

## Einsatz in der Gewerbekühlung

# CO<sub>2</sub> und Propan im Supermarkt

Dr. Michael Kauffeld, Kim Gardø Christensen, Aarhus (DK)

## zum Autor

**Dr.-Ing. Michael Kauffeld,**  
Dänisches  
Technologisches  
Institut, Kälte-  
und Wärme-  
pumpentechnik,  
Aarhus,  
Dänemark



## zum Autor

**Dipl.-Ing. Kim Gardø Christensen,**  
Dänisches  
Technologisches  
Institut, Kälte-  
und Wärme-  
pumpentechnik,  
Aarhus,  
Dänemark



*Im Rahmen eines in Zusammenarbeit mit der Industrie durchgeführten Demonstrationsprojektes, gefördert durch die dänische Energiebehörde, ist im Mai 2000 in Dänemark der erste Supermarkt mit dem Kältemittel Kohlendioxid in Direktverdampfung in Betrieb gegangen. Dazu sind vorab am Dänischen Technologischen Institut (DTI) in Aarhus entsprechende Versuchsanlagen aufgebaut worden. Die damit erzielten Ergebnisse sowie erste Betriebserfahrungen und Meßergebnisse aus dem Supermarkt beschreibt der folgende Beitrag.*

Bei dem Supermarkt „Lokal Brugsen“ in Odense handelt es sich um ein Objekt kleinerer Größe, wo im Rahmen von Modernisierungsmaßnahmen eine neue Kälteanlage installiert wurde. Vor dem Umbau bestand die Kälteversorgung aus einer R 12-Anlage mit 10 kW Kälteleistung für die Normalkühlung sowie einem R 502-System mit 7 kW Kälteleistung für die Tiefkühlung. Vor dem Umbau wurden die ersten Energieverbrauchsmessungen durchgeführt.

Nach dem Umbau verfügt der Supermarkt nun über eine zentrale Propankälteanlage, welche das Propylenglykol für die Normalkühlung abkühlt und außerdem

in einem Plattenwärmeaustauscher das CO<sub>2</sub> der Tiefkühlung verflüssigt. Für den CO<sub>2</sub>-Kreislauf kam ein halbhermetischer Kolbenverdichter von Bitzer zum Einsatz.



*In diesem dänischen Supermarkt werden neuerdings ausschließlich natürliche Kältemittel eingesetzt*

Die Ermittlung des Energieverbrauchs nach dem Umbau erbrachte Einsparungen von ca. 10 % im Vergleich zur alten Kälteversorgung. Verglichen mit einer modernen direktverdampfenden R 404A-Anlage wäre der Energieverbrauch gleich groß.

Der Zweck des Projekts in Odense, das zum 1. Oktober 2000 abgeschlossen wurde, war es, die Anwendung von natürlichen Kältemitteln in Verbindung mit Kälteanlagen in Supermärkten zu demonstrieren. Gleichzeitig sollte gezeigt werden, daß der Energieverbrauch bei dem eingesetzten Anlagen-Typ im Verhältnis zu optimierten Anlagen, wie sie derzeit eingesetzt werden, geringfügig reduziert werden kann. Weiterhin wurde der Preis für eine Anlage mit natürlichen Kältemitteln ermittelt.

## Das Projekt und die Anlage

Das Projekt nimmt seinen Ausgangspunkt in einem früheren Projekt, bei dem die verschiedenen Systeme mit natürlichen Kältemitteln theoretisch sowie im Labor untersucht wurden. In dieser Arbeit wurden verschiedene Anlagenkonzepte beurteilt. Die theoretische Analyse ergab, daß normale, indirekte Systeme den totalen Energieverbrauch um 5–10 % erhöhen. Allerdings wird eine Kaskadenanlage, die CO<sub>2</sub> (R 744) direkt in den Gefriermöbeln be-

nutzt, eine effektivere Lösung bieten, da der Energieverbrauch im Verhältnis zu einer optimierten, direkt verdampfenden R 404A-Anlage (Unterkühlungsanlage) um etwa 5 % reduziert werden kann.

In dem beschriebenen Projekt ist in die Energiebetrachtung auch der Energieverbrauch für Verflüssigerlüfter, Ventilation im Maschinenraum, Regelung, Möbel (Licht, Kantenwärme, Abtaung und Ventilatoren) sowie der Energieverbrauch für Pumpen des Sekundärkreislaufs für die Normalkühlung eingeschlossen. Verteilt auf die Komponenten sieht der relative Energieverbrauch folgendermaßen aus:

Energieverbrauch	Propan/CO <sub>2</sub>	Optimale R 404A-Anlage
Verflüssiger	7 %	6 %
Lüftung	1 %	0 %
Regelung	1 %	1 %
Möbel	40 %	38 %
Pumpen	4 %	0 %
Verdichter	47 %	55 %
<b>Gesamt</b>	<b>100%</b>	<b>100 %</b>

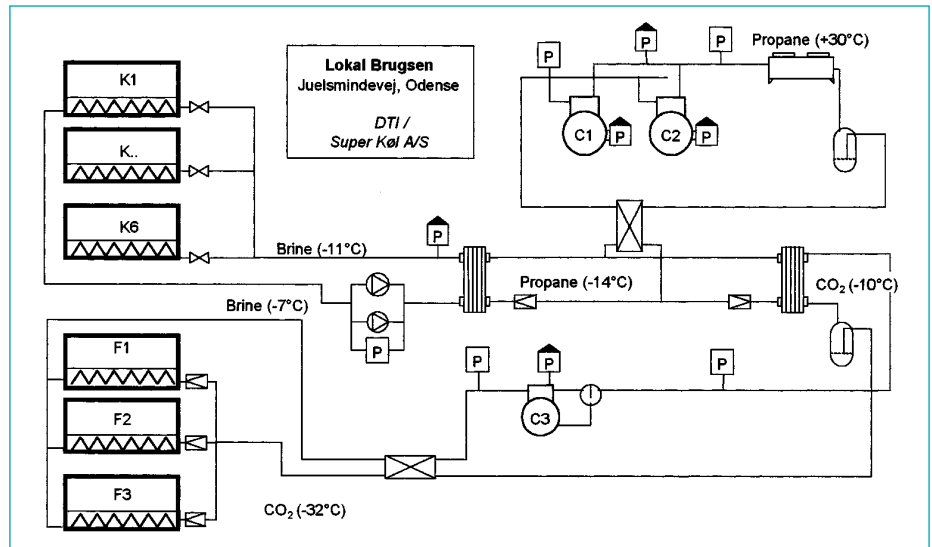
Die gewählte Anlage ist als Kaskade aufgebaut. Für die Normalkühlung wird Propan (-14 °C – +30 °C) benutzt, während wie schon erwähnt zur Tiefkühlung (-32 °C – -11 °C) Kohlendioxid eingesetzt wird. Die zwei Kältemittel tauschen ihre Wärme im Kaskadenwechsler, wo Propan bei Trockenexpansion verdampft, und das CO<sub>2</sub> kondensiert. CO<sub>2</sub> wird direkt im Supermarkt benutzt, während mit dem Propan das Propylen-Glykol für die Normalkühlung abgekühlt wird. Das Glykol wird anschließend in einem geschlossenen System zu den Möbeln gepumpt. Die dimensionierten Kälteleistungen sind:

- Tiefkühlung 6 kW bei -32 °C (CO<sub>2</sub>)
- Normalkühlung 10 kW bei einer Glykolvorlaufauftemperatur von etwa -10 °C

### Details zum Systemaufbau

Die Anlage wurde mit existierenden und kommerziell verfügbaren Komponenten aufgebaut. Aufgrund der Feuergefährlichkeit von Propan (R 290) und durch die relativ hohen Drücke von CO<sub>2</sub> ist es allerdings erforderlich, diesen Eigenschaften bei der Dimensionierung und Konstruktion Rechnung zu tragen. Die Anlage ist mit 6 kg Propan und 6 kg CO<sub>2</sub> gefüllt.

Die Propananlage wurde im Maschinenraum in einem dichten und belüfteten Kasten aufgestellt. Die mechanische Lüftung, die immer in Betrieb ist, sorgt für einen konstanten Unterdruck im Kasten. Pumpen im Maschinenraum sichern die Zirkulation des Glykols zu den Normalkühlstellen.



Das Fließbild der Anlage mit CO<sub>2</sub> und Propan

Die CO<sub>2</sub>-Anlage ist im Maschinenraum aufgestellt, von wo die Flüssigkeits- und Saugleitungen mit den Gefriermöbeln verbunden sind. Im Maschinenraum ist weiterhin ein CO<sub>2</sub>-Detektor montiert, der bei einem CO<sub>2</sub>-Gas-Gehalt von 4000 ppm einen Alarm auslöst.

Die Propananlage wurde aus Stahlrohren aufgebaut wie auch die meisten Komponenten aus Stahl sind. Dies war für die Zulassung der Anlage erforderlich, da es nicht alle Komponenten als zertifizierte Kupferkomponenten gibt. Die Anlage wurde ohne Ölabscheider ausgeführt, d. h. die Mischbarkeit zwischen Kältemittel und Öl (mineralisch) sowie die Konstruktion des Systems sichern die Ölrückführung zum Verdichter.

Die CO<sub>2</sub>-Anlage besteht aus Kupferrohren und auch die Komponenten sind aus Kupfer. Der Verdichter ist ein halbhermetischer Prototyp-Verdichter. Die im Geschäft benutzten Verdampfer wurden speziell vom DTI ausgelegt. Es wurden 3/8 Zoll Kupferrohre in den Wärmeaustauschern benutzt. Ein Ölabscheider sichert, daß sich nur eine kleine Menge Öl in der Anlage herumbewegt. Der Kaskadenwechsler zwischen dem verdampfenden Propan und dem kondensierenden CO<sub>2</sub> ist ein 45 bar Plattenwärmeaustauscher. Das System ist auf der Saugseite für 19 bar und auf der Druckseite für 32 bar ausgelegt. Sicherheitsventile mit dem passenden Einstelldruck sind auf der Saug- und Druckseite des Verdichters und an jedem Wärmeaustauscher angebracht



Der eingesetzte halbhermetische CO<sub>2</sub>-Verdichter von Bitzer

### Die Ergebnisse

Die Kälteanlage ist seit der Inbetriebnahme ohne Fehler oder Probleme gelaufen. Die Anlage hat die angestrebten Bedingungen erfüllt und auch -20 °C in den Tiefkühl- und +2 °C in den Normalkühlmöbeln eingehalten. Besonders bei sehr hohen Umgebungstemperaturen erbrachte die Anlage eine gute Leistung. Weiterhin sind die Abtauzeiten (elektrische Abtaung) der Gefriermöbel kürzer. Sie liegen zwischen 12–15 Minuten.

Aufgrund der durchgeführten Energieverbrauchsmessungen an der neuen bzw. alten Anlage können die Energieeinspar-

Die komplette Kälteanlage mit der Propananlage oben und der CO<sub>2</sub>-Anlage unten



rungen beurteilt werden. Mehrere Faktoren spielen jedoch in diesem Zusammenhang eine Rolle. Es wurde versucht, für die verschiedenen Kälteleistungen bei Normal- bzw. Tiefkühlung der beiden Anlagen, die anderen Möbel sowie verschiedene Temperaturen in den Möbeln zu korrigieren, da die alte Anlage nicht die Temperaturen in den Möbeln aufrecht erhalten konnte. Weiterhin muß unterstrichen wer-

den, daß die alte Anlage an mehreren Stellen schlicht ausgedient hatte. Der Gesamtenergieverbrauch wurde um 10 % reduziert, während der Energieverbrauch für die Kälteanlage selbst (Kompressor + Verflüssiger + Pumpe) um 20 % gesenkt werden konnte.

Die hier beschriebene Anlage kleiner Leistung war inklusive aller zusätzlichen Aggregate ca. 30 % teurer als eine her-

kömmliche Kälteanlage. Aufgrund der Erfahrungen in Verbindung mit diesem Projekt kann veranschlagt werden, daß der Mehrpreis für eine Propan/CO<sub>2</sub>-Anlage in einem mittelgroßen Supermarkt (30/60 kW) etwa 10–15 % der Gesamtinstallation einschließlich der Montage betragen wird.

### Ein Blick in die Zukunft

Der Ausstieg aus den FCKW- und H-FCKW-Kältemitteln sowie die Restriktionen gegen die Anwendung von H-FKW (wie beispielsweise derzeit in Dänemark) lassen vermuten, daß der Einsatz von natürlichen Kältemitteln künftig wachsen wird. Die direkte Anwendung von brennbaren und/oder giftigen natürlichen Kältemitteln kann jedoch nicht überall akzeptiert werden. Die Anwendung von traditionellen indirekten Systemen wird aufgrund des potentiell höheren Energieverbrauchs nicht unbedingt die Lösung sein. Die hier beschriebene Anlage mit direkter Anwendung von CO<sub>2</sub> als Kältemittel hat in jeder Hinsicht ein großes Potential gezeigt. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, daß dieser Anlagen-Typ künftig häufiger eingesetzt werden wird. □

### Frigotechnik: Abschied vom „guten Ockel“

Carsten Ockelmann (64 J.) tritt in den Ruhestand und nahm jetzt zum Jahreswechsel Abschied als Geschäftsführer der Frigotechnik Handels GmbH. (Hamburg), die er während einer (nur) 13 Jahre dauernden Tätigkeit in ihrer Entwicklung maßgeblich prägte. Aber als Partner der Branche, immer bemüht, die Markt-Kompetenz der Kälte-Klima-Fachbetriebe und Kälteanlagenbauer zu stärken, immer bereit, seine Fähigkeiten und Kenntnisse für die Entwicklung eines profunden Marketings im Handwerk einzubringen. Zahlreiche von ihm gestaltete Seminare und viele Veröffentlichungen (siehe auch Fortsetzungsserie „Zeit zum Umdenken“ unter der Rubrik „Also, wenn Sie mich fragen“ in der KK) legen nachhaltig vom Marketing-Knowhow des Frigotechnik-Geschäftsführers Carsten Ockelmann Zeugnis ab.

Im Rahmen eines Empfangs wurde Carsten Ockelmann am 18. Dezember mit hanseatischem Flair im „Forum Altes Gastwerk“ durch Frigotechniks Alleingesellschafter Kuno Holz im Kreise aller Niederlassungsleiter und von Industrie- und Branchenpartner offiziell verabschiedet, – was kommt für Carsten Ockelmann nun



Anerkennung und Dank der Branche. Carsten Ockelmann tritt in den Ruhestand und geht damit als Geschäftsführer der Frigotechnik (Hamburg) von Bord. Hier gemeinsam mit seiner Frau am 18. Dezember durch Alleingesellschafter Kuno Holz, allen Niederlassungsleitern und durch Industrie- und Branchenvertreter mit einem Empfang offiziell verabschiedet

„danach“? Nur Familie, Wandern, Kunst und Musik? Reicht denn das für den langen Lebensabend aus? VDKF-Präsident Christian Scholz: „Ruheständler Carsten Ockelmann, das kann ich mir so nicht vorstellen.“ Es ist nicht unangemessen, hier

auch aus Sicht der KK Zweifel anzumelden. Deshalb diese Prognose: Man wird von Carsten Ockelmann auch in Zukunft sicherlich noch einiges, was der Branche nutzt, hören. Davon ist fast schon überzeugt  
P. W.