



Eine Einführung über die Folgen der Kältemittel-Umweltproblematik gab Prof. Dr.-Ing. Horst Kruse als Veranstalter des FKW/FKU-Seminars und benannte die Zwänge der politisch verordneten Reduktion von Treibhausgasen, die in der Kältetechnik den Trend zu indirekten Kälte-träger-Systemen und Kältemittelfüllmengen-Beschränkungen erzwingen.

„Durch neuerliche öffentliche Kampagnen hat der Aspekt der Kältemittelwahl für Kälteanlagen in Supermärkten sowie allgemein der Gewerbekälte eine neue Dimension erhalten. Die Betreiber und Hersteller dieser Anlagen sind durch die gesetzlichen Bedingungen in Deutschland derzeit damit befaßt, die Umstellung vorhandener Anlagen auf weniger ozonschädliche Kältemittel durchzuführen und in Neuanlagen herkömmlicher Art vermehrt völlig ozonunschädliche Kältemittel einzusetzen.“

An dieser Aussage aus der Einladung von Ende Oktober 1996 zur Teilnahme am XVIII. Seminar des Forschungszentrums für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH (FKW, Hannover), das dieses gemeinsam mit dem Forschungszentrum für Kälte- und Umwelttechnik GmbH (FKU, Berlin) am 4. Dezember 1996 im Congress Centrum der Stadt Hannover veranstaltete, hat sich bisher nichts geändert, sie gilt damit erst recht heute.

„Parallel dazu erhebt sich die Forderung nach dem verstärkten Einsatz „natürlicher“ Kältemittel (Propan, Ammoniak, etc.), um auch

XVIII. Seminar des FKW am 4. 12. 1996 im Hannover Congress Centrum

Aktuelle Entwicklungen der Kältetechnik in Supermärkten/Gewerbekälte

Trend: Kompakte Kälteanlagen mit indirekter Kühlung

Peter Weissenborn, Bad Harzburg

den bei den Ersatzkältemitteln noch vorhandenen Einfluß auf den globalen Treibhauseffekt zu minimieren. Der Einsatz dieser Kältemittel erfordert jedoch andere Anlagenkonzepte und ist voraussichtlich mit höheren Investitionskosten sowie zum Teil mit höheren Energieverbräuchen verbunden.“

Vor diesem Hintergrund war und ist die kältetechnische Fachwelt begierig zu erfahren, welche praktischen Erfahrungen bei der Umsetzung ökologisch motivierter Technologie-Konzepte inzwischen – oder auch bisher – im Bereich der Gewerbekälte vorliegen und FKW und FKU war es erfreulicherweise gelungen, bekannte und kompetente Referenten für diese Seminarveranstaltung zu gewinnen. Der Teilnehmerkreis mit 66 Personen war ebenfalls recht qualifiziert.

Ein wirklich hochmotivierter Teilnehmerkreis – das bewiesen auch die Diskussionsbeiträge – war am 4. Dezember kurz vor Nikolaus nach Hannover in das Congress Center gekommen, um mehr über die aktuellen Entwicklungen der Kältetechnik in der Gewerbekälte und dort speziell im Bereich der Supermärkte zu erfahren. Kompetente Vortragsreferenten haben die Wichtigkeit des Themas für die Branche bestätigt.

Thematische Einführung

Prof. Dr.-Ing. Horst Kruse erinnert in einem in die gegenwärtige Kältemittel/Technologie-Problematik in der Gewerbekälte (Supermärkte) einführenden Referat an die sich inzwischen ausgeweitete Kältemittel-Umweltproblematik, die sich auch aus politischer Relevanz nicht nur einschichtig (Ozon-Problem) sondern unter Beachtung des direkten Treibhauseffektes (durch Stoffe) sowie des indirekten Treibhauseffektes (energetischer Aufwand bei der Nutzung von Stoffen) inzwischen dreischichtig der Kältetechnik zur Vermeidung bzw. Minimierung von Umweltauswirkungen stellt. Hierbei ging er auf die nationalen und internationalen (politischen) Ansatzprofile anhand von Foliendarstellungen ausführlich ein. Für künftige Anwendungen in der Kältetechnik – insbesondere innerhalb der Gewerbekälte/Supermärkte – kann al-



lerdings nur TEWI (Total Equivalent Warming Impact), also die energetische Gesamtbewertung von Stoffen und deren Nutzung, das eigentliche Bewertungskriterium bei der Beurteilung der langfristigen Eignung von kälte- und klimatechnischen Verfahren sein.

Im Zusammenhang mit der Themenstellung des XVIII. FKW/FKU-Seminars ist zudem zu beachten, daß Stoffe wie R 143a und R 125, die als Komponenten in den wichtigsten FCKW/H-FCKW-Ersatzkältemittel-Blends auf Fluorbasis enthalten sind, sich hinsichtlich ihrer (möglichen) direkten Auswirkung auf das Treibhausklima nicht wesentlich günstiger darstellen bzw. kein wesentlich niedrigeres GWP (direktes Treibhauspotential) aufweisen als die abzulösenden FCKW selbst.

Ob nun die Ankündigung des dänischen Umweltministers auf der IIR Konferenz in Aarhus Anfang September letzten Jahres über ein „Verbot“ von fluorierten (chlorfreien) Kohlenwasserstoffen (den FKWs) innerhalb von 10 Jahren eine technische Realität erfahren wird, das dürfte wohl auch für den Bereich der dänischen „Hoheitsgewässer“ recht zweifelhaft sein. Allerdings muß bestätigt werden, daß der internationale Prozeß über notwendige Reduktionen von Treibhausgasen vor der Kälte-Klimatechnik nicht Halt machen wird. In einer Zusammenfassung seiner Ausführungen nannte Professor Kruse schon zum Auftakt des Seminars als Ziel für die TEWI-Reduktion im Bereich der Gewerbekälte – insbesondere Supermärkte – die Beachtung folgender Prämissen:

- die Verbesserung der energetischen Effizienz,
- die Verminderung der Emission von klimarelevanten Gasen und hierbei als Lösungswege insbesondere
- den Einsatz von natürlichen Fluiden sowie
- die Reduktion von Kältemittelleckagen.

Bei der Bewertung des gegenwärtigen Standes der technologischen Entwicklung sind nach Ansicht von Professor Kruse (hier steht er nicht allein) indirekte Systeme – d. h. dezentrale Systeme – hierfür besonders geeignet, vor allem wegen der Reduktion des Kältemittel-Emissionspotentials. Bei der weiteren Entwicklung von Kälte/Kli-



Dipl.-Ing. van Gerwen vom niederländischen Institut TNO für Umwelt, Energie und Verfahrensinnovation und partnerschaftlich mit FKW und FKU verbunden, hatte im Zusammenhang mit durchgeführten Leakage-Untersuchungen an mehr als 100 Supermärkten eine wichtige Schlußfolgerung gezogen: Es sei nach dem Stand der Technik möglich, die Leckagerate bei Supermarkt-Kälteanlagen bis auf einen Wert von 0,5 % zu drosseln, die Niederländische Regierung strebt mit der konsequenten Durchsetzung ihrer gesetzlichen Leckdichtheitsverordnung einen Leckagerate von 1 % per anno an.

ma-Technologien bleibt es abzuwarten, ob möglicherweise ähnliche TEWI-Reduktionen auch mit Direktexpansionssystemen zu erreichen sind.

Leckdichte Anlagen mit direkter Expansion und synthetischen Kältemitteln: Eine Alternative zum europäischen Trend zu natürlichen Kältemitteln?

Für den Chronisten war der Vortrag von Dipl.-Ing. René J. M. van Gerwen, Abteilungsleiter für Kälte- und Wärmepumpentechnik im niederländischen Institut für Umwelt, Energie und Verfahrensinnovation, dem festen Kooperationspartner von FKW und FKU (siehe KK 2/97) eigentlich das „Schlüssel-Referat“ der gesamten Seminarveranstaltung. Denn geht man davon aus, daß alle die nachfolgenden Referenten über Möglichkeiten und Anwendungen neuer Anlagentechnologien aus Theorie und Praxis berichteten, so muß es dennoch jedem verantwortlichen Kälte- und Klimatechniker klar sein, daß diese „neuen“ Techniken nicht das Gros von zukünftigen „umweltunschädlichen“ kältetechnischen Anwendungen allein abdecken können. Im Klartext: um ungewünschte Emissionen von ozonschädigenden oder treibhausrelevanten Gasen zu vermeiden, bedarf es auch einer Vielzahl von technisch „pro-



fanen“ Maßnahmen, wozu mit Sicherheit die Leckdichtheit von Kältemittelkreisläufen an erster Stelle zu setzen ist.

René van Gerwen brachte diese technische Anforderung schon in der Einleitung seines Referates auf den Punkt, indem er feststellte: „Existierende Anlagen mit direkter Expansion kann man nicht einfach umbauen in indirekte Systeme. Außerdem eignet sich auch nicht jede neugebaute Anlage als indirektes System, entweder aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen. Deswegen sind Anlagen mit direkter Expansion und synthetischen Kältemitteln (FKWs) heute und in der Zukunft noch immer wichtig, darum sind in diesen Fällen **leckdichte Anlagen eine Notwendigkeit**“.

Das TNO hat im Auftrag der Europäischen Union eine typische Supermarkt-Verbundkälteanlage mit 25 Kühlstellen (Kühl- und Tiefkühlmöbel, Kühl- und Tiefkühlzellen) und einer Gesamtkältemittelfüllung von 100 kg untersucht. Aufgabe war es, festzustellen, inwieweit es möglich ist – und durch welche technische Maßnahmen –, die Leckdichtheit zu verbessern. Hier das Ergebnis der Untersuchung und die Schlußfolgerung: „Durch Vermeidung von langen Kunststoffschläuchen und durch die **Verwendung von**



Hier prallen die Gegensätze aufeinander, ohne daß es, wie im mittleren Bild dargestellt, demnächst eine „heiße“ Weihnacht geben wird. So weit tragen zumindest die von Greenpeace als „Klimakiller“ verteufelten und u. a. von DuPont hergestellten FKWs in keinster Weise bei. Was hierzu Dipl.-Ing. Wolfgang Lohbeck von Greenpeace (linkes Bild) und Dipl.-Ing. Joachim Gerstel von DuPont (rechtes Bild) in der Diskussion zu bemerken haben, wird hier nicht verraten.

(semi)hermetischen Verdichtern, sowie gelöteten statt Schraubverbindungen kann eine Leckdichtheit mit einer Emissionsrate von max. 0,5 % pro Jahr erzielt werden.“ Daß dies einige technische Arbeitskenntnisse des „Sachkundigen“ (ein Seitenhieb auf die deutsche Verordnungs- lage) voraussetzt, ist wohl mehr als eine hypothetische Frage.

Dieser Forschungsanalyse und der getroffenen Festlegung des niederländischen Forschungsinstitutes TNO vorausgegangen waren Praxisuntersuchungen an mehr als **ein**hundert Supermarktanlagen. Im Laufe eines Jahres wurden folgende Ursachen für „zeitweilige“ Kältemittelmmissionen ermittelt:

- 35 % an Schraubverbindungen, davon 20 % an Expansionsventilen direkt;
- 20 % verursacht durch Leitungsbrüche (Kupferrohre einschl. Lötverbindungen);
- 30 % Leckagequellen direkt an den unterschiedlichen Herstellerkomponenten wie Verdichter, Wärmetauscher, Ventile etc. (Anmerkung des Chronisten: ungläubiges Staunen bei Seminarteilnehmern aus Herstellerkreisen);
- 5 % verursacht durch sachunkundige Handlungen;
- 10 % Leckageursachen konnten nicht ermittelt werden.

Diese Erhebungen führten schließlich auch dazu, daß die Niederländische

Regierung als erstes Land der Europäischen Union schon Ende 1994 eine **gesetzliche Regelung zu Leckdichtheitsvorschriften für Kühlanlagen** beschlossen und bei der Europäischen Union unter der Nr. 96/041 NL hat notifizieren lassen (ausführliche Behandlung in KK 5/1996, „Das Aktuelle Thema“, Seiten 306 bis 313), deren Übernahme oder Nachahmung entgegen den Empfehlungen der Kälteanlagenbauer-Branche die deutsche Bundesregierung wie der Teufel das Weihwasser scheut (dies mit der Begründung, daß die Koalitionsvereinbarung weitere Regulierungen/Gängelungen der deutschen Wirtschaft ausschließen); das ist die ökologische Tragik und Greenpeace meint fälschlicherweise (Wolfgang Lohbeck war Teilnehmer am FKW-Seminar), bei der Verwendung von „natürlichen“ Stoffen als Kältemittel gäbe es von Haus aus keine Umweltprobleme. Und hier irrt der Greenpeace-Mann. Als wenn undichte „Feuerzeuggas“-Kältemittelkreisläufe keine unnötige Treibhausbelastung infolge längerer Maschinenlaufzeiten bewirken. Und dies ist die eigentliche Mogelpackung bei den FKW-Aktionen „Klimakiller“ von Greenpeace in Deutschland – und vor der Automobilindustrie (Pkw-Klimaanlagen) knicken sie schon vorher vorsichtshalber ein.

Dieser kleine Abschweifer, der sich aber auch aus der Seminardiskussion

ergab, sei dem Chronisten im Interesse einer klaren Beurteilungssituation gestattet. Unzufriedenheit bestand jedoch – auch das muß gesagt werden – über die Schlußfolgerungen des Vortragsreferenten René van Gerwen, der schließlich feststellte:

„Theoretisch besteht die Möglichkeit, beinahe leckfreie Kälteanlagen mit direkter Expansion zu bauen und zu betreiben.“

Diesen Widerspruch zu dem von ihm zunächst vorgetragenen heute schon möglichen Stand der Technik erklärte van Gerwen in der Diskussion auf Frage der KK zunächst mit einem verlegenen Schulterzucken, dann aber konkret:

„Für den Bau von fast leckfreien Kälteanlagen ist eine genaue Überwachung und sorgfältige Anlagenbauweise durch hochkompetente (Anmerkung: mehr als „sachkundig“ nach deutscher Terminologie?) Anlagenbauer und Installateure eine Voraussetzung, die nach Möglichkeit europaweit festgelegt werden sollte.“

Ziel des Niederländischen Umweltministeriums sei es jedenfalls, die **Leckgeraten bei gewerblichen und industriellen Kälteanlagen auf 1 % p. a. zu begrenzen**. Allerdings zum Schluß seines Referats – und vielleicht auch als Warnung an die Adresse der handwerklichen Kälteanlagenbauer zu ver-

stehen – kam von van Gerwen die einschränkende Festlegung:

„Nur in diesem Fall sind Anlagen mit direkter Expansion und synthetischen Kältemitteln eine vollwertige Alternative zu natürlichen Kältemitteln“.

Somit liegt es doch in der Hand der Branche selbst, sich an den Wortlaut des europäischen Normenentwurfs prEN 378 zu halten und die Kälteanlagen so dicht zu bauen, daß es einer gesetzlichen Verordnung nur noch zur Abwehr von Kältetechnik-Unkundigen (davon gibt es immer mehr!) bedarf; und hier könnte man sich vielleicht mit dem „Staat“ in geeigneter Weise arrangieren.

Entwicklungen in den USA als Vergleich

Dipl.-Ing. Thomas Tiedemann, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH (Hannover), bezog sich bei seinen Ausführungen auf eine Erhebung, die Dr.-Ing. Ullrich Hesse (früher Technischer Leiter des FKW) von seiner heutigen Wirkungsstätte aus, dem Forschungsinstitut Spauschus Associates in Stockbridge bei Atlanta, in den USA gemacht hat. Danach gibt es ungefähr 30 000 Supermärkte in den USA (natürlich mit viel größerer Verkaufsfläche als in Europa), die etwa 20 bis 30 % des nationalen FCKW-Verbrauchs im Jahr 1993 beansprucht haben. In gleicher Relation entspricht dieser FCKW-Wert in seiner energetischen Anwendung etwa 4 % des nationalen Verbrauchs an Elektrizität in den USA.

Zum Entwicklungstrend in den USA bei Supermärkten führte Tiedemann aus, daß ein typischer Lebensmittelmarkt (Verkaufsbetrieb 7 Tage/Woche) über eine Verkaufsfläche von ca. 8000 m² verfügt, die Kältemittelfüllmenge beträgt bisher für alle Kühl-, Tiefkühl- und Klimatisierungseinrichtungen ca. 4,5 t(!). Hierzu werden ca. 10 000 lfm Rohrleitungen verlegt, der Kältemittelverlust betrug bisher zwischen 15 % und 30 %/Jahr. Alle 10 bis 15 Jahre werden die Kühl- und Tiefkühleinrichtungen erneuert.

Bei Neuanlagen in Supermärkten werden die Kältemittel R 404A und/oder R 507 verwendet, als gegenwärtig bemerkenswerteste Entwicklung ist aber festzustellen, daß R 22 in erheblichem Umfang in neuen Supermärkten wieder als Kältemittel verwendet wird.

Eine Umrüstung von bestehenden Kältesystemen in US-Supermärkten erfolgt nur vereinzelt von R 12 auf R 134a bzw. von R 502 auf R 404A/R 507. In den meisten Fällen dienen als Umrüstungskältemittel H-FCKW-Gemische, also die sogenannten und auch hier bekannten Service-Kältemittel mit R 22-Anteil.

Neue Kühlmöbel für Supermärkte werden in den USA allerdings zunehmend für reduzierte Kältemittel-Füllmengen und geringeren Energieverbrauch entwickelt. Für die PUR-Isolation dient R 141b als Treibmittel. Hierbei sind vor allem dezentrale Systeme gefragt. D. h. es gibt anstelle eines zentralen Verbundanlagensystems mehrere dezentrale Verdichtereinheiten (überwiegend Scrollverdichter, 2 bis 6 Stück), die in separaten, schallisolierten Gehäusen (vertikal oder horizontal montiert) nahe an den Verbrauchern, den Kühl- und Tiefkühlmöbeln, plaziert sind. 10 bis 16 Verdichtereinheiten pro Supermarkt sind typisch. Die Wärmeabfuhr erfolgt über ein Kühlwassernetz, das gleichzeitig zur Wärmerückgewinnung mittels Wärmepumpe genutzt wird. Durch diese dezentrale Technologie lassen sich die umlaufenden Kältemittelmengen um ca. 50 % reduzieren, ebenso gibt es eine Materialersparnis zwischen 50 % und 75 % bei Kupferrohrleitungen und -Verbindungen. Daß die Leckageraten damit sinken, ist konstruktionsbedingt verständlich, thermodynamisch verringert sich zudem der Druckverlust in der Saugleitung und auch die Installationskosten, die erheblich sinken.

Den europäischen Supermarktbetreibern in den USA ist es zu verdanken, daß schon vereinzelt indirekte Kältesysteme installiert werden. Z. B. durch die englische Supermarktkette Sainsbury's, die inzwischen ca. 20 Märkte mit Primär- und Sekundärkältekreisläufen in Betrieb hat. Einer davon mit NH₃ als Kältemittel im Primärkreislauf, die anderen entweder mit R 22 oder R 404A und R 507. Als Kälteträger dient Propylenglykol. Allerdings werden derartige Zweikreislaufsysteme bisher nur für den Normalkühlbereich installiert, nicht jedoch für Tiefkühlung, wo man sich in den USA noch in der Erprobungsphase befindet.

Entwicklungstechnisch mit zu beachten ist in den USA eine zunehmende Bedeutung von Gas Cooling. Derartige Systeme werden durch die Gasindustrie gefördert, sie dienen auch einer



Dipl.-Ing. Thomas Tiedemann vom FKW berichtete auf Grundlage der Untersuchungen von Dr.-Ing. Ullrich Hesse (Spauschus Institut in Stockbridge, Georgia) über die Abkehr der Supermarktersteller in den USA von Verbundanlagen mit großen Kältemittel-Füllmengen, langen Rohrleitungswegen und hohen Leckageraten und der verstärkten Hinwendung zu dezentralen Systemen, bei denen mehrere Verdichtereinheiten (2 bis 6 Scrollverdichter) in separaten schallisolierten Gehäusen nahe an den Kühlmöbeln positioniert werden. Hiervon kann es bis zu 16 Systeme in einem US-typischen Markt mit ca. 8000 m² Verkaufsfläche geben.

Deregulierung des Energiemarktes und entlasten beispielsweise schwache Energienetze in einigen entlegenen Gebieten in den USA. Als technische Konzepte sind hierzu Desiccant Cooling für die Klimatisierung eines Supermarktes gefragt, zur Kühlung der gasmotorische Direktantrieb der Verdichter. Aber auch Absorptionssysteme dienen zur Klimatisierung des Marktes, gelegentlich werden sogar Blockheizkraftwerke zur Eigenstromerzeugung installiert.

Mit „Gas Cooling“ wurde teilweise der „Big Y Supermarkt“ in Springfield, Mass. (65000 sqft) ausgerüstet. Als technisches Konzept kam das sogenannte „hybrid electric-gas system“ zum Einsatz. Es sind in diesem Supermarkt 2 elektrisch angetriebene Verdichter mit konstanter Drehzahl, 1 elektrisch angetriebener Verdichter mit variabler Drehzahl sowie 1 gasangetriebener Verdichter, ebenfalls mit variabler Drehzahl, installiert. Als Gas-

motor dient das Fabrikat Wankel, als Verdichter kam die Bitzer Schraube zum Einsatz. Die Betreiber wollen mit diesem „hybrid electric-gas system“ saisonal günstige Tarifsysteme ausnutzen und auch eine bessere Notversorgung bei Stromausfall erzielen.

Kälte­träger für Anlagen mit indirekter Kühlung, eine Übersicht

Über die zunehmende Bedeutung von Kälte­trägern referierte Dipl.-Ing. Thomas Enkemann, wissenschaftlicher Mitarbeiter im FKW (Hannover). Er unterschied hierbei zwischen konventionellen Kälte­trägern und solchen mit Phasenumwandlung. Grundsätzlich besitzen Kälte­träger in Zweikreis­kälte­systemen gute Wärmeübertragungseigenschaften und es bedarf eines geringen Energiebedarfs für deren Förderung.

Bei den konventionellen Kälte­trägern sind sowohl für Nomalkühlung als auch für Tiefkühlung in Deutschland wäßrige Lösungen aus anorganischen Stoffen (z. B. CaCl, NH₃) oder organischen Stoffen (z. B. Glykole, organische Salze) verfügbar, als auch synthetische Fluide und Mischungen wie Dowtherm J, Thermogen VP 1869, Gilotherm D 12 etc. oder Basyllone KT3 etc.

Kälte­träger mit Phasenumwandlung stellt in „fest/flüssiger“ Konsistenz Eisbrei (binary ice, flow-ice) und „flüssig/gasförmig“ vorzugsweise CO₂ dar; prinzipiell sind hierfür aber auch alle verfügbaren Kältemittel verwendbar.

Enkemann nahm sodann eine Gegenüberstellung der sogenannten „konventionellen“ Kälte­trägern vor und veranschaulichte diese in einer tabellarischen Übersicht hinsichtlich der volumetrischen Wärmekapazität, der dynamischen Viskosität, der erforderlichen Pumpleistung sowie hinsichtlich des einzelnen Wärmeübertragungsverhaltens. Dies erbrachte als Fazit:

- wäßrige Lösungen mit anorganischen und organischen Salzen sind insgesamt den anderen Solen überlegen.
- Optimierungsanstrengungen sind erkennbar, erzielen jedoch keine umwälzenden Verbesserungen.

Vorteile von Kälte­trägern mit Phasenum­wechsel sieht Enkemann bei der Nutzung von CO₂ als Medium, es sei energetisch vorteilhaft. Es gäbe keine Temperaturspreizung für die Wärmeübertragung, dafür aber eine höhere volumetrische Wärmekapazität und eine geringere Viskosität. Insgesamt sei das Wärmeübertragungsverhalten bei

Dipl.-Ing. Thomas Enkemann nahm einen Vergleich unter konventionellen Kälte­trägern und eine Gegenüberstellung zu Kälte­trägern mit Phasenum­wechsel (fest/flüssig oder flüssig/gasförmig) vor. Wäßrige Salzlösungen zeigen Vorteile bei konventionellen Kälte­trägern, die Verwendung von CO₂ als verdampfender Kälte­träger ist aussichtsreich hinsichtlich niedriger Investitionskosten und Energieverbrauch.



Verdampfung/Kondensation besser. Was ökonomisch vorteilhaft zum Tragen kommt, sei die viel geringere Rohrlaufdimension. Betragen die Rohrdurchmesser bei konventionellen Kälte­trägern im Vorlauf 28 mm, so bei CO₂ nur 6 mm, bzw. im Rücklauf „konventionell“ 28 mm, so bei CO₂ nur 10 mm. Dies bezogen auf eine Förderleistung zur Kälteleistung von 10 kW im Primärkälte­erzeugungssystem. Auf der IIR-Konferenz im September 1996 in Aarhus wurde ausgeführt, daß die Betriebskosten bei Kälte­trägerkreisläufen für die Tiefkühlung bei Verwendung von CO₂ mit Phasenum­wechsel mehr als 40 % niedriger liegen als diejenigen mit der Verwendung von konventionellen Kälte­trägern.

Ein erster Versuchsaufbau für Tiefkühlung und bei einer Funktionsweise unter Verwendung von herkömmlichen Komponenten (insbesondere Supermarkttiefkühltruhe) erfolgte bereits 1992 am Institut für Kälte­technik an der Universität Hannover. Es gab Anschluß­untersuchungen und Vergleichsmessungen von reinem CO₂ und einem Gemisch aus CO₂ und Azeton, schließlich erfolgten theoretische Untersuchungen zum Einsatz von CO₂ in Tiefkühlanlagen von Supermärkten 1996.

Praktische Ergebnisse liegen inzwischen vor. 1993 wurde in Großbritannien durch das Kälteanlagenbauunternehmen Star Refrigeration ein Pilotprojekt mit Ammoniak (Primärkreislauf)



Eisbrei als Kälte­träger mit Latentwärmenutzung wird von Dr.-Ing. Michael Kauffeld (DTI Aarhus) für Supermarktanwendungen im Pluskühlbereich empfohlen, im Tiefkühlbereich soll Kohlendioxid als Kälte­träger die bessere Lösung zukünftig darstellen. Daß der Referent für den Primärkreislauf entweder Ammoniak oder Kohlenwasserstoffe als „natürliche“ Kältemittel empfiehlt, spricht für die bekannte Konsequenz von Dr. Kauffeld für ökologische Lösungen.



Dr.-Ing. Michael Arnemann (FKU Berlin) ging den Sicherheitsaspekten, die beim Einsatz von Propan in gewerblichen Kälteanlagen zu beachten sind, auf den Grund und nahm eine ausführliche Risikobewertung vor. Dies ändert nichts daran, daß der Kälteanlagenbauer rund 80 verschiedene Richtlinien für den Betrieb von Kälteanlagen mit Kohlenwasserstoffen zu beachten/zu verinnerlichen hat.

und einem indirekten (Sekundärkreislauf) CO₂-System für einen Tiefkühlraum in einem Supermarkt bei Mark & Spencer installiert. 1995 wurde in Schweden durch die ABB Refrigeration ein Ammoniak-Supermarkt mit indirektem CO₂-System für Tiefkühlung in Lund installiert (siehe Bericht in KK 11/1995 und Referat Rolsman). Inzwischen gibt es in Schweden weitere Supermärkte mit indirekten CO₂-Systemen für Tiefkühlung, ebenfalls durch ABB Refrigeration ausgeführt.

So kann nach Darstellung von Enkemann zusammenfassend ausgesagt werden, daß in einem Vergleich konventioneller Kälteanlagen die Verwendung wäßriger Salzlösungen Vorteile zeigt, die Verwendung von CO₂ als verdampfender Kälteanlagen aber aussichtsreich für eine verbreiterte Nutzung ist, weil diese Technologie zur Minderung von Investitionskosten und einem niedrigeren Energieverbrauch beiträgt. Schließlich sei man aus der Theorie heraus und es liegen, wie erwähnt, praktische Erfahrungen aus ersten Installationen vor.

Untersuchungen zum Einsatz von Eisbrei als Kälteanlagen

Dr.-Ing. Michael Kauffeld, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Dänischen Technischen Institut Energie, Kälte- und Wärmepumpentechnik in Aarhus (DK), setzte sich in seinem Referat für

die Nutzung von Eisbrei (ice slurry) und Kohlendioxid (CO₂) in der Gewerbe- kälte, speziell für Supermarktanwendungen geeignet, ein. Für den Primärkreislauf sollten nach den Vorstellungen von Dr. Kauffeld „natürliche“ Stoffe, z. B. Propan/Propen oder Ammoniak, als Kältemittel genutzt werden und mit dieser Technologie sollte die Gewerbe- kälte in das dritte Jahrtausend geführt werden.

Die Verwendung von Eisbrei als sekundäres Kältemittel und seine Latentwärmennutzung ist eine relativ neue Technologie und hier in Deutschland bisher vor allem als Flo-Ice-Technik (siehe mehrere Beiträge in der KK, zuletzt KK 12/1996) bekannt. Hierbei wird Eisbrei in einem zylindrischen Eisgenerator mit Rührer hergestellt. Anders die Entwicklungen in Dänemark. Im Rahmen eines Gemeinschaftsprojektes mit der Dänischen Industrie und der Dänischen Technischen Universität (DTU) ist am Institut DTI unter maßgeblicher Mitarbeit von Dr. Kauffeld eine Ammoniakkälteanlage als Versuchsanlage aufgebaut worden, die mit einem Eisbreigenerator mit einer Eiskapazität von ca. 12 Tonnen Eis pro Tag verbunden ist. Der Eisbrei wird in einem Speicherbehälter mit 9 m³ Fassungsvermögen gesammelt und kann sowohl zur Kühlung des Verflüssigers einer Kohlendioxidanlage (für Tiefkühlzwecke) verwendet werden, als

auch zur Kühlung von Verkaufsmöbeln. Nach ersten positiven Forschungsergebnissen, über die Dr. Kauffeld ausführlich in KK 9/1996 berichtet hatte, soll nun ein vom DTI zum Patent angemeldeter Eisbreigenerator zur Serienreife weiterentwickelt werden. Im Gegensatz zu den marktüblichen Eisbreierzeugern, die alle beweglichen Teile der einen oder anderen Art zur Vermeidung des Festfrierens von Eisbrei beinhalten, soll dieser „dänische“ Eisbreierzeuger völlig ohne bewegliche Teile auskommen. Dies wäre natürlich ein wichtiger Funktions- und Wartungsvorteil.

Sicherheit von gewerblichen Kälteanlagen mit Propan

Hierbei geht es vor allem um die strikte Beachtung von Sicherheitsaspekten vor allem bei der Verwendung von Kohlenwasserstoffen in der Gewerbe- kälte. Dr.-Ing. Michael Arnemann, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungszentrum für Kälte- und Umwelttechnik GmbH in Berlin, hat sich mit der Sicherheits-Problematik ausführlich beschäftigt und den „Sicherheitsbereich“ bei gewerblichen Kälteanlagen mit Propan wie folgt definiert:

„Kälteanlagen, bei denen die Öffentlichkeit zumindest indirekten Kontakt mit dem Kälteerzeugungssystem hat“. Unter Berücksichtigung der Bewer-

tungskriterien ODP (Ozonschädigungspotential) und GWP (Treibhausbelastung) sieht Dr. Arnemann Kohlenwasserstoffe als mögliche „Kältemittel der Zukunft“. Es sind jedoch unterschiedlichste sicherheitsrelevante Aspekte zu berücksichtigen, die noch nicht in allen Punkten abschließend bewertet wurden. Hierbei spielen vor allem noch ungeklärte Methoden zur Risikobewertung eine große Rolle, um Fragen der Produkthaftung auch versicherungstechnisch zu bewerten. Sind Normen und Richtlinien nicht nur in Deutschland, sondern auch bald für Europa aktuell formuliert (E DIN 7003 und DIN EN 378) und voraussichtlich Ende 1997 als Teil der Technischen Regeln verbindlich, so unterliegt die Risikobewertung noch einer genaueren Identifikation von Gefahren und in diesem Zusammenhang der Definition von Möglichkeiten der Gefahrenvermeidung. „Risiko“ als Wort- und Wertbegriff ist ziemlich genau zu definieren als „die Wahrscheinlichkeit gefährbringender Ergebnisse eines Ereignisses.“ Hierum geht es schlechthin, um Kohlenwasserstoffe als Kältemittel auch in der Gewerbekälte „hoffähig“ zu machen.

Im Rahmen dieses Beitrags (Bericht über das FKW-Seminar) kann nicht auf die Methoden zur Risikobewertung näher eingegangen werden, dazu ist die Materie zu komplex und sollte besser einer noch zu erstellenden Einzelabhandlung anempfohlen werden. Bemerkenswert ist jedoch, daß der Nutzung von Kohlenwasserstoffen als Kältemittel die nicht unerhebliche Zahl von ca. 80 verschiedenen Richtlinien unterliegt, die als sicherheitsrelevante Aspekte für den Betrieb von Kälteanlagen zu beachten sind. Dies mag abschreckend für eine mögliche KW-Anwendung wirken, jedoch mit der der Kältefachmann als „Sachkundiger“ diese Anforderungen dennoch meistert. Zusammenfassend – und nach der Behandlung von mehreren praktischen Anwendungsbeispielen in der gewerblichen Kältetechnik – ist nach den Ausführungen von Dr. Arnemann festzuhalten:

- Propan kann als Kältemittel eingesetzt werden. Voraussetzungen:
- Risikobewertung auf Grundlage umfassender Gefahrenidentifikation und
- der Kenntnis und Umsetzung des bestehenden Regelwerkes, ferner
- Erreichen einer Gefahrenvermeidung durch mehr Information und bessere Ausbildung relevanter Personen.



Dipl.-Ing. Jürgen Süß (IKW Hannover) sieht einen Durchbruch in der Anwendung von Ammoniak in gewerblichen Kältesystemen mit Direktverdampfung, wenn die gegenwärtigen konstruktiven Bemühungen auf Weiterentwicklung eines semihermetischen Hubkolbenverdichters mit kleinerer Leistung zum Erfolg führen.

Entwicklung eines halbhermetischen Verdichters für NH₃

Dipl.-Ing. Jürgen Süß, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kältetechnik der Universität Hannover IKW berichtet über Fortschritte bei der Entwicklung eines halbhermetischen NH₃-Verdichters für kleinere (gewerblich genutzte) Kälteleistungen, die in Zusammenarbeit mit der Bock Kältemaschinenfabrik GmbH in Frickenhausen erzielt wurden. Über die hervorragenden thermodynamischen Eigenschaften des Kältemittels Ammoniak soll außer dieser Erwähnung nicht näher eingegangen werden, weil diese als bekannt vorausgesetzt werden können.

Wie Süß ausführt, sind grundsätzlich bis vor kurzem nur offene NH₃-Verdichter zum Einsatz gekommen. Dies sind in der Regel offene Hubkolbenverdichter (je nach Leistung 2- bis 8-Zylindermaschinen) oder Schraubenverdichter.

Unabhängig von der Bauart müssen diverse Anpassungen an das Kältemittel Ammoniak erfolgen. So sind die Verdichter komplett buntmetallfrei auszuführen, z. B. im Bereich der druck- und saugseitigen Anschlußventile, der internen Siebe bzw. der Lagerstellen. Des weiteren müssen die saug- und druckseitigen Gaswechselsteuerorgane (Lamellen-Ventile bzw. Schlitze) an die thermodynamischen Gegebenheiten



des Ammoniaks angepaßt werden. Eine angepaßte Kolbenringbestückung zur Ölwurfreduzierung und angepaßte Bauteile im Bereich des Kurbelbetriebes zur Verbesserung der Ölversorgung sind oft weitere Maßnahmen zur NH₃-Anpassung.

Darüber hinaus muß beachtet werden, daß aufgrund der hohen Verdichtungsendtemperatur unter Umständen Grenzen im Anwendungsbereich nicht überschritten werden bzw. durch eine geeignete Kühlung (wassergekühlte Zylinderköpfe u. ä. m.) eine Anpassung an den Anwendungsbereich durchgeführt werden kann. Oftmals muß bei großen Druckverhältnissen aber auch zweistufig verdichtet werden. Ebenso führt die Saugdampfdichte zusammen mit oft mitgerissenen Flüssigkeitsanteilen zum Begrenzen der maximalen Drehzahl, z. B. bei Hubkolbenverdichtern auf ca. 1500 rpm.

In die Diskussion einer Anwendung von NH₃ als Kältemittel in der Gewerbekälte ist eine hierauf zugeschnittene Technologie gekommen, nachdem NH₃-mischbare Schmierstoffe auf Polyglykolbasis entwickelt wurden, die eine selbsttätige Ölrückführung mit Ammoniak gewährleisten. Dies ist für Anwendungen mit Direktexpansionssystemen Voraussetzung. Daraus folgt ferner der Wunsch auf Verfügbarkeit von semihermetischen Hubkolbenverdichter kleinerer Leistung, die

sich für Anwendungen innerhalb der Gewerbekühlung eignen.

Im Bereich der Großverdichter gibt es bislang ein Unternehmen, ILKA Mafa Halle, das im Rahmen eines vom DKV initiierten Verbundforschungsvorhabens in den Jahren nach '91 einen halbhermetischen Ammoniakverdichter entwickelt hat, der heute erfolgreich eingesetzt wird. Dabei basiert der hier eingebaute Elektromotor auf einer Aluminiumwicklung, da Kupferwicklungen in direktem Kontakt mit Ammoniak bekanntlich nicht materialverträglich sind. Folgende Lösungsmöglichkeiten für den Einsatz von Ammoniak in halbhermetischem Verdichter kleinerer Leistung für Anwendungen in der Gewerbekälte sind nach den Untersuchungen von Jürgen Süß und Dr.-Ing. Manfred Burke am IKW und FKW in Hannover vorstellbar:

1. Die Elektromotorwicklung besteht aus Aluminium und man nimmt einen etwas geringeren Wirkungsgrad und unter Umständen ein etwas größeres Bauvolumen in Kauf.
2. Es wird eine Kupferwicklung verwendet, die mittels Spalttopf den Rotor vom Stator trennt. Dies ergibt einen erheblich schlechteren Motor-Wirkungsgrad, da der Spalttopf den Luftspalt erhöht.
3. Eine Kupferwicklung wird vergossen. Dies ergibt einen guten Wirkungsgrad und ermöglicht kompakte

Abmessungen. Nachteile: die Herstellung ist problematisch, zudem gibt es eine Einschränkung des Anwendungsbereichs infolge schlechterer Wärmeabfuhr.

Somit sind aus heutiger Sicht nur die unter „1.“ und „3.“ genannten Lösungsansätze weiterzuverfolgen. Für ein Teilprojekt eines von der deutschen Bundesstiftung Umwelt in Osnabrück geförderten Forschungsvorhabens am IKW wurde die Variante „3.“ vom IKW vorgeschlagen.

Zu den Aussichten erklärte Jürgen Süß in einer Zusammenfassung seines Vortrags, daß zur Vereinfachung der Anlagentechnik mit der Einführung NH₃-löslicher Öle auf Basis synthetischer Polyglykole ein entscheidender Durchbruch erzielt wurde. Halbhermetische Verdichter kleinerer Leistung sind in der Entwicklung. Lösungen technischer Detailprobleme stehen noch aus, wie auch der Nachweis eines dauerhaften Einsatzes. Ebenso sind Sicherheitsaspekte bezüglich z. B. Überschlageschutz beim Einsatz elektrisch leitender Medien letztendlich noch abzuklären.

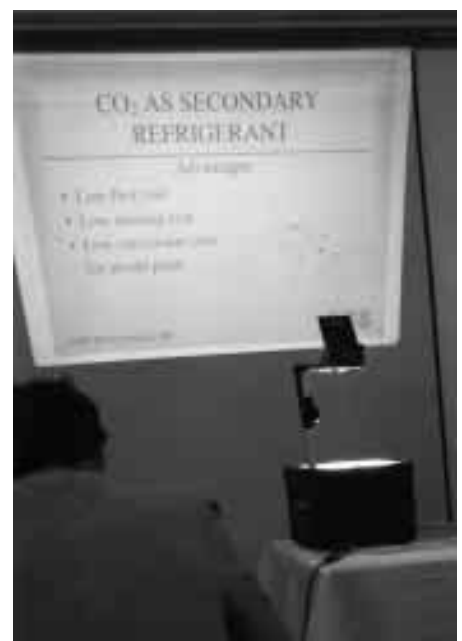
Halbhermetische Verdichter zum Einsatz mit Propan/Propen

Kohlenwasserstoffe wurden schon in der Vergangenheit in Sonderanlagen, z. B. in der Petrochemie oder Tieftemperaturkaskaden, eingesetzt. Sie ha-



Halbhermetische Verdichter eignen sich vorzüglich für Kohlenwasserstoffanwendungen. Dies führte Dipl.-Ing. Stenzel aus dem Hause Bitzer im einzelnen aus. Es gibt keine technische Probleme, wenn man die Grundviskosität des Öles, speziell bei hohen Saugdrücken im Klimabereich beachtet. Denn speziell R 290 (Propan) hat eine außerordentlich hohe Löslichkeit in allen herkömmlichen bekannten Schmierstoffen.

ben kein Ozonabbaupotential (ODP) und nur einen vernachlässigbaren Treibhauseffekt (GWP) bei gleichzeitig günstigen thermodynamischen Eigen-



Dipl.-Ing. L. Rolfman von ABB Refrigeration AB in Norrköping (Schweden) ist der deutschen Supermarkt-Kältebranche schon meilenweit voraus. Bereits Ende August 1995 wurde in Lund (Südschweden) ein Supermarkt von FCKW auf Ammoniak und CO₂ Direktexpansions-Kälte-trägersysteme umgerüstet. Der Vorteil: Fast 50 % Energieeinsparung und Reduktion der laufenden Betriebskosten auf fast die Hälfte. Ist das die eigentliche Lösungsvariante für das 3. Jahrtausend?

schaften. Hierauf wies Dipl.-Ing. Bernd Stenzel aus dem Hause Bitzer in einer Einführung seines Referates hin. Hinzu käme auch die gute Verträglichkeit mit üblichen Werkstoffen und Ölen, die auch den Einsatz von hermetischen und halbhermetischen Verdichtern ermöglichen. Ein wesentlicher Nachteil sei jedoch die Brennbarkeit. Sie bedingt die Beachtung besonderer Sicherheitsvorschriften für Planung, Bau, Betrieb und Wartung solcher Anlagen, die Dr. Arnemann in seinem Referat zu Sicherheitsaspekten schon angesprochen hatte. So wird damit die allgemeine Anwendung eingeschränkt.

In der gewerblichen Kältetechnik besteht ein besonderes Interesse an Propan, da dessen Eigenschaften den Kältemitteln R 12 und R 22 recht ähnlich ist und auch schon ausreichende Erfahrungen über das Stabilitätsverhalten dieses Stoffes in Kältekreisläufen vorliegt.

In seinen Ausführungen ging Stenzel ausführlich auf die chemischen und physikalischen Eigenschaften von R 290 ein, auch auf die günstige Thermodynamik, die einen Einsatz von Propan (R 290) in der gewerblichen Kältetechnik eigentlich favorisieren könnte. Hinzu kommt auch eine deutliche Füllmengenreduzierung, was die Sicherheitsbe-

lange besser kalkulierbar macht. Als Schmierstoffe sind prinzipiell alle herkömmlichen Öle geeignet, d. h. man kann sowohl Mineralöle, Alkylbenzole, Poly-Alpha-Olefine oder Polyol-Ester in Verbindung mit R 290 verwenden. R 290 hat jedoch eine außerordentlich hohe Löslichkeit in diesen Schmierstoffen, so daß eine höhere Grundviskosität des Öles, speziell bei hohen Saugdrücken im Klimabereich, gewählt werden muß. Aus allen von Bert Stenzel beschriebenen Anwendungskriterien, auf die hier nicht ausführlich eingegangen werden kann, resultiert ein breiter Anwendungsbereich für Propan vom Klimateinsatz über die Normalkühlung bis zur Tiefkühlanwendung. Was dieser Positivaussage entgegensteht, daß sind eben die noch nicht für alle Bereiche abgeklärten Sicherheitsaspekte, so sind auch in Europa – von den USA ganz zu schweigen – die sicherheitstechnischen Anforderungen noch zu stark unterschiedlich, um einen Durchbruch für Kohlenwasserstoffe als Kältemittel in gewerblichen Serienanwendungen zu erzielen.

Supermarktkälteanlagen mit Ammoniak und CO₂

Dipl.-Ing. L. Rolfsman von der ABB Refrigeration AB in Norrköping (Schwe-



Dipl.-Ing. Siegfried Haaf aus dem Hause Linde hat inzwischen schon mehr als 20 Supermärkte mit „indirekter“ Kühlung eingerichtet, bei denen im Primärkreislauf nicht Propan (R 290) sondern Propen (R 1270) als Kältemittel verwendet wird, mit dem Linde in Anwendungen der Petrochemie schon über langjährige Erfahrung verfügt. Der Vorteil gegenüber Propan: Der um 20 bis 30 % höhere Saugdruck von Propen im Vergleich mit Propan bewirkt eine entsprechend höhere Verdichterkälteleistung.



Überhaupt gab es hochinteressante Diskussionsbeiträge. Christian Scholz aus Berlin (linkes Bild) forderte belustigt über die Ausführungen von René van Gerwen aus den Niederlanden die „Industrie“ auf, ihre Komponenten „dichter“ zu konstruieren, da Kälteanlagenbauer mit ihrer täglichen Arbeit keine Leckageprobleme an Lötstellen verursachen. Dipl.-Ing. Stenzel (mittleres Bild) verwies in einem Diskussionsbeitrag auf die Ergebnisse des ASERCOM-Symposiums anlässlich der zurückliegenden IKK in Nürnberg, wo im Ergebnis feststand, daß es noch keine kongruente Sicherheitsabdeckung der Produkthaftung bei KW-Kälteanwendungen innerhalb Europas gibt. Von den USA ganz zu schweigen. Dipl.-Ing. Siegfried Laute von ILKA Mafa Halle (rechtes Bild) erinnert daran, daß Mafa schon seit 1992 einen halbhermetischen Ammoniak-Hubkolbenverdichter mit Aluminium-Motorwicklung für industrielle Kälteanwendungen besitzt.

den) berichtete über die erfolgreiche Umrüstung eines Supermarktes in Lund (Südschweden) von bisher FCKW auf Ammoniak und CO₂ als verdampfendem Kälte-träger. Dieser Markt wurde bereits am 30. August 1995 in Betrieb genommen, worüber KK in Heft 11/1995 ausführlich berichtete.

Der bereits zweimal vom schwedischen Naturschutzverband als umweltfreundlichster Laden ausgezeichnete Supermarkt ICA Focus in Lund hat 600 kg FCKW gegen drei vollgekapselte Ammoniak-Kälteanlagen mit jeweils 9 bis 14 kg Füllmenge ausgetauscht. Für den Plus-Kühlbereich wird ein konventioneller Kälte-träger auf Propylenglykolbasis verwendet. Für den Tiefkühlbereich kommt hingegen Kohlendioxid mit einer Temperatur von -33,9 °C zum Einsatz. Der Druck im CO₂-System ist auf maximal 25 bar (-12 °C) ausgelegt. Wird der Druck überschritten, wird ein Teil des Kohlendioxids in die Atmosphäre abgelassen. Dadurch wird das verbliebene CO₂ gekühlt. Der CO₂-Verlust bei Stillstand der Anlage soll 4 bis 6 kg pro Tag betragen.

Die insgesamt in Lund installierte Kälteleistung beträgt 145 kW. Alle Verdampfer und Verflüssiger sind kompakte Plattenwärmetauscher. Der CO₂-Kreislauf ist so gestaltet, daß das Gas, welches von den Gefrierstellen zurückkommt, zunächst einen Speicherbehälter mit 250 kg Propylenglykol durchläuft. Der gut isolierte Speicher hat einen Durchmesser von 1,3 Metern und dient als Sicherheitsreserve beim Stillstand der Kälteanlage. Bei Stillstand kondensiert das in der Anlage befindliche CO₂ im Speicher. Der positive Nebeneffekt bei der vorgenommenen FCKW-Umrüstung: Durch die Verwendung von CO₂ als Kälte-träger konnten die bestehenden Rohrleitungen weiterverwendet werden.

Nach den Ausführungen von Rolfman hat ABB Refrigeration inzwischen weitere Supermärkte in Schweden von FCKW auf Ammoniak/CO₂-Kälte-trägersysteme mit Erfolg umrüsten können. Die höheren Investitionskosten können durch bis zu 50 %ige Energieeinsparungen bald ausgeglichen werden. Zudem ist die Gesetzeslage in Schweden so, daß nach dem Jahr 2001 keine H-FCKW-Kälteanwendun-

gen mehr erlaubt sind und nur noch indirekte Kältesysteme bei Neuanlagen genehmigt werden.

Supermarktkälteanlagen mit Kohlenwasserstoff-Kältemitteln

Dipl.-Ing. Siegfried Haaf konnte auf der Grundlage einer Vielzahl von bereits durch Linde ausgeführten Supermarkteinrichtungen den Trend zu kompakten Kälteanlagen mit indirekter Kühlung nur bestätigen. Linde hat bei der Hinwendung zu natürlichen Kältemitteln, wie sie von den Betreibern von Supermärkten zunehmend gefordert werden, zunächst Erfahrungen mit der Nutzung von Ammoniak als Kältemittel im Primärkreislauf sammeln können, ehe man sich jetzt verstärkt den Kohlenwasserstoffen zugewandt hat. Während die Firma Jacobsen (Hamburg) als erster Kohlenwasserstoff-Anwender im Supermarktbereich im Ostteil Berlins Propan (R 290) als Kältemittel für den Primärkältemittelkreislauf einsetzte (siehe KK 9/1996), verwendete Linde in einem Magnetmarkt in Bad Freienwalde (siehe ebenfalls KK 9/1996) stattdessen Propen (R 1270) als Kältemittel. Die Vorteile von R 1270 (Propen) im Vergleich zu R 290 (Propan):

- Der um 20 bis 30 % höhere Sättigungsdruck von Propen im Vergleich zu Propan bewirkt eine entsprechend höhere Verdichterleistung.
- Mit einem Siedepunkt von -48 °C bei Propen im Vergleich von -42 °C bei Propan kann auch im Tiefkühlbereich Unterdruck sicher vermieden werden. Das Eindringen von Luft in den Kältemittelkreislauf bei eventuell auftretenden Undichten ist dadurch ausgeschlossen.
- Trotz der höheren Drucklage von Propen im Vergleich zu Propan sind die Drücke auf der Hochdruckseite nur etwa auf der Höhe von R 22 und stellen somit keinerlei Probleme dar.
- Vergleichsmessungen mit serienmäßig verfügbaren halbhermetischen Verdichtern haben gezeigt, daß im Bereich der Tiefkühlung die Gütegrade mit Propen deutlich über diejenigen mit Propan liegen.

Als Kälte- und zugleich Wärmeträger (Abtaukreislauf) verwendet Linde ein lebensmitteltaugliches Fluid aus Ethylenglykol-Wasser. Nach dem Konzept „Bad Freienwalde“ sind seit August

1996 mehr als 20 weitere Supermarkteinrichtungen erstellt worden.

Die Erwartungen von Greenpeace, daß nunmehr auch im Supermarkt-Bereich Kohlenwasserstoffe als Kältemittel generell Verwendung finden werden, konnte Siegfried Haaf aus der Sicht von Linde nicht bestätigen. Auf hartnäckiges Befragen von Wolfgang Lohbeck (Greenpeace) konnte sich Haaf nicht bereit finden, den Anteil von Kohlenwasserstoff-Anwendungen im Bereich der Gewerbekühlung mit mehr als 1 % einzuschätzen.

Abschließende Bemerkungen des Autors

Gerade die Schlußbemerkungen von Siegfried Haaf machen deutlich, daß von einem Durchbruch der Kohlenwasserstoff als „natürliche“ Kältemittel in der Gewerbekälte überhaupt keine Rede sein kann. Unabhängig von der „1 %-Einschätzung“ für die Supermarktanwendung muß man eigentlich eingestehen, daß es sich bisher lediglich um eine Nischen-Technologie handelt, die in nur ganz wenigen Ländern (Deutschland und Skandinavien) ihre technischen und ökologischen (in dieser Reihenfolge) Liebhaber hat. Viel wichtiger ist es jedoch, daß der Seminarverlauf gezeigt hat (einmal wieder hat nur eine Handvoll „handwerklicher“ Kälteanlagenbauer an dieser Veranstaltung teilgenommen), daß sich der Kälteanlagenbauer mittelfristig von den in der Gewerbekälte gewohnten Verbundanlagensystemen mit Direktverdampfung und großen Kältemittel-Füllmengen – und auch wahrscheinlich endgültig – verabschieden muß. Ohne den Gorbatschow-Spruch zu strapazieren, steht fest, daß nur derjenige in Zukunft am Markt Bestand haben wird, der es versteht, eine Energiesparteknik für jeden Einzel-Anwendungsfall zu entwickeln, die den Nachweis einer schonenden Umweltrelevanz erbringt. Dies wird sich durch Einfallsreichtum und technisches Grundlagenwissen am ehesten auszeichnen. Dem XVIII. FKW/FKU-Seminar gehört ein großes Lob und qualitative Hochachtung ausgesprochen, die Veranstaltung hat sich für alle Teilnehmer wohl auch gelohnt, wie sich vielleicht auch aus der Ausführlichkeit dieser Berichterstattung ableiten läßt.