

# Wie man Betriebskosten halbiert

## Ausgeklügeltes R410A-Kältesystem reduziert CO<sub>2</sub>-Emissionen um über 50 %



Bild 1: Das Ökoring-Zentrallager in Mamendorf

Die Ökoring GmbH ist ein Lebensmittelgroßhändler mit Sitz im bayrischen Mamendorf. Als Vollsortimenter mit über 7500 Artikeln hält Ökoring für Naturkostfachgeschäfte, Hofläden, Biobäcker, Biometzger, die Hotellerie und Gastronomie ein umfangreiches Warenangebot vor. Neben Produkten von Markenartiklern befinden sich auch kontrolliert biologische Lebensmittel aus der Region im Sortiment. Diese Waren mit dem „Regional-Qualitätszeichen“ wer-

den in einem Umkreis von 100 km um München angebaut und wieder im Umkreis von 200 km um München verteilt. Zum Sortiment zählen Molkerei-Produkte, Tiefkühlware, Getränke, ein breites Trockensoritment, eine große Weinauswahl mit exquisiten Vertretern, Landestypisches aus ganz Europa und Natur-Kosmetik.

### Neues Lager mit neuer Kälteanlage

Und die Nachfrage an Bioprodukten wächst. So mussten die Lagerkapazitäten bei Ökoring im vergangenen Jahr deutlich vergrößert werden. Mit diesem Wachstum ging gleichzeitig die Erweiterung der bereits vorhandenen Kälteanlage für die Normal- und Tiefkühlung einher. Soweit nichts Besonderes. Dennoch verdient dieses Projekt besondere Beachtung. Aber warum? Den Grund liefert das Konzept plus der verwendeten und ausgeklügelten Kältesystemtechnik.

„Bei der Konzeption wollten wir eine möglichst energieeffiziente und umweltschonende Lösung einsetzen“, erklärte Roger Scharf, dessen Fachbetrieb F+S Kälte-Kli-

matechnik GmbH mit der Installation beauftragt wurde. „In verschiedenen Gesprächen gelang es, den Betreiber der Anlage von einem Mehrinvest zu überzeugen. Natürlich mit zuvor angestellten Berechnungen. Damit konnten wir eine Kälteanlage realisieren, die bei den Betriebskosten deutliche Vorteile bietet“. Scharf weiß, woran er spricht. Als Kälteanlagenbauer hat er sich zum Energieberater des Handwerks weitergebildet. Ein Schritt, der den eigenen Horizont erweitert und vor allem Vertrauen beim Kunden schafft. Aber um was für ein Kältesystem handelt es sich denn nun? Für die Normal- und Tiefkühlung wurde eine Verbundanlage eingesetzt, die mit dem Kältemittel R410A betrieben wird. Eine untypische Wahl, kennt man dieses Hochdruckkältemittel heute vor allem aus der Klimatechnik, für Wärmepumpen oder spezielle industrielle Anwendungen wie beispielsweise in der Petrochemie. Zur gewerblichen Kühlung wird R410A aufgrund seiner hohen Drucklage bislang kaum eingesetzt. Und wer sich einmal die Mühe macht, einen Blick in die Fachliteratur zu werfen, wird ebenfalls wenig Erfolg haben.



Bild 2: Täglich werden Lebensmittel ein- und ausgelagert. Ein großer Teil davon muss gekühlt werden



Bild 3: Kälteanlagenbauer Roger Scharf überprüft die Laufzeit der Anlage seit Inbetriebnahme im September 2005

So listet das Lehrbuch „Fachwissen Kältetechnik für die industrielle und gewerbliche Praxis“ R410A erst gar nicht als gangbare Lösung auf [1]. Und auch in der aktuellen 13. Auflage des Kältemittelreports [2] ist nachzulesen, dass R410A bevorzugt für die Klimatechnik verwendet wird. Wegen der Drucklage und den damit verbundenen Aufgabenstellungen (konstruktiv, sicherheitstechnisch) befindet es sich für den gewerblichen Kälteeinsatz derzeit noch in einer Testphase, vor allem, was die Verdichterentwicklungen anbelangt.

## Auf das Gesamtsystem kommt es an

R410A ist aber bereits heute eine gangbare Alternative, wie die Anlage bei Ökoring beweist. Technisch machbar, aber vor allem ökonomisch und ökologisch sinnvoll. Woran liegt das? Allem voran besitzt R410A unter allen vergleichbar einsetzbaren Kältemitteln die deutlich beste volumetrische Kälteleistung. Aus diesem Grund kann für gleiche Kälteanforderungen mit kleineren Bauteilen gearbeitet werden. Dies spart Kosten und Platz, was sofort ins Auge fällt, betritt man bei Ökoring den Maschinenraum mit der Kälteanlage. Vor allem ist es aber der Gesamtwirkungsgrad der Anlage, dessen Optimierung im Vordergrund stand. Dafür wurde nicht 'von der Stange gearbeitet', sondern wurden schon in der Planungsphase Überlegungen angestellt, um das best mögliche System zu finden. Wie sieht dieses denn nun tatsächlich aus?

Die Verbundanlage erfüllt im für Ökoring entwickelten System alle Kälteanforderungen. Dabei handelt es sich um mehrere Lagerräume mit insgesamt fünf Verdampfern für die Normalkühlung bei 4 °C und gleichzeitig um einen Lagerturm für die Tiefkühlung bei -20 °C. Für die Normalkühlung wird die maximale Kälteleistung mit insgesamt 32,5 kW von zwei HKT Goeldner-Verdichtern erbracht. Der eine davon wird über einen Frequenzbereich von 20 bis 60 Hz drehzahlgeregelt, um Lastschwankungen auszugleichen. Ein dritter Goeldner-Ver-



Bild 4 und 5: Zur Einlagerung stehen verschiedene Kühlräume sowie dieser moderne TK-Lagerturm zu Verfügung. Die Innenansicht zeigt die Lagertechnik, die auch bei -28 °C noch funktioniert

Bild 6 unten im Kasten: Ein elektronisches Expansionsventil eingesetzt bei Ökoring

### Wie entspannt man richtig?

Die errechnete Kälteleistung erreicht eine Kälteanlage immer genau dann, wenn der Verdampfer optimal arbeitet. Ausschlaggebend dafür ist das Expansionsventil. Dieses Drosselorgan regelt die eingespritzte Kältemittelmenge. Das Ziel muss sein, die Verdampferfläche optimal auszunutzen und am Verdichteraustritt keine Flüssigkeitströpfchen mehr im Kältemitteldampf zu haben. Thermostatische Expansionsventile arbeiten dafür mit einer statischen Überhitzung von 4 bis 6 K. Um den jeweiligen Betriebspunkt der Anlage zu erreichen, ist außerdem eine Öffnungsüberhitzung notwendig. Für die Regelung braucht es einen Differenzdruck zwischen Verdampferein- und austritt. Wird dieser zu klein, beispielsweise bei niedrigen Verflüssigungstemperaturen, kann das thermostatische Expansionsventil nicht mehr stabil arbeiten. Gleicher gilt für eine zu geringe Überhitzung. Beides muss aber stets gewährleistet sein, oft auch zum Preis einer real eigentlich nicht benötigten Verdichtermehrleistung.



Elektronische Expansionsventile haben die gleiche Funktion wie thermostatische, regeln jedoch die Flüssigkeitsmenge mittels Widerstandsfühler und Druckaufnehmer (4-20mA) am Austritt des Verdampfers. Ein Regelgerät wertet die Temperaturdifferenz aus und gibt permanent ein Regelsignal an das Stellglied. Damit wird zu jeder Zeit, also auch im Teillastfall, der richtige Arbeitspunkt eingestellt. Eine erzwungene Überhitzung wird nicht benötigt.

Mit welchem Expansionsventil man richtig entspannt, hängt immer von der Anwendung ab. Habe ich konstante oder schwankende Verdampfungstemperaturen? Wo steht meine Anlage und wie sind damit die realen Verflüssigungstemperaturen während des Jahres? Wie lange sind die Betriebszeiten der Anlage? Eine gängige Faustregel besagt, dass jedes nicht benötigte Grad Verdampfungstemperatur 4 bis 5 % Energie und damit CO<sub>2</sub>-Emissionen sowie Geld einspart. Ein Plus für das elektronische Expansionsventil, das im Einkauf wiederum rund 3x so teuer wie die thermostatische Variante ist. Als Anlagenbauer gilt es, diese Fakten abzuwägen, um am Ende die richtige Entspannung zu finden.

[1] Klaus Reisner: „Fachwissen Kältetechnik für die industrielle und gewerbliche Praxis – Eine Einführung mit Aufgaben und Lösungen“; 3. Auflage 2002; C.F. Müller Verlag, Hüthig GmbH & Co.KG, Heidelberg

[2] Bitzer-Kältemittelreport, 13. Auflage, erschienen im Jahr 2005



Bild 7: Die HKT Goeldner-Verdichter. Zwei für die Normal-, einer für die Tiefkühlung – und alle für den R410A-Betrieb freigegeben

dichter mit 3,15 kW Kälteleistung übernimmt die Tiefkühlung. Alle drei sind für den R410A-Betrieb bis zum maximal auftretenden Betriebsüberdruck von 28 bar (bei 47 °C Verflüssigungstemperatur) vom Hersteller HKT Huber-Kälte-Technik GmbH, Halfing, freigegeben. Die Wärmeabgabe für die Normal- und Tiefkühlung geschieht über einen auf dem Dach befindlichen luftgekühlten Güntner-Verflüssiger mit drehzahlgeregelten Ventilatoren.

## Die Anlage dem Standort angepasst – nicht umgekehrt

Durch den beschriebenen Anlagenaufbau, aber vor allem wegen der permanent

schwankenden Lastfälle in den Lagerräumen ist an den Verdampfern kein konstanter Betrieb möglich. Schließlich liefert Ökoring täglich aus und erhält in gleicher Häufigkeit Waren zur Einlagerung. Es war aber auch der Wille des Anlagenbauers Scharf, einen energieeffizienten Betrieb zu erreichen. Aus diesem Grund fiel die Entscheidung auf den Einsatz elektronischer Expansionsventile für die Kältemittelstromregelung (siehe hierzu den Kasten) von Carel. Scharf konnte anhand der statistischen Jahrestemperaturen am Betriebsort Mammendorf nachvollziehen, dass die maximale Verflüssigungstemperatur von 40 °C lediglich an 14 Tagen/Jahr benötigt wird. Weitauß häufiger, nämlich an über 250 Tagen, reichen Verflüssigungstemperaturen von 15 °C aus – bei einem COP-Wert des Verdichters von nachgerechneten 6,2. Die elektronischen Expansionsventile ermöglichen für die Normalkühlung einen stabilen Verdampferbetrieb bei -6 °C bis zu einer geringst möglichen Verflüssigungstemperatur von +10 °C (!). Dies bei einer Druckdifferenz von 4,3 bar (für R404A läge dieser Wert bei 3,3 bar). Ein Zustand, der mit thermostatischen Ventilen aufgrund der geringen Druckdifferenz nicht erreichbar wäre. Im Gegenteil müsste zu fast 3/4 der Zeit des Jahres die Verflüssigungstemperatur künstlich hoch gehalten werden, damit ein thermostatisches Ventil stabil arbeiten könnte. Letztendlich eine reine Energieverschwendug, die heute aber vielerorts noch gängige Praxis ist. Über eine Wirtschaftlichkeitsberechnung konnte Scharf einen Jahres-COP des Verdichters für die Tiefkühlung von 3,0 ermitteln. Beachtlich ist das Ergebnis für die Normalkühlung mit einem Wert von 6,0. In der üblicherweise oft verwendeten Normalauslegung (10/35 °C) für das Kältemittel R404A würde dieser Wert bei nur 3 liegen.

Im Rahmen seiner Wirtschaftlichkeitsbetrachtung stellte Scharf auch einen Vergleich mit einer oft verwendeten Standard-Anlage für R404A an. Sein Ergebnis: Das heute verwendete R410A-System ist in der Anschaffung rund 20 % teurer. Die Stromkosten konnten für die Tiefkühlung hingegen um rund 30 % reduziert werden. Bei der Normalkühlung liegt die Reduzierung deutlich über 50 %. Stellt man die höheren

### Kälteanlagenbauer und Energieberater – das passt

Im Gespräch mit Kälteanlagenbauer Roger Scharf

**Frage:** Bei Ökoring werden im Zentrallager Mammendorf Lebensmittel zur weiteren Verteilung normal- und tiefgekühlt. Weshalb setzen Sie bei der Erweiterung der Kälteanlage auf das FKW-Kältemittel R410A?

**Scharf:** Bei Ökoring bestand die Anforderung, das optimale Kältesystem zu finden. Wir wollten also möglichst wenig Energie verbrauchen. Über diesen Weg sind wir auf die Idee gekommen, R410A zu verwenden. Dessen Drucklage bzw. Druckdifferenz über dem Verdampfer ermöglicht es uns, auch auf der Verflüssigerseite nicht unnötig hoch verflüssigen zu müssen. Sparsam also. Wir können auch kleiner bauen. Dies betrifft die Rohrdurchmesser und auch die Verflüssiger konnten um 40 % kleiner dimensioniert werden.



**Frage:** Für ein Unternehmen mit ökologischem Anspruch hätte man bei Ihrem Auftraggeber wohl eher an eine Kälteanlage mit natürlichen Kältemitteln gedacht. Welches sind die letztendlich maßgeblichen Gründe, die FKW's ihre Existenzberechtigung auch künftig sichern – oder auch nicht?

**Scharf:** Lassen Sie mich die Antwort in Bezug auf die Ökoring-Anlage geben. CO<sub>2</sub> schied als Kältemittel wegen der mangelnden Komponentenverfügbarkeit von vorne herein aus. R290, also Propan, hätte bedeutet, hohe und kostenintensive Explosionsschutzauflagen zu erfüllen. Schließlich verdampfen wir direkt und der Maschinenraum befindet sich mitten im Lager. Ähnlich sieht es auch für NH<sub>3</sub> aus, wobei für die geforderten Kälteleistungen auch der Anlagenpreis deutlich höher hätte ausfallen müssen. Dennoch: Auch diese Kältemittel haben ihre Anwendungsberechtigung. Jedes Projekt sollte daher auf alle möglichen Varianten überprüft werden. Dies ist meine Aufgabe als Kälteanlagenbauer, auch wenn es sich auf den ersten Blick um eine vermeintliche Standardauslegung wie bei Ökoring handelt.

**Frage:** Sie sind Kälteanlagenbauer, aber auch Energieberater des Handwerks. Wie passt das zusammen und welche Möglichkeiten bietet diese Kombination?

**Scharf:** Des Rätsels Lösung steckt eigentlich schon in meiner eben gegebenen Antwort. Als Kälteanlagenbauer will ich für meinen Kunden nur das Beste – auch wenn es auf den ersten Blick oft als die teurere Variante erscheint. Vor allem in dieser Argumentation kann ich als Energieberater gegenüber dem Kunden glaubhafter auftreten, um aufzuzeigen, wo tatsächlich die großen Einsparungen liegen, nämlich bei den Betriebskosten. Gerade in der Kältetechnik, die ja mit 14 % des bundesdeutschen Endenergiebedarfs bezogen auf Strom zu Buche schlägt, liegen hier noch große Potentiale. Ich sehe es als meine Aufgabe an, diese auszuschöpfen, als Kälteanlagenbauer ebenso, wie als Energieberater. Eine ideale Kombination also.

Das Interview führte Dipl.-Ing. Achim Frommann, Medienbüro NutzWort, Achern

Investitionskosten den Einsparungen gegenüber, kann der Betreiber bei den derzeitigen Strompreisen mit einer Amortisationszeit von rund drei Jahren rechnen. Ab diesem Zeitpunkt spart er bares Geld. Und vor allem schont er die Umwelt, da die CO<sub>2</sub>-Emissionen für den Kühlbetrieb mehr als halbiert wurden.

Ein ausgeklügeltes Energiekonzept und vor allem der Einsatz, seinen Auftraggeber von der höheren Investition zu überzeugen, waren es, die Kälteanlagenbauer Scharf motivierten. Gleichzeitig fand er mit HKT einen Partner, der ebenfalls Pioniergeist zeigte und nach sorgfältiger Überlegung seine Goeldner-Verdichter für die Anwendung freigab. Das Resultat ist ein System, das nicht durch seine Dimension, sondern durch pfiffige Lösungen und den hervorragenden Gesamtwirkungsgrad Beachtung verdient. Die Gewerbekühlung bietet noch viele Potentiale, um Energie in großem Maße einzusparen. Dies gilt für den Neubau ebenso, wie für den Anlagenbestand.

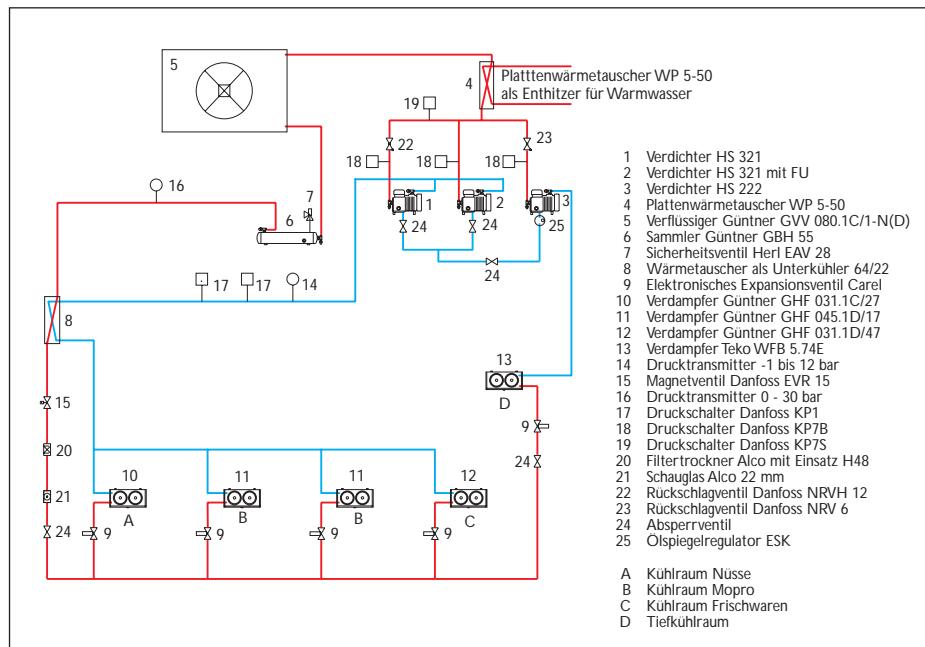


Bild 8: Das Fließbild des Gesamtsystems

Dipl.-Ing. Achim Frommann

Medienbüro NutzWort

77855 Achern

[www.nutzwort.de](http://www.nutzwort.de)