetrischer Kälteleistung bei guter Wärmeübertragung.



Damit auch im transkritischen Betrieb der COP (an in unseren Breiten wenigen Sommertagen über 31 °C Außentemperatur, also oberhalb der Kritischen Temperatur von CO₂) weiterhin ein guter COP (Coefficient of Performance) erreicht wird, kommt es ganz entscheidend auf die Leistungsfähigkeit der Regelungsalgorithmen an. Betrachtet man ein ganzes Jahr kann eine CO₂-Kälteanlage eine bessere Effizienz erreichen als eine herkömmliche Anlage mit synthetischen Kältemitteln. In eine Kälteanlage mit R744 als Kältemittel zu investieren, wie bei dem beschriebenen Edeka Markt in Behringen, ist nachhaltig im besten Sinne: Die laufenden Energiekosten sind vergleichsweise niedrig, die Kälteanlage wird als „kostenlose“ Wärmequelle genutzt und CO₂ hat einen zu vernachlässigenden Einfluss auf das Klima durch direkte Kältemittlemissionen sowie keine ozonschädigende Wirkung.

Weitere Informationen zum E*LDS-Regelungssystem:

www.eckelmann.de/produkte-loesungen/kaeltetechnik/elds-produkte

Datenblatt zur VS 3010 CT:

www.eckelmann.de/fileadmin/user_upload/downloads/Kaeltetechnik/E_LDS_VS3010CT.pdf

Kontakt:

Eckelmann AG

Berliner Straße 161

65205 Wiesbaden

Deutschland

Telefon: +49 (0)611 7103-0

E-Mail: info@eckelmann.de