

DISCPACK 2[®] nutzt Einsparpotentiale

Edgar Holzhäuser, Altenstadt

zum Autor

Dipl.-Ing.
Edgar
Holzhäuser,
Technischer
Leiter bei
TEKO GmbH,
Altenstadt



Schon seit längerer Zeit stehen bekanntermaßen die Betreiber von Kälteanlagen in Hinblick auf die Verursachung von Umweltbelastungen durch Umweltschutzorganisationen, Politik und Öffentlichkeit unter besonderer Beobachtung. Die Forderung hierbei lautet: Möglichst geringe Energieverbräuche, geringer Treibhauseffekt und alles so leise wie möglich. Wenn man bedenkt, daß einzelne Lebensmittelketten bis zu 3500 Discountmärkte betreiben und die darin befindlichen Kältemittelmengen berücksichtigt, wird man sich der Dimension dieser Forderung und des möglichen Einsparungspotentials bewußt.

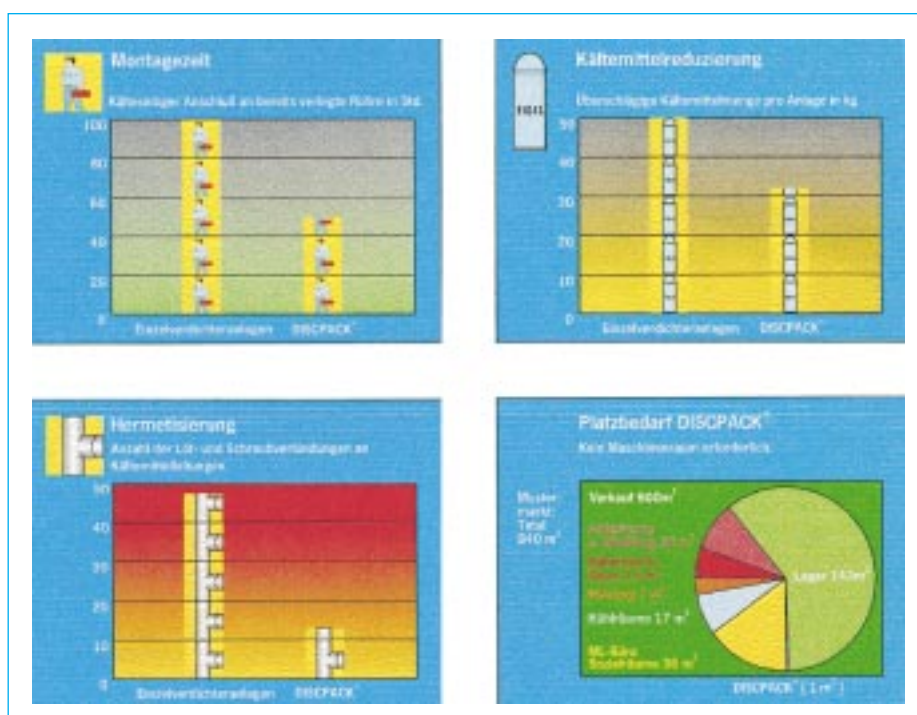


Bild 1 Nutzen für Betreiber und Anlagenbauer durch den Einsatz von DISCPACK[®]

Die Entwicklung der Systeme DISCPACK 1[®] und DISCPACK 2[®], mit welcher sich dieser Bericht befaßt, zeigt die komplexen Zusammenhänge, welche bei einer fertigen Systemlösung zu berücksichtigen sind.

Wenn man die Entwicklung der Kältetechnik – speziell für Discount-Supermärkte – sieht, so bestanden und bestehen noch heute viele Kälteanlagen aus Einzelanlagen, z. B. Einzelverdichter mit Mehrkreislaufverflüssigern oder einzelnen Verflüssigungssätzen. Diese Art der Kälteerzeugung beinhaltet gravierende Nachteile. So verwendete man in aller Regel einen Verflüssigungssatz pro Kühlstelle, meistens – aus Sicherheitsgründen – auch noch überdimensioniert. Die Regelung war eine einfache Thermostatsteuerung, die weder Tag oder Nacht, Sommer oder Winter, noch spezifische Anforderungen

der Kühlstellen berücksichtigte. Weiterhin war ein großer Platzbedarf in Kellern oder Maschinenräumen notwendig: Bei Anlagen mit Verflüssigungssätzen mußte noch eine teure und energieintensive Abluftanlage investiert werden.

Aus diesen Gründen entstand schlüssigerweise die Forderung von Supermarktbetreibern nach kompakten Anlagen auf kleiner Stellfläche (denn große Stellfläche bedeutet auch höhere Kosten für „unnötigen Platz“, der sinnvollerweise für die Verkaufsräume zur Verfügung stehen sollte).

Weiterhin wurde eine höhere Wirtschaftlichkeit der Anlage gefordert, Um-

weltaspekte in bezug auf Ozonabbau- und Treibhauspotential sollten berücksichtigt sein und nicht zuletzt sollte die Anlage dennoch bezahlbar bleiben.

Eine Antwort auf diese Forderung war die Systemlösung DISCPACK 1® von TEKO

Der DISCPACK 1® ist ausgelegt für einen typischen Discount-Supermarkt von heute mit

- 1 Molkereiprodukte-Kühlregal mit 2 Regelkreisen und 20–25 m Länge, Kälteleistung 25–30 kW,
- 1 Molkereiprodukte-Kühlraum, Kälteleistung 2 kW und
- 1 Tiefkühl-Lagerraum, Kälteleistung 2 kW.

Auf der Maschinenseite besteht die Anlage aus 2 gleich großen semihertischen Frascold-Verdichtern, ausgelegt für die Kälteleistung des Molkereiprodukte-Bereichs und einem in Satellitentechnik parallel geschalteten Verdichter für den Tiefkühlraum. Daß die doch sehr ungleichen Verbraucher mit nur 2 gleich großen Maschinen abgedeckt werden, wird durch das spezielle pulsbreitenmodulierte Frigotakt®-Regelverfahren erst möglich.

Hier werden verschiedene Kühlstellen und Verdichter so sinnvoll koordiniert, daß jeder Verdichter nur 4mal in der Stunde eingeschaltet wird. Hierbei wird der zu erwartende Kältebedarf berechnet und die Maschine entsprechend lange zugeschaltet. Dadurch ergibt sich eine verlängerte Lebensdauer der Verdichter und Schaltschütze.

Durch die Koordination der Kühlstellen stellt sich automatisch eine höhere Verdampfungstemperatur ein, dadurch arbeitet die Kälteanlage mit einer zwischen 15–20 % geringeren Energieaufnahme. Gleichzeitig sind durch die geringere Entfeuchtung kürzere Abtauzeiten und bessere Warenqualität möglich.

Aus Bild 2 ist zu erkennen, daß Einschaltbefehle von Maschine und Kühlstelle so koordiniert werden, daß nach Möglichkeit ein konstanter Kältemittelmassestrom zur Verfügung steht.

Das System DISCPACK 1 wurde mit Kältemittel R 404A betrieben. Nun standen und stehen nach wie vor FKWs und FCKWs im Hinblick auf Ozonabbaupotential und Treibhauseffekt umweltpolitisch in der Diskussion. Vordergründig die beste Alternative scheinen Kältemittel zu

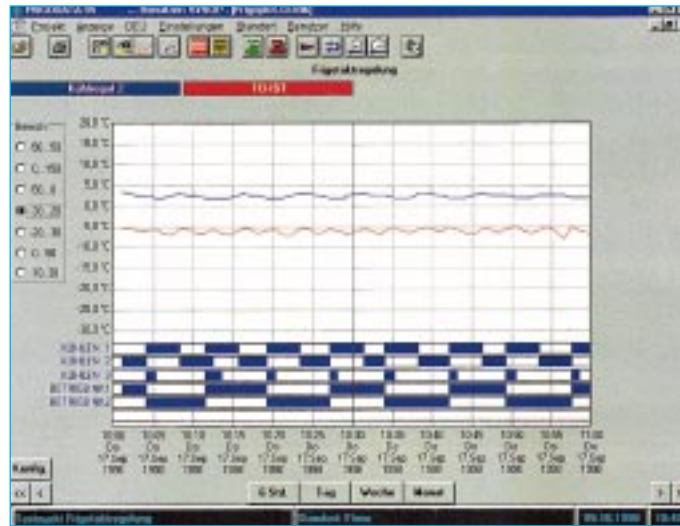


Bild 2 Typisches Regelverhalten eines DISCPACK® in der Normalkühlung

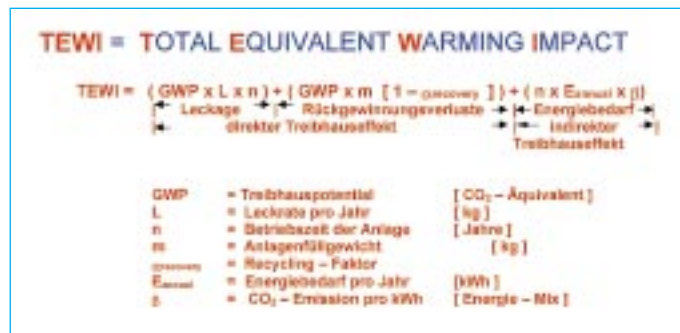


Bild 3 Die TEWI-Formel

sein, die sowohl ODP als auch GWP-Werte von 0 haben – also z. B. Kohlenwasserstoffe wie Propan/Propen etc. Auch aufgrund des Drucks von Umweltorganisationen wurde die Forderung nach einer sogenannten „Doppel-Null-Lösung“ auch vom Betreiber gestellt. Wenn man aber objektiv dieses Thema betrachtet, muß eigentlich eher der TEWI-Aspekt herangezogen werden, welcher nicht nur die Gesamtemission einer Anlage während ihrer

Lebensdauer inkl. Leckage- und Recyclingverlusten berücksichtigt, sondern auch die bei der Erzeugung der Energie entstandenen direkten CO₂-Emissionen in den Kraftwerken heranzieht.

Unter dieser Vorgabe wurde für einen Discount Markt ein TEWI-Vergleich über die unterschiedliche System- und Kältemittelnutzung erstellt und analysiert, wie das Ergebnis nun aus Tabelle 1 entnommen werden kann.

	R 134a – direkt	R 404A – direkt	R 290 – indirekt
GWP	1200	3520	0
m – Füllmenge	50 kg	40 kg	4 kg
L – Leckrate	5 kg	4 kg	0,1 kg
E – Energiebedarf pro Jahr	29 736 kWh p. Jahr	34 222 kWh p. Jahr	44 840 kWh p. Jahr
Beta – CO₂ Emission/kWh	0,6 kg CO ₂ /kWh	0,6 kg CO ₂ /kWh	0,6 kg CO ₂ /kWh
Alpha – Recycling – Faktor	0,75	0,75	0,75
n – Betriebszeit der Anlage	12 Jahre	12 Jahre	12 Jahre
direkter Treibhauseffekt	87 000 kg CO ₂	204 160 kg CO ₂	0 kg CO ₂
indirekter Treibhauseffekt	214 100 kg CO ₂	246 400 kg CO ₂	322 850 kg CO ₂
TEWI – 12 Jahre	301 100	450 600	322 850

Tabelle 1 Kältemittel- und Systemvergleich unter TEWI-Aspekten

Die deutlich höhere Aufnahmeleistung bei Verwendung des Kältemittels R 290 (Propan) begründet sich damit, daß durch den Betrieb mit indirekter Kühlung (Sole) ein Zwischenkreis und damit eine niedrigere Verdampfungstemperatur notwendig ist. Ebenfalls muß die Aufnahmeleistung der notwendigen Pumpen für den Kälte-solekreis und Rückkühlkreis berücksichtigt werden.

Das Ergebnis, welches sicher noch marginal diskutiert werden kann, da verschiedene Mittelwerte angenommen wurden, überrascht doch in der Tendenz eindeutig. Offensichtlich steht für kleine Supermärkte mit dem bekannten, erprobten und kostengünstigen Kältemittel R 134a kurzfristig eine Alternative zur Verfügung, die sowohl in der TEWI-Betrachtung hervorragend abschneidet, als auch kurzfristig zur Verfügung steht. Somit war die Grundentscheidung zur Entwicklung eines neuen Systems – DISCPACK 2 – getroffen.

DISCPACK 2®

Allerdings muß bei dem Einsatz von R 134a berücksichtigt werden, daß dieses Kältemittel nicht für TK-Einsatz geeignet ist. Hier kann nach wie vor auf R 404A nicht verzichtet werden. Bei TEKO entschlossen wir uns, den Tiefkühlanteil in das Ge-



Bild 4 Maschinengestell mit dem Kaskadentauscher Thermosafe

Kältebedarf für Discount - Märkte mit 30 KW Kälteleistung - NK		
	R 404A	R 134a
Verdichter	F 7.28 Y	S 7.51 Y
Qo (-10°C / +45°C)	14,90 KW	15,50 KW
Pv (-10°C / +45°C)	7,01 KW	6,40 KW
EKL (-10°C / +45°C)	2,13	2,42
Qo (-5°C / +35°C)	21,00 KW	22,04 KW
Pv (-5°C / +35°C)	6,50 KW	6,10 KW
EKL (-5°C / +35°C)	3,23	3,61
Da die Anlage für Extrembedingungen ausgelegt ist, läuft sie anstelle der Auslegungsbedingungen -10° / +45°C im Jahresmittel mit einer durchschnittlichen Verdampfungstemperatur von -5°C und bei einer Kondensationstemperatur von +35°C – allein hierdurch ergibt sich im Jahresmittel eine bessere Leistungsziffer von 11%.		
po -10°C	4,41 bar	2,00 bar
pc +45°C	20,50 bar	11,60 bar
Δp	16,10 bar	9,60 bar

Tabelle 2 Verdichtervergleich R 404A/ R 134a



Bild 5 Verwendeter Verdichter – Frascold 4-Zylinder/Bauserie S

samtsystem zu integrieren. Da von zwei unterschiedlichen Kältemitteln ausgegangen werden muß, wurde eine Kaskadenlösung gewählt. Eine reine Kaskade hat jedoch den Nachteil, daß bei Betrieb der Tiefkühl-Stufe zwangsläufig die Normalkühl-Stufe mit in Funktion sein muß. Dies erscheint aber bei genauer Betrachtung der unterschiedlichen Laufzeiten und aus energetischen Gründen nicht sinnvoll. Daher entwickelten wir in der Firma TEKO den Thermosafe, einen Kaskadentauscher mit integriertem Speicher, der die unterschiedlichen Betriebsbedingungen kompensiert.



Bild 6 DISCPACK 2® von TEKO

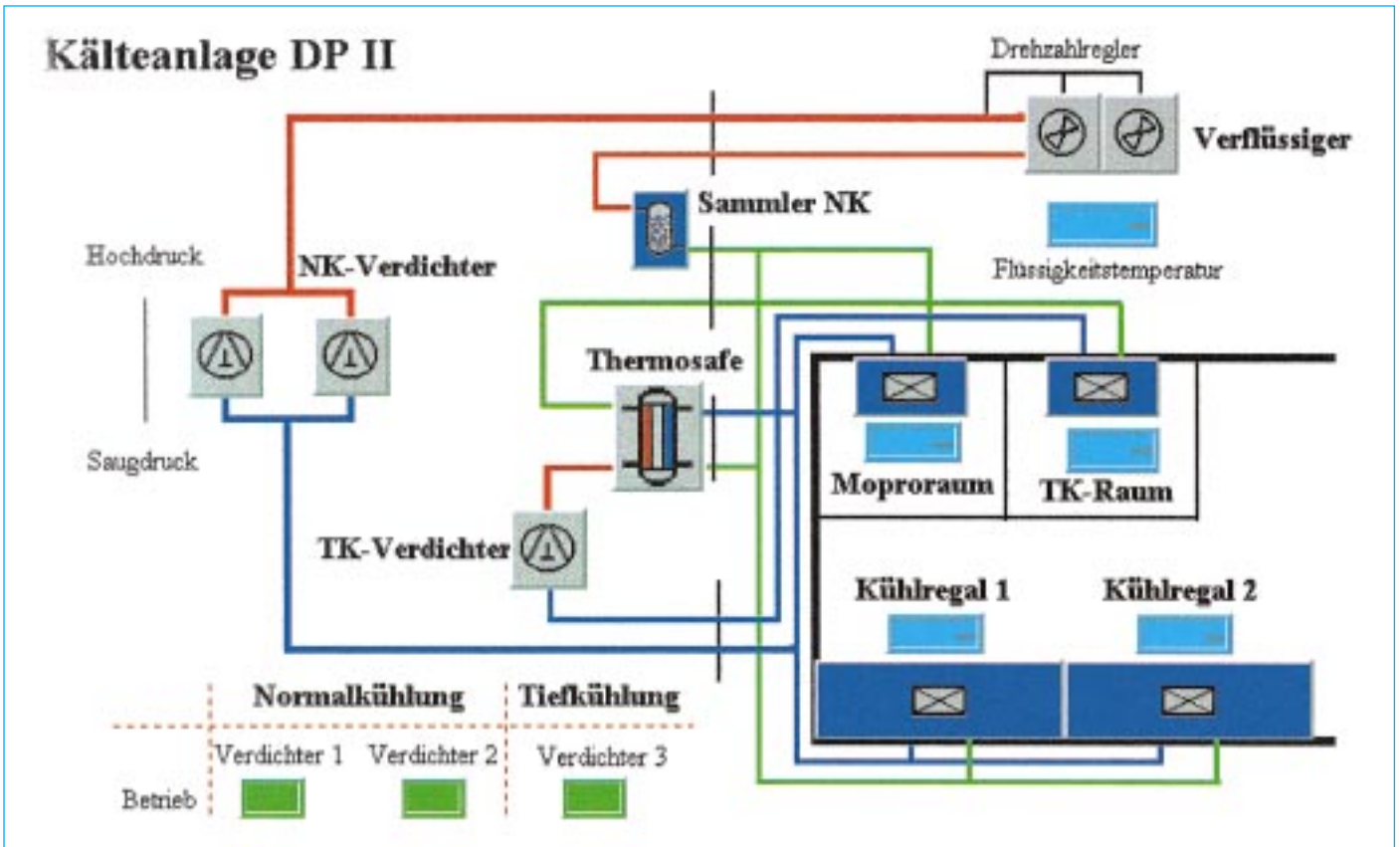


Bild 7 Typisches Anlagenschema eines Discount-Supermarktes mit DISCPACK 2®

Diese Einrichtung erlaubt eine niedrigere Verflüssigungstemperatur, und zwar konkret bei DISCPACK 2® sind dies 5 °C, das bedeutet eine Energieeinsparung von 50 %!

Ebenfalls bestand die Forderung des Betreibers, das Regelsystem, welches bisher den Frigotakt®-Anteil für die Molke-reproduktseite beinhaltete, aufgrund der überaus guten Erfahrung auch auf die Tiefkühlung auszudehnen. Da ein Großteil der Supermärkte vom Betreiber über die Datenfernübertragung kontrolliert werden kann, sollte ebenfalls der Hochdruck transparent sein. Hierzu wurde das entsprechende Regelgerät weiterentwickelt. Die Tiefkühlung läuft jetzt ebenfalls zur Vermeidung von Lastspitzen im Frigotakt®-Regelverfahren. Über einen modifizierten Eingang kann zur Kontrolle des Kondensationsdrucks die Flüssigkeitstemperatur übertragen werden.

Kernstück der Anlage sind neben der Regelung natürlich die Verdichter. Durch

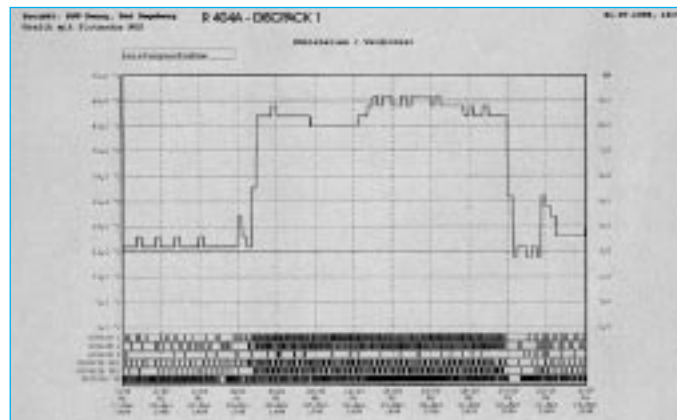


Bild 8 Energieverbrauch eines DISCPACK 1® mit R 404A

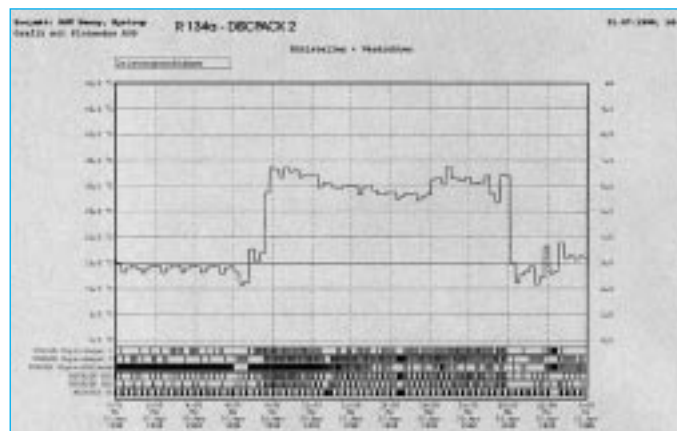


Bild 9 Energieverbrauch mit DISCPACK 2® (Kältemittel R 134a)

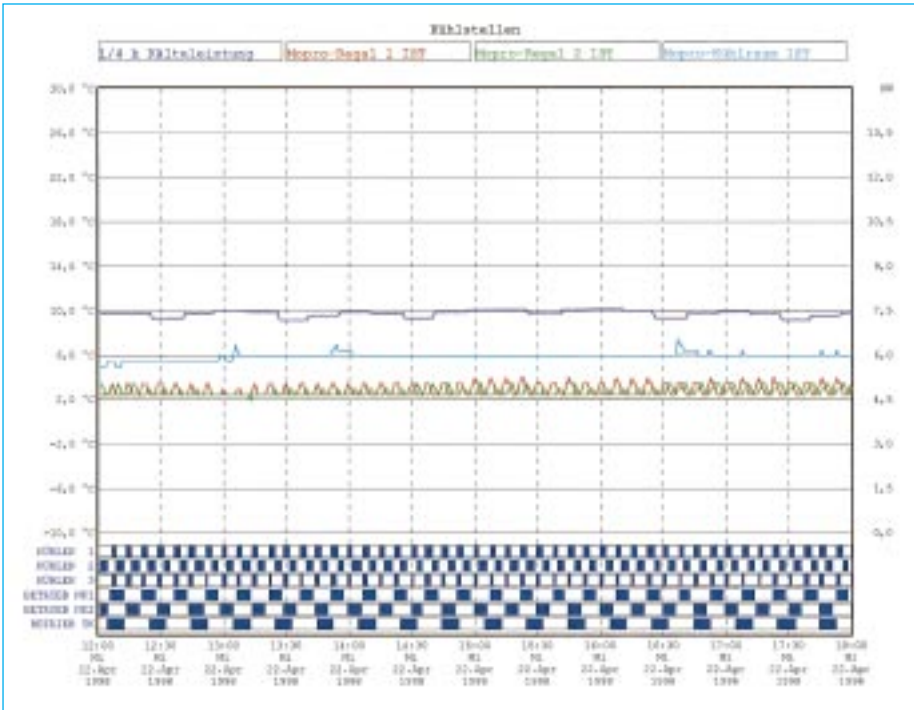


Bild 10 Typisches Temperaturverhalten einer Frigotakt®-geregelten DISCPACK 2®-Anlage

den Kältemittelwechsel und das entsprechend höhere notwendige theoretische Fördervolumen (anstelle 28 m³/h nun 51 m³/h pro Einzelverdichter) gibt es serienmäßig von den einzelnen Verdichterstherstellern nur „übermotorisierte Standardverdichter“. Dies hatte im konkreten Fall negative Auswirkungen auf die Leistungsziffer und durch den höheren Nennantrieb werden auch zusätzliche Maßnahmen (Anlaufentlastung mit entsprechender höherer Schaltschrankausrüstung) notwendig. In Zusammenarbeit mit dem Verdichtersthersteller Frascold wurde ein auf den Einsatzbereich zugeschnittener Verdichter abgestimmt, der mit höherem Wirkungsgrad und angepaßten Motor eine optimale Lösung darstellt.

Weitere Vorteile sind – bedingt durch den Kältemittelsatz R 134a – kleinere Druckverhältnisse, höhere Lebensdauer, geringerer Verschleiß und nicht zuletzt durch den Einsatz eines 4-Zylinder Verdichters bei kleineren Druckverhältnissen auch eine deutlich geringere Lautstärke.

Ergebnis

Mehr als 100 Objekte wurden inzwischen mit dem DISCPACK 2® ausgerüstet – und die erwarteten Ergebnisse hinsichtlich einer verbesserten Energieeffizienz haben sich bei allen Anwendungen bestätigt. Auskunft geben hierzu die Bilder 8 und 9, die eine deutliche Minderung des Energieverbrauchs von DISCPACK 2® (Kältemittel R 134a) im Vergleich zu DISCPACK 1® (Kältemittel R 404A) entsprechend dem Diagrammverlauf ausweist.

Der tatsächliche Energieverbrauch wurde von 9 auf 7 kW am Tage und auf unter 3 kW in der Nacht reduziert. Das bedeutet z. B. im Nachtbetrieb einen Stromverbrauch von DM 0,60/h – in Worten sechzig Pfennig pro Stunde – für ein 20 m langes Kühlregal und einen Tiefkühlraum inkl. der Möbelventilatoren.

Die tatsächlichen Füllmengen, die in diesen Anlagen verwendet wurden, lagen unter den angenommenen 25 % Mehrfüllung, waren vergleichbar mit den R-404A-Füllmengen, so daß auch hier der vorstehende TEWI-Vergleich in der Praxis noch deutlicher zu Gunsten von DISCPACK 2® ausfällt.

Die sich einstellenden Temperaturen lagen in einem sehr kleinen Differenzbereich – zum Teil „fuhr man Strich“.

Der Gesamtgeräuschpegel wurde in mehreren Objekten verglichen und es ergab sich eine durchschnittliche Reduzierung von ca. 82 dB(A) auf 73 dB(A) in 1 m Entfernung.

Das Ergebnis der Systementwicklung auf einen Blick

Die Vorzüge dieser neuen von TEKÖ entwickelten Systemtechnik liegen auf der Hand und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- DISCPACK 2® hat 33 % bessere Umweltwerte (TEWI),
- DISCPACK 2® nimmt bis zu 20 % weniger Energie auf. (gegenüber DISCPACK 1®, der seinerseits bereits die Energieaufnahme eines Discount-Supermarktes drastisch reduziert hatte),
- DISCPACK 2® ist bis zu 9 dB(A) leiser. □

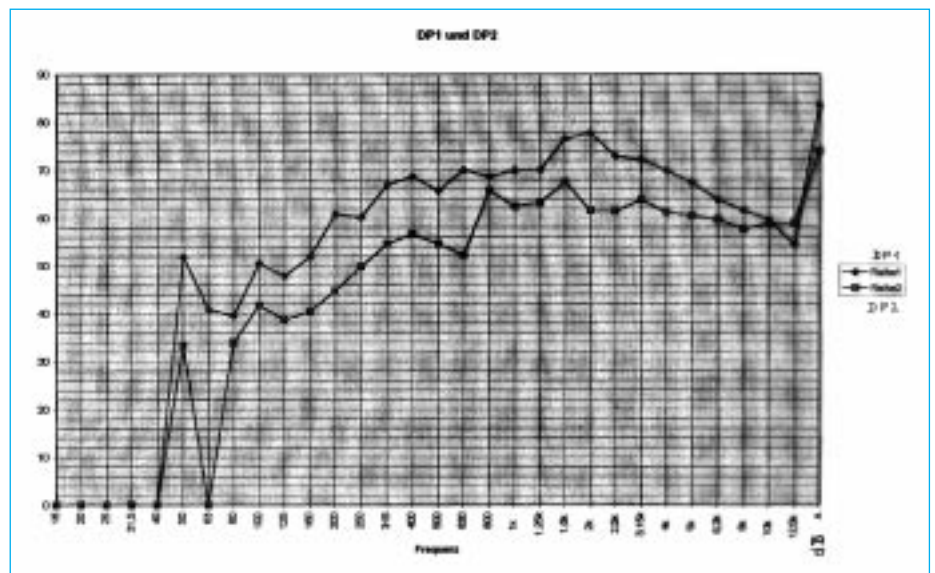


Bild 11 Vergleich Schalldruckpegel, gemessen in 1 m Entfernung. (DISCPACK 1® – obere Linie, DISCPACK 2® – untere Linie)