

KÄLTE-/KLIMATECHNIK

Das Kältemittel der Zukunft?

Autor Andreas Schauer stellt in diesem Artikel eine Systembetrachtung zu Energiebilanz, Treibhauseffekt (TEWI) und Lebenszykluskosten von Supermarkt-Kälteanlagen an.

Welches Kältemittel wird sich in Zukunft für die Supermarktkühlung durchsetzen? Diese Frage beschäftigt derzeit sowohl Betreiber als auch Hersteller von Supermarkt-Kälteanlagen. Der Linzer Kältetechnik-Spezialist Hauser hat ausführliche Testreihen durchgeführt und dabei das neue Kältemittelgemisch Opteon XP10 mit den herkömmlichen Kältemitteln R404A und R134a verglichen. Die Ergebnisse wurden sowohl im Testlabor als auch in einer Anlage in einem Supermarkt verifiziert. Kälteanlagen verbrauchen einen Großteil der in Supermärkten benötigten Energie und sind daher im laufenden Betrieb ein wichtiger Kostenfaktor. Supermarktbetreiber fordern Kälteanlagen, die

möglichst wenig Energie verbrauchen, dabei jedoch die gekühlte Ware durch große Displays optimal präsentieren. Gleichzeitig gewinnt das Konzept der Gebäudeheizung durch Abwärme der Kälteanlage immer mehr an Bedeutung - und damit die Einsparung der kompletten Heizanlage auf Basis fossiler Energiequellen. Nachdem die öffentliche Meinung speziell für Supermarkketten große Bedeutung hat und darüber hinaus die Einführung von CO₂-Steuern immer realistischer wird, ist auch der CO₂-Ausstoß der Kälteanlage ein wichtiges Thema. Hauser hat deshalb drei zentrale Fragen behandelt:

1. Wie viel Energie wird benötigt um die gekühlte Ware zu präsentieren?
2. Nutzen wir die Abwärme der Kälteanlage für die Heizung?
3. Wie viel CO₂-Ausstoß verursachen die Anlagen?

Beeinflusst werden alle drei Fragen durch die Wahl des Kältemittels. Aus diesem Grund führte der Kältetechnik-Spezialist Hauser gezielte Testreihen über einen Zeitraum von vier Monaten durch und analysierte nicht nur die Vor- und Nachteile des neuen Kältemittelgemisches Opteon XP10 von DuPont gegenüber herkömmlichen Kältemitteln, sondern stellte darüber hinaus auch einen detaillierten Energie-, TEWI- und Life-Cycle-Costs-Vergleich an.

Was ist Opteon XP10?

Opteon XP10 ist ein Gemisch auf Basis von HFO1234yf, einem Kältemittel, das zukünftig global in Autoklimaanlagen zum Einsatz kommen wird. 1234yf hat den großen Vorteil des sehr gerin-



Hauser untersucht, wie viel Energie benötigt wird, um die gekühlte Ware optimal zu präsentieren - viele Details gilt es dabei zu berücksichtigen.



gen GWP-Werts (Global Warming Potential) von 4, ist allerdings brennbar. Für den Supermarktbereich ist es deshalb in Reinform nicht verwendbar. XP10 hingegen ist ein Gemisch, das zu einem großen Teil aus 1234yf besteht, aber durch weitere Bestandteile seine Brennbarkeit verliert. Dadurch kann XP10 in die Klasse A1 als Sicherheitskältemittel eingestuft werden. Der GWP-Wert des Gemisches ist mit 600 bis 700 einerseits höher als bei natürlichen Kältemitteln, andererseits jedoch wesentlich niedriger im Vergleich zu R404A. Die Kälteleistung ist etwas höher als jene von R134a und 1234yf.

Testreihen im Labor

Der erste Test im Normklima wurde an einem offenen Wandkühlregal der neuen Hauser Möbelgeneration „Regius URP03“ mit dem Kältemittel R404A und einem thermostatischen E-Ventil durchgeführt. Ziel war das Erreichen der Temperaturklasse M1 für Fleischprodukte. Bei einer Kälteleistung von 5,9 kW und einer Verdampfungstemperatur

von -6,5°C im Tagbetrieb (mit geöffnetem Nachttollo) konnte die Temperaturklasse M1 (-1/+5°C) erreicht werden. Die Spreizung zwischen dem wärmsten und dem kältesten Messpaket, ein wichtiger Indikator für die Temperaturstabilität des Möbels, lag bei einem sehr guten Wert von 4,8 Kelvin.

Anschließend wurde dasselbe Möbel mit R134a betrieben. Das E-Ventil wurde gewechselt und für eine optimale Überhitzung um eine halbe Umdrehung geöffnet. Bei einer Kälteleistung von 5,3 Kilowatt und einer Verdampfungstemperatur von -7,7 Grad Celsius wurde, mit einer Abweichung von 0,3 Kelvin, ebenfalls die Temperaturklasse M1 erreicht. Die Spreizung lag bei 4,5 Kelvin.

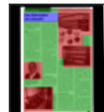
Die dritte Testreihe wurde mit dem neuen Kältemittel XP10 durchgeführt. Dabei wurde dasselbe E-Ventil wie beim Test mit R134a verwendet (für das neue Kältemittel stehen noch keine eigenen E-Ventile zur Verfügung) und um eine Eineinviertel-Umdrehung geöffnet. Trotzdem



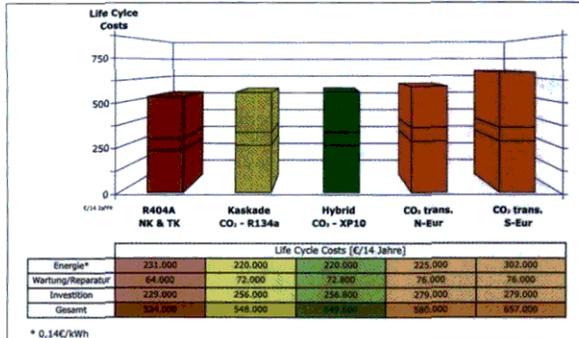
Andreas Schauer, Leiter Technik & Energie, ist verantwortlich für Kältetechnik, Energieoptimierung und Test-Labor bei der Hauser GmbH in Linz.



Hauser Kälteanlage im Feldtest mit den Kältemitteln CO₂ und R134a bzw. Opteon XP10.



KÄLTE-/KLIMATECHNIK



Die Life-Cycle-Costs der verschiedenen Anlagenvarianten im Vergleich.

konnte aber das Temperaturziel M1, bei gleichbleibender Kälteleistung und Verdampfungstemperatur, nicht erreicht werden. Das wärmste Messpaket lag über der Toleranzgrenze von 5,5 Kelvin, und auch die Temperaturspannung überstieg die Werte R404A und R134a um über 1 Kelvin.

Für XP10 sind also derzeit noch niedrigere Verdampfungstemperaturen erforderlich, um die Temperaturziele zu erreichen. Generell liegen aber alle Verdampfungstemperaturen des neuen Wandkühlregals deutlich höher als bei bisherigen Möbelgenerationen, bei denen -10°C notwendig waren. Erkenntnis aus dem Labortest ist, dass der Verdampfer im Kühlmöbel für XP10 optimiert werden muss. Nach Optimierung sind jedoch bessere Werte als bei R404A zu erwarten (Resultat Labortest siehe Tabelle 1).

Ergebnisse im Feld

Für den zweiten Test diente eine bestehende Anlage in einem Supermarkt als Forschungsobjekt, die standardmäßig als Kaskade ausgeführt ist. Sie umfasst 18 Laufmeter Wandkühlregal, 10 Laufmeter Kühltheke und zwei Kühlräume. An der Tiefkühlseite sind 14 Laufmeter Tiefkühlschrank und ein Tiefkühlraum angeschlossen. In der Tiefkühlung kommt das natürliche Kältemittel CO₂ im Normalkreislauf R134a zum Einsatz. Für den Vergleich wurde der Normalkreislauf im zweiten Durchlauf auf XP10 umgerüstet.

Hier wurde die Anlage zuerst mit dem Kältemittel R134a im Normalkühlkreislauf vermessen. Dabei ergab sich eine Überhitzung von 6-8 Kelvin und der Energiebedarf lag im vermessenen Zeitraum bei 26,96 kWh/m² Displayfläche und Woche.

Beim Betrieb mit XP10 wurden die E-Ventile um eine Vierteldrehung geöffnet. Trotzdem stellte sich bei den Kühlstellen

eine etwas höhere Überhitzung von 9-11 Kelvin ein. Die Druckgastemperaturen lagen tendenziell um 1-2 Kelvin niedriger, die Öltemperaturen etwas höher. Mit 27,09 kWh/m² Displayfläche und Woche war der gemessene Energieverbrauch annähernd gleich hoch (Resultat Feldtest siehe Tabelle 2).

Energieverbrauch und CO₂-Emissionen

Zu Optimierung des Energiebedarfs sowie der zu erwartenden CO₂-Emissionen führte Hauser auch eine detaillierte Betrachtung von Energieverbrauch, TEWI und Life-Cycle-Costs für verschiedene Anlagenvarianten durch. Die bisher am häufigsten eingesetzte Technologie mit R404A als Kältemittel wurde im Vergleich mit einer Kaskade CO₂/R134a sowie der neuen CO₂-Hybridanlage mit Opteon XP10 im Normalkühlkreislauf und einer transkritischen CO₂-Anlage betrachtet für Nord- und Südeuropa untersucht. Beim Energieverbrauch schneidet die neue CO₂-Hybridanlage mit XP10 gemeinsam mit der R134a-Kaskade am besten ab. Gleich gute Werte liefert auch die transkritische CO₂-Anlage in Nordeuropa. In Südeuropa hat die transkritische CO₂-Anlage jedoch einen wesentlichen Nachteil im Energieverbrauch. Beim CO₂-Ausstoß liefert die nordeuropäische CO₂-Anlage die besten Werte, wobei der TEWI-Wert bei derselben Anlage, betrieben in Deutschland oder Österreich, bereits etwas höher wäre als bei der neuen Hybridanlage (Resultat siehe Tabelle 3).

Life-Cycle-Costs

Für dieselben Anlagenvarianten wurde auch eine Betrachtung der Life-Cycle-Costs durchgeführt. Hier schneidet die bisherige R404A-Technik nach wie vor am besten ab. Die Nachteile der anderen Varianten bei den Investitionskosten können durch die Energieeinsparung nicht voll-

Kältemittel	E-Ventil Öffnung (Umdrehung)	Kälteleistung HER PN24 (kW)	Verdampfungstemperatur Testtag(°C)	dt p Verdampfer	Temp. Wärmes MP (°C)	Temp. kältestes MP (°C)	Temp. Spreizung [K]	Anmerkung
R404A	Werkseinst.	5,9	-6,5	1,1	4,9	0,1	4,8	
R134a	¼	5,3	-7,7	2,6	5,2	0,7	4,5	Niedrigere to notwendig
XP10	1 ¼	~5,3	-7,8	~3	>5,5	-0,2	>5,7	Beigleichem to, MP zu warm
R404A R134a	Werkseinst.	6,0	-10	-2	5,0	-1	6,0	Bisherige Möbelgeneration

Bei 1¼ Öffnung (R134a Ventil) wurde bisher das beste Resultat für XP10 erzielt. Das Temperaturziel M1 wurde noch nicht erreicht. Bereits bei R134a und XP10 wirkt sich der höhere Druckverlust in der Saugseite negativ aus. Der Verdampfer muss für R134a bzw. XP10 noch optimiert werden. Nach Optimierung sind aber bessere Werte wie bei R404A zu erwarten.

Tabelle 1: Resultat Labortest.

Kältemittel	Füllmenge	E-Ventil Öffnung (Umdrehung)	Überhitzung Kühlstellen [K]	Druckgas-Temperatur	Öltemperatur	Probleme aufgetreten	Energie Strom [kWh/m²]	Anmerkung
R134a	82 kg	Werkseinst.	6-8	-	-	nein	161,7	3. Mai -14 Juni
XP10	82 kg	¼	9-11	tendenziell niedriger	tendenz höher	nein	162,3	16. Aug.-11. Okt.

Hinsichtlich Energiebedarf war kein Unterschied messbar. XP10 = R134a. Öffnung bei E-Ventil (¼ Umdrehung) zu wenig. Nach Optimierung Überhitzung ist sogar ein tendenziell besserer Energiebedarf als bei R134a zu erwarten. Die Anlage wurde Mitte Juli umgerüstet und läuft störungsfrei. Weitere Feldtests sind sinnvoll und erforderlich (speziell mit elektronischen E-Ventilen).

Tabelle 2: Resultat Feldtest.

ständig kompensiert werden. Allerdings muss das Kältemittel R404A aufgrund des extrem hohen GWP-Wertes von 3.780 als Auslaufmodell im Supermarktbereich betrachtet werden. Bei der Betrachtung der anderen Varianten ist zu erkennen, dass die R134a-Kaskade bzw. die neue CO₂-Hybridanlage mit XP10 im Bereich Life-Cycle-Costs durchaus interessante Werte liefern. Offen bleiben dabei die bisher unbekanntenen Kosten für das neue Kältemittel XP10 sowie mögliche zukünftige Steuern auf HFKW-Kältemittel.

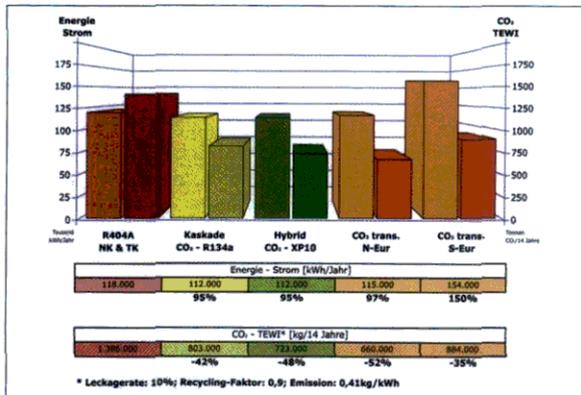
noch um einige Jahre zu früh. Generell können die besten Werte immer nur mit einem individuell abgestimmten Gesamtpaket und der optimalen Kombination von Kühlmöbel, Verbundanlage und Regelung erreicht werden, gleich welches Kältemittel im Einsatz ist. Bei Hauser laufen schon die nächsten Entwicklungsschritte, etwa die Optimierung der Wärmetauscher im Kühlmöbel für R134a und XP10. Darüber hinaus wird im zertifizierten SPAR Klimaschutz-Supermarkt in Murau die weltweit erste Neuanlage mit Opteon XP10 als Kältemittel im Echtbetrieb getestet.

Andreas Schauer, Leiter Technik & Energie der Hauser GmbH www.hauser.com

Fazit

Für den flächendeckenden Einsatz von Opteon XP10 ist es sicher

Tabelle 3: Energiebedarf und TEWI.



* Leckagerate: 10%; Recycling-Faktor: 0,9; Emission: 0,41kg/kWh