

Einsatz eines natürlichen Kältemittels mit Sekundärkreislauf ohne energetischen Nachteil

Energie- und umweltoptimale Propan-Sole-Kälteanlage für Bio-Supermarkt

Karl Huber, Halfing, und Christian Holzinger, Wien

Immer wieder werden neue Konzepte für die Kälteversorgung von Supermärkten entwickelt und gebaut. Trotzdem ist noch kein eindeutiger Trend absehbar, so dass immer einige Systeme miteinander im Wettbewerb stehen werden. Dieser Beitrag, basierend auf dem technischen Bericht von Christian Holzinger, zeigt eine Variante für die Normalkühlseite, die auf technisch höchstem Niveau ausgeführt wurde und sicherlich als Alternative diskussionswürdig ist. Vorausseilend muss gesagt werden: Obwohl Propan als Kältemittel eingesetzt wird und somit ein Kälte-träger-kreislauf zur Kühlung vorgesehen werden musste, kommt kein Mehrverbrauch an Energie zum Tragen.

Am 30.10.2003 wurde in der Kaiserstraße 57–59, in 1070 Wien (Bild 1), unter Teilnahme des Österreichischen Landwirtschaftsministers Josef Pröll (Bild 2) der neue BIO–SUPERMARKT, **bio-markt maran**, eröffnet. Sämtliche Einrichtungen für die technische Gebäudeausrüstung (Propan-Sole Kältetechnik, Wärmerückgewinnung für Heizung und Brauchwasserbereitung, Fußbodenheizung, Torluftschleier, Lüftungsanlagen und Beleuchtung in T5-Technik) wurden unter der Maßgabe eines möglichst ökonomischen Betriebes geplant und installiert. Die Propan-Sole-Kälteanlage wurde, ausgehend von den durch den Kühlmöbelhersteller garantierten Temperaturen, optimiert und wird auf dem höchstmöglichen

Niveau betrieben. Der gesamte Kältesatz ist in einem eigenen Maschinenraum laut Plan im Kellergeschoss untergebracht, keine kältemittelführende Leitung verlässt den konstruktiven Sicherheitsbereich im Maschinenraum (Zelleneinhausung des Kältesatzes) (Bild 3).

Als technische Ausführungsgrundlagen waren insbesondere die nachfolgenden Punkte zu berücksichtigen:

1. Ausführung der besonderen Zelleneinhausung im Maschinenraum (Zone 2 gemäß ATEX und EN DIN 7003!) als Zellenkonstruktion mit Abdichtung für die Revisionsöffnung über Dichtbänder, Abdichtung generell mit Dichtbändern, lediglich am Boden versilikontiert.

zu den Autoren

Dipl.-Ing. (FH)
Karl Huber,
Geschäftsführer
HKT GmbH, Herst.
Goeldner-Verdichter,
D-Halfing



Ing., Eur-Ing.
Christian Holzinger,
Geschäftsführer
Ingenieurbüro
TB-Ing. Holzinger,
A-Wien



Bild 1 Eröffnung und Außenansicht des Maran Bio-Supermarkts

2. Druckschalter, Manometer usw. jeweils an der Rückwand innerhalb des besonderen Maschinenraumes.
3. Durchdringung der Propangasabsaugung des Blechgehäuses mit Zuluftgitter im oberen Bereich der Verblechung, Absaugung am Boden über einen Stutzen der Lüftung.
4. Ausführung der Sicherheitseinrichtungen in IP 54 Schwadendicht.
5. Funktion der Lüftungsanlage – Propangasabsaugung (Lüfter in Ex-Ausführung).
6. Störfall durch Propangaswarneinrichtung = „Ausschalten“ aller Betriebsmittel und „Einschalten“ Propangasabsaugung (mind. 500 m³/h) sowie Störsignalmeldung.
7. Richtlinie 94/9/EG vom 23.03.1994 (ATEX-Richtlinie), zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen.
8. Ausgeführt gemäß dem Österreichischen Bundesgesetzblatt Nr.252/1996: 252.Verordnung des Bundesministers für wirtschaftliche Angelegenheiten über Geräte und Schutzsysteme zur bestimmungsgemäßen Verwendung in explosionsgefährdeten Bereichen (Explosionsschutzverordnung 1996 – ExSV 1996).
9. Richtlinie 97/23/EG vom 09.07.1997 (Druckgeräterichtlinie), zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Druckgeräte.
10. EN DIN 7003 in Ergänzung zu EN 378 (letzte Ausgabe Teil 1 bis 4), Kälteanlagen und Wärmepumpen mit brennbaren Kältemittel der Gruppe L3.

Technik der Kälteanlagenanlage

Im genannten Bio-Supermarkt, sind die Kühlmöbel für den Plusbereich in einer Kälteanlagenanlage integriert. Arbeitstemperatur = Solevorlauftemperatur des Kälteanlagen = -7°C (Verdampfungstemperatur -10°C , VL/RL $-7/-4^{\circ}\text{C}$)! Als Kälteanlagenträger wurde Antifrogen KF (VP 1974) von Clariant verwendet, Mischungsverhältnis 51/49 mit Wasser verdünnt für einen Einsatzbereich bis max. -20°C .

Viskosität	= 4,5 mm²/s
Dichte	= 1,21 kg/m³
spez. Wärmekapazität	= 3,1 kJ/kgK
Wärmeleitfähigkeit	= 0,5 W/mK.



Bild 2 Bundeslandwirtschaftsminister Josef Pröll hielt die Laudatio

Temperaturen für die Kühlstellen

Mopro:

t Kühlgut = $+4^{\circ}\text{C}$ (t Luft = $+3/+8^{\circ}\text{C}$, Solerücklauftemperatur = -4°C),

Obst – Gemüse:

t Kühlgut = $+8^{\circ}\text{C}$ (t Luft = $+5/+8^{\circ}\text{C}$, Solerücklauftemperatur = -4°C),

Fleisch:

t Kühlgut = $+0^{\circ}\text{C}$ (t Luft = $0/+5^{\circ}\text{C}$, Solerücklauftemperatur = -4°C),

Wurst:

t Kühlgut = $+4^{\circ}\text{C}$ (t Luft = $+3/+8^{\circ}\text{C}$, Solerücklauftemperatur = -4°C),

Käse, Feinkost:

t Kühlgut = $+8^{\circ}\text{C}$ (t Luft = $+5/+8^{\circ}\text{C}$, Solerücklauftemperatur = -4°C).

Für die mit dem brennbaren Kältemittel befüllten Verdichter wird ein so genannter „Maschinenraum im Maschinenraum“ hergestellt, die Verdichter einschließlich der Umformer für den Solekreislauf sitzen in einem Gehäuse.

Dieses ist mit einer Abluftanlage ausgestattet, welche 24 h täglich (batteriegepuffert oder durch USV-Anlage abgesichert) in Betrieb ist. Das Raumluftvolumen des Gehäuses beträgt ca. 3 m³, der Luftvolumenstrom für die Unterdrucklüftung ca. 500 m³/h. Somit wird ein Unterdruck erzeugt, welcher konstant vorhanden ist, so dass im Leckfall, welcher zusätzlich durch einen Propangasfühler überwacht wird, kein zündfähiges Gemisch entstehen kann.

Das Gehäuse ist mit einem Kältemittel-detektor (für Propangas) für Kältemittel der Gruppe L3 ausgestattet, die Einstellung erfolgt gemäß EN 378 (max. 25% der unteren Explosionsgrenze!) auf den praktischen Grenzwert von 20% des unteren Grenzwertes.

Die Ansaugung der Luft erfolgt im Bereich des Innenhofs über 2 Gitter mit einer Gesamtfläche von 110×220 (140 + 80 cm) cm, mit Schalldämmung 2-stufig (je 30 dB) auf ca. 33 dB(A) 1m im Eintritt.

Für den Güntner-Radialrückkühler, vom Typ S-RVH 18/2-3, Volumenstrom 21000 m³/h, Schallleistungspegel 89 dBA wurde eine Abluftführung über Dach (Spirorohr 900 mm mit Isolierung im Freien) ausgeführt, sowie 1 Schalldämpfer und Deflektorhaube installiert. Damit ist der Schalldruckpegel am Austritt bei ca. 38 dB(A) 1m.

Die Propanabsaugung ist direkt an die Maschinenraumentlüftung angebaut und mit einem separaten Kanal bis über das Dachniveau geführt, zusätzlich ist sie mit einem Not-Fluchtschalter von außen bedienbar. Die Absaugung erfolgt im Boden und Deckenbereich zu je ca. 50/50%! Beim Öffnen des Maschinenraumes wird über einen Türkontaktgeber die Propanabsaugung automatisch in Betrieb gesetzt und über ein Zeitrelais geregelt. Die Entlüftung aus dem besonderen Maschinenraum wird parallel mit der Kälteanlage bei Verdichterauslauf in Betrieb gehalten. Bei einem Defekt oder einer Meldung über den Propangaswächter werden sämtliche Kälteeinrichtungen außer Betrieb gesetzt!

Die Aufstellung der Propan-Sole-Kälte-technik erfolgte durch die Firma AXIMA Kältetechnik gemäß EN 378 in einem Maschinenraum mit

- Aufstellungsbereich der Kälteanlage Klasse C (nur befugte Personen!).
- Aufstellungsart der Kälteanlage Klasse 1c (alle kältemittelführenden Teile in einem besonderen M-Raum).
- Kältemittelfüllmenge Klasse L3 (2,5 bis 10 kg).



Bild 3 Der besondere Maschinenraum im Maschinenraum



*Bild 4
Propan-3er-Verbund
im besonderen
Maschinenraum*

Als Verdichtersatz wird ein halbhermetischer Dreier-Verbund mit GOELDNER-Verdichtern vom Typ HS 32 1/6P – in Propanausführung – der Firma HKT Huber-Kälte-Technik GmbH eingesetzt (Bild 4); aufgebaut mit Sammler zur Aufnahme des im Kältekreislauf befindlichen Kältemittels. Der Verbundsatz ist auf einer massiven Stahlkonstruktion montiert, auf welcher auch der stehende Sammler aufgebaut ist. Die Armaturentafel zur übersichtlichen und raschen Kontrolle der im Verbund stehenden Kältekompressoren ist komplett am Rahmen montiert.

Es ist ein Radiallüfterrückkühler mit einem Kreis installiert. Der Luftvolumenstrom beträgt ca. 21 000 m³/h, jedoch mit druckgesteuerten Lüftern inkl. WRG-Einbindung und Nachrangschaltung für automatischen Notbetrieb, wenn kein Warmwasser bzw. keine Heizenergie benötigt wird. Der Schalleistungspegel beträgt ca. 89 dB(A). Sowohl im Abluft- als auch im Zuluftstrang ist ein Schalldämpfer eingebaut.

Die Pumpengruppe besteht aus den Pumpen für Kältemittelkreislauf, Rückkühlkreislauf und WRG Ladekreis (Heizungspumpe), inkl. dem Durchflusswächter und dem Nachlaufrelais sowie der Sicherheitsgruppe und dem Ausdehnungsgefäß.

In den Wärmetauschern der Wärmerückgewinnung wird das Kältemittel ganz oder teilweise verflüssigt und die dabei freigewordene Wärmeenergie auf das Wasser übertragen. Der Heizungspufferspeicher wurde mit einem Volumen von 0,75 m³ ausgelegt. Es ist mit einer Wärmedämmung von 70 mm aus Weichpolyurethanschaum (Lambdawert 0,045 W/mK) versehen.

Die ausgeführten Kühlstellen

Sämtliche Kühlstellen werden generell mit Absperrventil und Regelventil mit Messnippel in der Rücklaufleitung angeschlossen. Die über die Kühlstellen angesteuerten 2-Wegeventile wurden im Vorlauf eingebaut.

Folgende Kühlstellen wurden ergänzend zu den Kühlzellen für Fleisch, Obst und Mopro angeschlossen:

1. Wandkühlregal Monza 500 cm.
2. Wandkühlregal Monza 375 cm.
3. Fleischkühlregal Mugello 187,5 cm.
4. Vitrine für Geflügel/Wurst 312,5 cm.
5. Vitrine für Fleisch 312,5 cm (Bild 5).
6. Fleischkühlvitrine FKV 110.
7. Vitrine für Käse 312,5 cm (Bild 5).
8. Vitrine für Feinkost 125 cm.



Bild 5 Fleisch- und Käsevitrine

Die kältetechnische Verrohrung (Ringleitung) inkl. Armaflexisolierung erfolgte mit mind. 19 mm Isolierstärke. Die Hauptverteilung befindet sich im Keller im Maschinenraum (Bild 6). Sie besteht aus 8 vorbereiteten Stichleitungspaaren aus 18 x 1 mm Cu-Rohr und ist im Keller direkt in die Soleringleitung eingebunden. Die komplette Solefüllung der Anlage, inkl. 10% Reserve für den Anlagenbetreiber im Kanister, beträgt 400 Liter. Es handelt sich um Antifrogen KF (VP 1974) 51/49%.



Bild 6 Die Kühlstellenverteilung

Die Wartungsleistungen bestehen aus Service- und Reparaturarbeiten für die Kühlanlagen gemäß Ausführung und laut Kälteanlagenverordnung bzw. EN 378 T1 bis T4 in der letzt gültigen Fassung. Es werden innerhalb der Gewährleistungsfrist von 3 Jahren die wiederkehrenden Wartungsarbeiten durchgeführt. Die Leistungen beinhalten die laufenden Service- und Reparaturarbeiten, Behebung von Betriebsstörungen, kostenlose Ersatzteillieferung aller eventuell schadhafte Teile sowie Beistellung und Führung des Prüfbuches für Kälteanlagen in Ergänzung auf die Dauer von 3 Jahren, beginnend mit dem Tage der Abnahme.

Schlußbemerkung

Mit der vorhergehend genannten technischen Ausführung der Anlage war es möglich, 30 kW Kälteleistung mit einer Propan-Kältemittelfüllung von nur 3,8 kg zu realisieren. In herkömmlicher Ausführung wären in Verbindung mit einer Direkt-

Pos	Bezeichnung	Type	Kälteleistung (kW)	Volumenstrom (m³/h)	Druckverlust (kPa)	VL (°C)	RL (°C)	2 W-Ventil Controlli
0	Plattenverdampfer	Schneider AE7M-60	28,00	9,95	13,7	-7	-4	
1	Wandkühlregal	Monza 2500	2,10	0,7	2,56	-6	-3,3	VSB 15
2	Wandkühlregal	Monza 2500	2,10	0,7	2,56	-6	-3,3	VSB 15
3	Wandkühlregal	Monza 3750	3,30	1,1	6,09	-6	-3,3	VSB 2
4	Fleischkühlregal	Mugello 1875	1,40	0,4	3,82	-6	-3,3	VSB 11
5	Vitrine Geflügel/Wurst	Spielberg 3125	2,70	0,9	42,7	-6	-3,3	VSB 2
6	Vitrine Fleisch	Spielberg 3125	2,70	0,9	42,7	-6	-3,3	VSB 2
7	Vitrine Käse	Spielberg 3125	2,70	0,9	42,7	-6	-3,3	VSB 2
8	Vitrine Feinkost	Spielberg 125	1,00	0,3	5,8	-6	-3,2	VSB 11
9	Fleischkühlvitrine	FKV-S 110 U	0,70	0,25		-7	-4	VSB 11
10	Kühlzelle Fleisch	Güntner GCO N2/24/7,0/2500	3,00	0,99	59	-7	-4	VSB 2
11	Kühlzelle Obst/Gemüse	Güntner GGHF 040.1/D17-	2,00	0,66	51	-7	-4	VSB 15
12	Kühlzelle Mopro	Güntner GGHF 040.1/D17-	2,00	0,66	51	-7	-4	VSB 15
		Summen	25,70	8,46				

Tabelle der Anschlussventile der Kühlstellen (KST)

expansionsanlage ca. 65 kg R404A eingefüllt worden.

Doch dies ist noch nicht alles, die gesamte Abwärme wird im Markt durch die Wärmerückgewinnung sowohl in die Fußbodenheizung als auch in die Luftvorwärmung für den Torluftschleier und das Lüftungsgerät gespeist, womit ein weiterer wichtiger Schritt in Richtung Umweltverträglichkeit des Gesamtkonzepts erreicht wurde.

Insgesamt wurde durch das Erreichen des hohen Betriebspunktes (Bild 7) für die Verdampfungstemperatur der gesamte en-

ergietechnische Mehraufwand, verursacht z. B. durch die Pumpen des Sekundärkreislaufes (= laufende Betriebskosten) ausgeglichen. Es wird ein Monitoring der Anlage geführt werden.

Auch konnten die Investitionskosten, trotz des hoch erscheinenden Aufwandes, auf etwa dem Niveau einer Direktverdampferkälteanlage gehalten werden.

Nachdem die Behörden für die Bewilligung einer derartigen Betriebsanlage noch keine Erfahrungen mitbringen, war diesbezüglich ein deutlich erhöhter Erklärungs- aufwand vonnöten. Es wurde auch das

Restrisiko, welches von R290 als einem brennbaren Kältemittel ausgeht, durch eine Risikoanalyse, die in Zusammenarbeit mit dem TÜV Industrie Service GmbH TÜV SÜD Gruppe, erstellt wurde, beurteilt. Der Erklärungs- aufwand dürfte zumindest für Wien in Zukunft entfallen, wenn die ersten Ergebnisse der Auswertung des Monitorings vorliegen.

Aus den bisherigen Erfahrungen mit der ausgeführten Anlage kann davon ausgegangen werden, dass die realisierte Technologie nicht nur dem Österreichischen Bundesgesetzblatt 447 vom 12. 12. 2002 und den Forderungen nach dem Ausstieg aus den herkömmlichen Sicherheitskältemitteln spätestens per 31. 12. 2007 entspricht, sondern darüber hinaus auch effiziente, wirtschaftliche und betriebssichere Systeme ermöglicht. Die Realisierung des Projekts konnte nur gelingen durch den Mut und das Engagement des Betreibers, des Planers und der Zusammenarbeit der Anlagen- und Komponentenhersteller, die auf Grund der im Juli 2003 in Kraft getretenen ATEX-Richtlinie 94/9/EG vor eine völlig neue Herausforderung gestellt wurden. Eine Anlage dieser Façon wäre nicht nur in einem Bio-Supermarkt realisierbar. Sie ist sicherlich auch für ähnliche Anwendungen in Betracht zu ziehen, meinen die Autoren. ■



Bild 7
Die geplanten
Temperaturen werden
erreicht