

DKV-Tagung 2000

3750 Minuten Fachinformationen in Bremen



125 Fachvorträge bedeuteten während der letzten DKV-Tagung Ende November 2000 in Bremen einen neuen Rekord. Dies gilt auch für die während dieser Zeit gelieferten Fachinformationen. Vor allem in den Arbeitsabteilungen II.2 und III gab es zahlreiche praxisorientierte Referate zu kälte-technischen Anwendungen zu hören, die die folgende Fortsetzung im wesentlichen zusammenfaßt und gleichzeitig die Berichterstattung über die zurückliegende Tagung abschließt¹.

Den Einstieg in das Tagungsgeschehen lieferte am Donnerstag morgen die Bundesfachschule Kälte-Klimatechnik in Maintal zum Thema **Fort- und Weiterbildung in der Kälte- und Klimatechnik**. Ein Novum, denn damit wurde auf der DKV-Tagung erstmals eine Brücke hin zum Kälteanlagenbauerhandwerk geschlagen und ganz bestimmt war der Gemeinschaftsvortrag von Manfred Seikel (Geschäftsführer der BFS) Dietmar Schittenhelm (Schulleiter in Maintal) und Jörg Peters (Schulleiter in Niedersachswerfen) auch von großem Interesse für die anwesenden Industrievertreter. An der BFS gibt es neben der Meisterausbildung seit

einiger Zeit nämlich auch die Möglichkeit, sich zum staatl. gepr. Techniker ausbilden zu lassen². Ein Berufsbild, daß schon heute eine große Nachfrage erfährt, ist der Mangel an Ingenieuren für Komponenten-/Systemhersteller, Planer, etc. doch mittlerweile ein großes Problem. „Meister – Monteur – Manager“ war dann auch der Slogan, der sich durch den gesamten Vortrag zog und Seikel informierte, daß heute schon zahlreiche Techniker-Absolventen in ingenieurähnlichen Positionen beschäftigt werden – mit großer Zufriedenheit von allen Seiten. Alles in allem wurden im vergangenen Jahr über 2000 Fach- und Führungskräfte an der BFS ausgebildet.



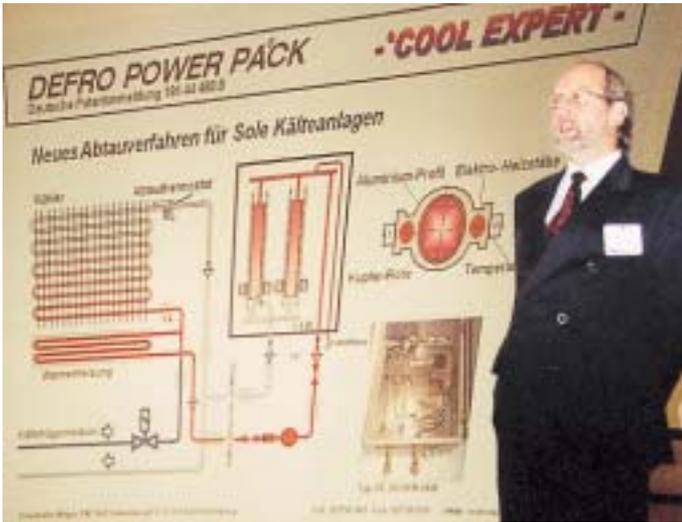
BFS-Geschäftsführer Manfred Seikel machte den Einstieg in den Gemeinschaftsvortrag der Bundesfachschule Kälte-Klimatechnik

Die Praxis der Kältetechnik

Die **Verbesserung von Abtauprozessen** beschäftigt immer wieder Spezialisten, geht es doch dabei um die Senkung des Energieverbrauches, den der latente Wärmeinhalt des Eises erfordert. Es geht um die Qualitätsverbesserung des Kühlgutes und um den schadfreien Ablauf des Schmelzwassers. Ein Spezialist für dieses Metier ist Friedhelm Meyer, Cool Expert GmbH, Bad Berleburg, der über den von ihm entwickelten DefroPowerPack[®] berichtete. Er stellte dabei die Anwendung bei der Umrüstung von der elektrischen Abtauung von Solekälteanlagen mit Vierleitersystem auf dieses neue System in den Mittelpunkt. Die Abtauwärmequelle bleibt die Elektroenergie, allerdings wird diese viel intensiver als bei der konventionellen Lösung genutzt. Während es beim üblichen Soleabtausystem nach einem Zeitprogramm gesteuerte getrennte Kälte-träger- und Wärmeträgerkreisläufe gibt, wird nunmehr die Sole im Bypaß zum Strömungsweg im Kühlfall erwärmt und durch die Kühlrohre sowie zusätzlich vorher durch eine Wannenheizung geleitet. Auf diese Weise erfolgt das Abtauen von innen und außen, es bleibt kein Resteis, das von der Rohrrinnenwärme schlecht erreicht wird und die Temperaturunterschiede an den verschiedenen Stellen des Verdampfers schrumpfen von früher über 30K auf nur noch 2K. Für die elektrische Soleerwärmung wird ein Spezialheizer mit geringem Solevolumen und sehr gutem Wärmekontakt zwischen Heizer und Sole verwendet.

¹ Zwei ausführliche Beiträge über die DKV-Mitgliederversammlung und die Eröffnungssitzung inkl. dem studentischen Rahmenprogramm erschienen in KK 1/01, zu finden im Internetarchiv unter www.shk.de/kaelte

² Über das komplette Bildungsangebot der BFS informierte ein ausführlicher Beitrag in KK 8/00



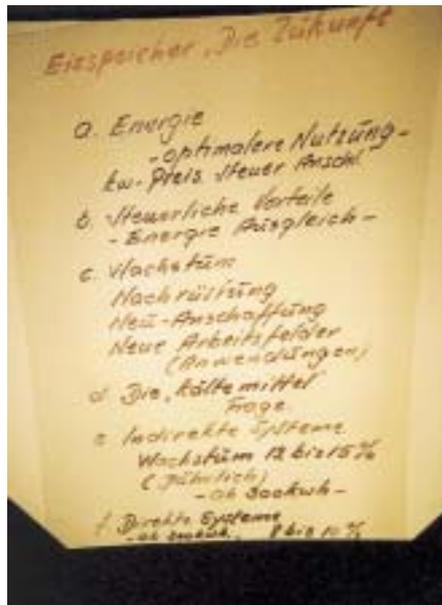
Das Abtausystem DEFRO POWER PACK® reduziert den Energieverbrauch und verbessert die Kühlqualität

Die Steuerung erfolgt mit dem Regler Kübatron QKL. Am Beispiel, das im Vortrag herangezogen wurde, konnte eine Abtauenergieeinsparung von über 10 % erreicht werden. Dazu kommen die Vorteile der geringeren Investitionskosten, der verbesserten Kühlgutlagerbedingungen und der schonenderen Solebehandlung.

Über Vorteile der verbesserten **Spray-Chiller** der APL Apparatebau GmbH, Dormagen, sprach Rainer Dalibor. Das Ammoniak als Kältemittel befindet sich im Mantelraum des Rohrbündelapparates, während das zu kühlende Medium Sole in den Rohren strömt. Das Kältemittel wird an der höchsten Stelle des Verdampfers durch Düsen fein versprüht, benetzt alle Rohre gleichmäßig und verdampft dabei. Der unverdampfte geringe Rest sammelt sich im Sumpf und wird zu den Düsen zurückgeführt. Dies führt zu einer verhältnismäßig geringen Kältemittelfüllung und zu einem dichtungsfreien Abschluß des Kältemittels gegenüber der Umwelt.

Durch diese Konzeption kommt es zu einer trägheitsarmen Anpassung der Verdampferleistung ohne Nachverdampfung bei Lastschwankungen. Es kommt auf eine solche Anordnung der Düsen an, daß sich keine trockenen Stellen auf den Rohroberflächen bilden. Wenn alles optimal ausgeführt ist, ist der thermische Vergleich mit Plattenverdampfern standhaft. Man erreicht sehr geringe Temperaturdifferenzen und kann die Verdampfungstemperatur bis nahe am Solegefrierpunkt heranzufahren. Eine versetzte Rohrteilung wurde als günstigere Lösung gegenüber der fluchtenden gewählt. Bei kleiner Leistung liegt konvektives Sieden vor, während bei großer Leistung Blasensieden auftritt. Dann ist der Berieselungsverdampfer besser als der überflutete. Es konnte eine k-Wert-Verbesserung von 15 % ermittelt werden.

Über seine **Erfahrungen im Eisspeicher-Geschäft** berichtete Hubert de Vries von der Vritherm GmbH, Leinfelden-Echterdingen. Er ging auf deren Bedeutung, vor allem für den Bereich der Klimatechnik ein und verdeutlichte, wie sich diese Systemtechnologie im Verlauf der Jahre entwickelt hat (die erste Eisspeicheranlage wurde bereits 1893 in Louisiana gebaut), bzw. was in Zukunft von Bedeutung sein wird. So beispielsweise der von seinem Unternehmen entwickelte „Speedomatik“-Eisspeicher zur Speicherung und gleichzeitigen Leistungsentnahme. „Ich würde mich zukünftig über eine einheitliche Terminologie sowie vergleichende Leistungsmessungen für Eisspeicher freuen“, lautete der abschließende Kommentar von de Vries.



Unkonventionell präsentiert wurden die Zukunftsbetrachtungen für Eisspeicher von Hubert de Vries

CO₂ in unterschiedlichen Anwendungen

Die CO₂-Anwendungen verlassen mehr und mehr das Feld der Forschung und beginnen, sich in der Praxis zu bewähren. Das spiegelte sich in den Vorträgen der letzten Tagung deutlich wider, wobei die Nutzung im überkritischen Verdichterkälteprozess, in der Niederdruckstufe von Kaskadenanlagen und als verdampfender Kälte-träger nebeneinander existieren.

Eine interessante und mit CO₂ als Kälte-träger vorteilhafte Anwendung am Beispiel einer **Kunsteisbahn** stellte Dr. Alfred Erhardt von der Sulzer-Escher Wyss GmbH, Lindau, vor. Dabei sind die Anforderungen nicht einfach zu erfüllen, da die Eiseigenschaften für Sportbedingungen, nämlich Gleitfähigkeit und Gleichmäßigkeit, sehr von der Einhaltung der Temperatur in engen Grenzen abhängig sind. Für Sport-, Eiskunstlauf- und Publikumsnutzung sind dabei jeweils andere Temperaturspannen einzuhalten. Die Kälteanlage hat das Eis aufzubauen, zu erhalten und das Sprühwasser zur Regenerierung zu gefrieren.

Bei der Anlagengestaltung stehen Direktverdampfung und Kälte-trägersysteme im Wettbewerb, wobei Ammoniak direkt in Hallen ausscheidet. Da Ammoniak aber die beste Auslegung ergibt, muß dies indirekt geschehen. Die Sole führt zu einem Mindest-Dt und hat wegen der Wärmeaufnahme im sensiblen Bereich einen Temperaturgradienten mit allen Nachteilen für die Gewährleistung der engen Temperaturgrenzen des Eises. Um im latenten Bereich arbeiten zu können, müßte man Eisbrei mit Alkohol oder CO₂ verwenden, wobei eine Analyse ergibt, daß CO₂ alle Anforderungen am besten erfüllt. So wurde 1998 die erste Kunsteisbahn mit diesem Kältemittel ausgerüstet. Mit dünnen Rohren konnte ein guter k-Wert erreicht werden.

Der energetische Vergleich fällt zwischen NH₃ direkte Kühlung mit 1, CO₂ als Kälte-träger bei indirekter NH₃-Anlage mit 1,08...1,12 und Glykol als Kälte-träger mit 1,25...1,40 aus. Der zulässige max. Betriebsdruck liegt bei 36 bar, der normale Betriebsdruck bei 27 bis 31 bar. Es wird eingeschätzt, daß die spezifischen CO₂-Bedingungen beherrschbar sind. Inzwischen wurde auch ein Umbauprojekt von NH₃ direkt in ein indirektes CO₂-System verwirklicht, bei dem der Betrieb völlig unproblematisch ist.



Dr. Alfred Erhardt schildert die Konzeption des NH₃-CO₂-Eisbahn-kälteanlage

Über den Bereich der **Schmierstoffe für CO₂** informierten Jörg Fahl von der Fuchs DEA Schmierstoffe GmbH & Co. KG, Hamburg und Alexander Hauk von der Ruhr-Universität Bochum. Mit einer speziellen Hochdruckzelle konnten für den transkritischen Prozeß vor allem die Polyolester-Öle (POE) aufgrund ihrer guten Mischbarkeit identifiziert werden. KK 11/00 informierte hierzu bereits im Vorfeld der DKV-Tagung mit einem ausführlichen Beitrag als Fortsetzung einer mehrteiligen Serie über Schmierstoffe auf Basis synthetischer Ester.

CO₂ im Auto

Zum Kältemittel CO₂ ging es weiter mit dem Dauerbrenner **Kraftfahrzeugklimaanlagen**. Dr. Ullrich Hesse von der Robert Bosch GmbH, Stuttgart, sprach auch für Dr. Michael Arnemann von der Zexel GmbH, Ludwigsburg, zum Kraftstoffverbrauch eines Fahrzeuges mit CO₂-Klimaanlage. Es wurden Versuche im Windkanal mit unterschiedlichen Fahrprogrammen mit vergleichbaren Bedingungen für die Kältemittel R 134a und CO₂ durchgeführt.

Die Fahrprogramme waren nach unterschiedlichen Lastbedingungen und typischen Klimaanforderungen gegliedert, so daß man für die gesamte Palette des Einsatzes Vergleichsangaben entnehmen kann. Der CO₂-Verdichter war gegenüber dem 1999er Modell weiter verbessert worden, wobei die Einzelheiten des Verdichters aber ungenannt blieben. Bei den Wärmeübertragern wurde der Druckverlust reduziert. Die Auswertung erfolgte sowohl unter dem Gesichtspunkt vergleichbarer Kälteleistungen als auch nach

In der anschließenden Diskussion wurde auf die Problematik des Zusammenstehens der beiden Stoffe NH₃ und CO₂ im eventuell undichten Wärmeübertrager hingewiesen, da dann verstopfende Reaktionsprodukte entstehen. Dies muß natürlich durch Qualitätsarbeit verhindert werden.

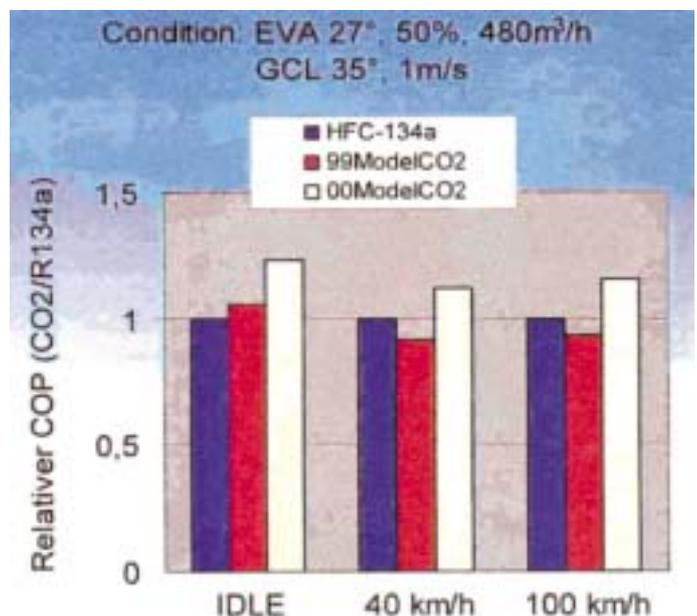
In ähnlicher Weise hat der Nestlé-Konzern mit seiner Kältemittelstrategie den **Einsatz von CO₂ als Kälteträger in der Tieftemperaturstufe** favorisiert. Ammoniak ist in dieser Strategie zwar das Kältemittel Nr. 1, aber CO₂ gewinnt als verdampfender Kälteträger an Bedeutung. In Frankreich wird dies durch die gesetzlichen Regelungen zur Füllmengenbegrenzung bei Ammoniak zusätzlich herausgefordert. Nachdem während der Tagung 1999 die prinzipielle Strategie vorgestellt worden war, sprach Holm Gebhardt im letzten Jahr über ein ausgeführtes Projekt einer NH₃-CO₂-Kaskadenanlage mit CO₂ als verdampfendem Kälteträger³.

Ein **CO₂/NH₃-Kaskadensystem** für 1600 kW Kälteleistung bei -35 °C beschrieb Dr. Forbes Pearson, Star Refrigeration Ltd. in Glasgow. Bei Verwendung einer Kaskadenschaltung ergeben sich nach seiner Erfahrung die größten Vorteile durch die Kompaktheit der CO₂-Niederdruckstufe, besonders durch den kleineren Verdichter und die geringeren Rohrleitungsdurchmesser. Dazu kommt die bessere energetische Effektivität der Niederdruckstufe. Die Ammoniakfüllung ist signifikant geringer als bei einer zwei-

stufigen Ammoniakanlage und dadurch ist die Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften für Ammoniakanlagen deutlich einfacher. Pearson sprach sich auch für die Verwendung von CO₂ als Kälteträger und für die Heißgasabtauung aus. Er schloß mit der bemerkenswerten Einschätzung, daß die CO₂-Anwendung für Fachleute unproblematisch ist.

Auch Dr. Michael Kauffeld vom Dänischen Technologischen Institut in Aarhus beschäftigte sich in seinem mit Kim Gardø Christensen gemeinsam erarbeiteten Vortrag mit einem **Kaskadensystem mit CO₂ in der Tieftemperaturstufe**. Diese Tieftemperaturstufe ist mit einem Propan-Sole-System für die Normalkühlung gekoppelt und für einen kleinen Supermarkt ausgeführt.⁴

COP-Vergleich von CO₂- und R 134a-System bei gleicher Kälteleistung



³ Dieses Projekt wird in einer der nächsten KK-Ausgaben ausführlich vorgestellt.

⁴ Der Vortrag „CO₂ und Propan im Supermarkt“ wurde in der letzten KK 1/01 veröffentlicht.

Einsatzorten. Während die COP-Werte wirklich die Effektivität der Kälteerzeugung bewerten, ist der Vergleich des gesamten Kraftstoffverbrauches für Klimaanlage und Antrieb weniger signifikant. Am Ende konnte eingeschätzt werden, daß im Leerlauf und bei hohen Umgebungstemperaturen ein Mehrverbrauch bei Fahrzeugen mit CO₂-Klimaanlagen gegenüber R134a auftritt, während der Jahresdurchschnittsverbrauch mindestens gleichwertig ist. Dem liegt eine Jahresbilanz von 446 Fahrstunden mit 168 Klimastunden zu Grunde.

Die Effektivität von CO₂-Systemen kann verbessert werden, wenn man die **Expansionsenergie** nutzt und in den Prozeß einbindet. Darüber wurde bereits auf früheren DKV-Tagungen berichtet, und auch diesmal traten zwei Referenten zu dieser Thematik ans Rednerpult. Zu einem Thema der Nutzung dieser Energie auf der Basis eines modifizierten Axialkolbenverdichters berichtete Rudolf Heidelck gemeinsam mit Prof. Dr. Horst Kruse vom FKW Hannover. Durch die Kombination von Verdichter und Expander in einer Maschine ergibt sich eine optimale Nutzung der verfügbaren Energie. Das Verbesserungspotential liegt bei der Klimatisierung bei 66 % und im Wärmepumpenprozeß bei 47 %, praktisch können 43 % und 28 % ausgeschöpft werden. Die erforderliche Zwangssteuerung der Ein- und Auslaßorgane der Expansionsmaschine bildete das zentrale Thema. Mit einer rotierenden Steuerscheibe läßt sich diese Aufgabe lösen. Im praktischen Versuch wurde eine eigenständige Axialkolbenmaschine für eine Gaskühlerleistung von 15 kW erprobt, wobei aber zum Ausdruck gebracht wurde, daß komplette Verdich-

ter-Expander-Einheiten angestrebt werden, um kompakte und wirtschaftliche Einheiten zu erhalten.

Mit der CO₂-Expansion befaßte sich auch Dr. Jürgen Süß von Danfoss A/S, Nordborg. Dabei sah er das Potential der gewinnbaren Arbeit gegenüber seinem Vorredner eher begrenzt und nannte 25 % als mögliche Werte. Bei -15/+30 °C tritt kein Effekt bei CO₂ mehr ein. Dagegen ist der Realisierungsaufwand für eine funktionierende Expansionsmaschine mit isentroper arbeitsleistender Expansion nicht unerheblich und es ist eine realistische Kosten-Nutzen-Betrachtung erforderlich. Da das Ergebnis nicht immer zu Gunsten der arbeitsleistenden Expansion ausfallen wird, beschäftigt sich Danfoss auch mit Expansionsventilen für die isenthalpe Expansion auf der Grundlage von Proportionalventilen. Süß konnte zwei Varianten vorstellen, direktgesteuert für kleine Leistungen und vorgesteuert für größere Leistungen. Seine Gesamteinschätzung entspricht der Realität des Entwicklungsstandes der CO₂-Kältetechnik: Das Thema ist nach seiner Auffassung noch nicht abgeschlossen und bislang werden viel mehr Papers auf Tagungen dargeboten, als damit Geld verdient wird.

Im weitesten Sinne zum Thema CO₂ gehörte auch die Betrachtung von Winfried Schwarz, Öko-Recherche GmbH, Frankfurt, der sich mit der Prognose der **Emissionen von Kältemittel aus Kraftfahrzeugklimaanlagen** befaßte. Bei Beibehaltung von R134a als Kältemittel für diese Anwendungen wird das gegenwärtige Minderungsszenario für Deutschland lediglich dazu führen, daß die äquivalente CO₂-Belastung der Atmosphäre nach 2010 bei 4,5 Mio t CO₂-Äquivalent verharren



Rudolf Heidelck zeigte die Steuerungsmöglichkeiten der Axialkolben-Expansionsmaschine



Dr. Jürgen Süß stellte die beiden Varianten der Danfoss-Konzeptstudie für Proportional-Expansionsventile vor

wird. Das Abnehmen der Belastung könnte zum gleichen Zeitpunkt eintreten, wenn die Kraftfahrzeuganlagen bald auf das Kältemittel CO₂ umgestellt werden. Dann könnte sich ergeben, daß ab 2020 keine treibhauswirksamen Emissionen mehr auftreten. Die Chance dafür begründet sich nach Auffassung des Referenten vor allem auf innovative Ingenieurleistungen. Eine Bedingung dafür ergibt sich aus dem Vortrag von Hesse und Arnemann, nämlich das Erreichen eines zumindest gleichwertigen Kraftstoffverbrauches der neuen Systeme. Ein Problem sah Schwarz noch in der Altautoverwertung ohne Umweltbelastung, wofür gegenwärtig keine zuverlässige Voraussage möglich ist.

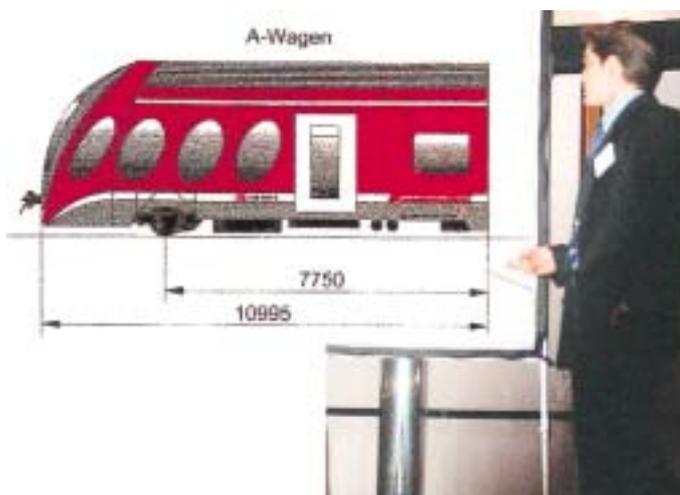
Die Umstellung von Kraftfahrzeugklimaanlagen auf CO₂ ist aber durchaus noch keine beschlossene Sache. Das drückten Martin Konz und Prof. Dr. Hinrich Holdack-Janssen von der FH-Braunschweig-Wolfenbüttel in ihrem Bericht zum SAE-Phoenix-2000-Symposium aus. Sie schlußfolgern, daß der hohe Entwicklungsstand eine Umsetzung in die Serie zulassen würde, daß aber noch **Standards und Vorschriften** fehlen, die den weltweiten Einsatz erlauben. Weitere Untersuchungen zur Sicherheit der Anlagen und für Regeln und Anleitungen für Servicearbeiten seien notwendig. Auf Vorschlag des SAE soll für die Koordinierung dieser Arbeiten ein Komitee eingesetzt werden.

Es gab noch weitere Vorträge zu CO₂-Anlagen für Pkw (Valeo, Daimler-Chrysler) und zu Komponenten (Aeroquip, Armaturenfabrik Hermann). Zur gesamten Thematik CO₂-Anwendung läßt sich eine vorsichtige Schlußfolgerung ziehen:

- CO₂ ist ein Kältemittel der Gegenwart und der Zukunft,
- die Gegenwart wird durch Anwendung in der Tiefkühlstufe von Kaskadenkälteanlagen und als verdampfendem Kälteüberträger bestimmt,
- die Zukunft liegt voraussichtlich im Bereich der Fahrzeugklimaanlagen mit Bus und Pkw als Schwerpunktanwendung.

Fahrzeugklimatisierung ist nicht nur Kfz

Dabei steht der Eisenbahnwagen in den Anforderungen ganz vorn. Das machte Peter Fiedler von der Alstom LHB GmbH, Salzgitter, in seinem Übersichtsvortrag über deren Klimatisierung deutlich. Die Geschichte der **Bahnklimatisierung** reicht vom natürlichen Belüften des noch nicht elektrifizierten Wagens bis zur Vollklimaanlage mit Betrieb an einer stabilen Zugsammelschiene als Energieversorger. Die Anlagenbauer müssen dabei zumindest in Europa vier unterschiedliche Bahnstromversorgungen bewältigen, was entweder zu Lösungen für nur jeweils ein System oder zu Universallösungen führt. Der Energieversorgungsblock ist die Koppelstelle zwischen der Zugsammelschiene und der Klimaanlage und die Leistungsfähigkeit der Zugsammelschiene reicht bei der Leistungsaufnahme der Klimaanlage entsprechend den europäischen Bedingungen für die Versorgung von maximal 14 Wagen. Die meisten Wagenbauer verlangen heute nicht mehr eine bestimmte Kälteleistung vom Klimaanlagenlieferanten, sondern die Gewährleistung der Innenraumbedingungen entsprechend der gültigen Standards oder spezifisch definierter Bedingungen. Die Zuluftmenge wird durch den Außenluftanteil zur Gewährleistung der Luftqualität und den Umluftanteil zur Sicherung der vereisungsfreien Verdampfung und erforderlichen Entfeuchtung bestimmt. Ein Beispiel für eine innovative Lösung eines Zuges und einer Klimaanlage ist der bereits als Prototyp verfügbare Zug LIREX® (leichter innovativer Regionalexpreß) von Alstom.



Peter Fiedler präsentierte den Steuerwagen des klimatisierten Regionalexpreßzuges LIREX®

Dieser Zug ist nicht nur außergewöhnlich gestaltet, er besitzt auch eine neuartige Antriebstechnik und eine Klimaanlage nach dem zur Umgebung offenen Unterdruckprozeß. Nachdem der ICE 3 mit einer geschlossenen Überdruckanlage ausgerüstet wurde, konnten die dabei gewonnenen Erfahrungen zu dieser Lösung mit weniger Komponenten und zusätzlicher Abenergienutzung einfließen und eine demgegenüber verbesserte Kaltluftanwendung realisieren.

Eine andere Seite der Bahnklimatisierung behandelten Tim Berlitz und G. Matschke vom Forschungs- und Technologiezentrum der DB AG in München. Sie sprachen über die Ergebnisse der **computergestützten Simulation der Innenraumströmung in Schienenfahrzeugen**. Ausgangspunkt sind dabei die Forderungen nach thermischer Behaglichkeit für die Passagiere während ihres Aufenthaltes im Wagen. Die Simulation

der Bedingungen soll weitgehend die bisher vorherrschende experimentelle Arbeit auf diesem Gebiet einschränken oder ersetzen und damit die Entwicklungszeiten reduzieren und Kosten für die Fertigung von Strömungsmodellen der Fahrzeuge schon im Entwurfsstadium reduzieren. Am Beispiel des TALENT genannten Dieseltriebzuges VT 643 wurden Bedingungen und Ergebnisse der Simulation dargestellt.

Der Innenraum mit Dachklimaanlage und Seitenwandkonvektoren wurde in vereinfachten Geometrien durch 900 000 Volumenelemente nachgebildet und in die Modellrechnung eingeführt. Die Validierung erfolgte im Klimawindkanal in der Fahrzeugversuchsanstalt Wien-Arsenal. Es gab gute Übereinstimmung für den Innenraum und größere Abweichungen in den Randbereichen. Die Betrachtung nur einer Wagenseite der in Längsrichtung symmetrischen Wagen hatte keinen nachteiligen Einfluß. Als wesentlicher Vorteil wurde die Nutzung mit ausreichender Genauigkeit bei der Parametervariation eingeschätzt. Zukünftig will man das Modell um die Simulation der CO₂-Verteilung im Wageninneren und der Feuchte erweitern. Endziel wäre die Integration der Behaglichkeitsbedingungen nach Fanger.

Zur ähnlichen Thematik bei Kraftfahrzeugen unter Einschluß der **Klimaanlagensimulation** sprachen Dr. Dieter Schlenz von der BMW AG, München, Bertram Seydell von der VW AG Nutzfahrzeuge, Wolfsburg, und Josef Hager von der Steyr Daimler Puch AG in Österreich. Alle haben das Ziel, den Entwicklungsaufwand zu reduzieren und damit die Zeiten zu verkürzen.



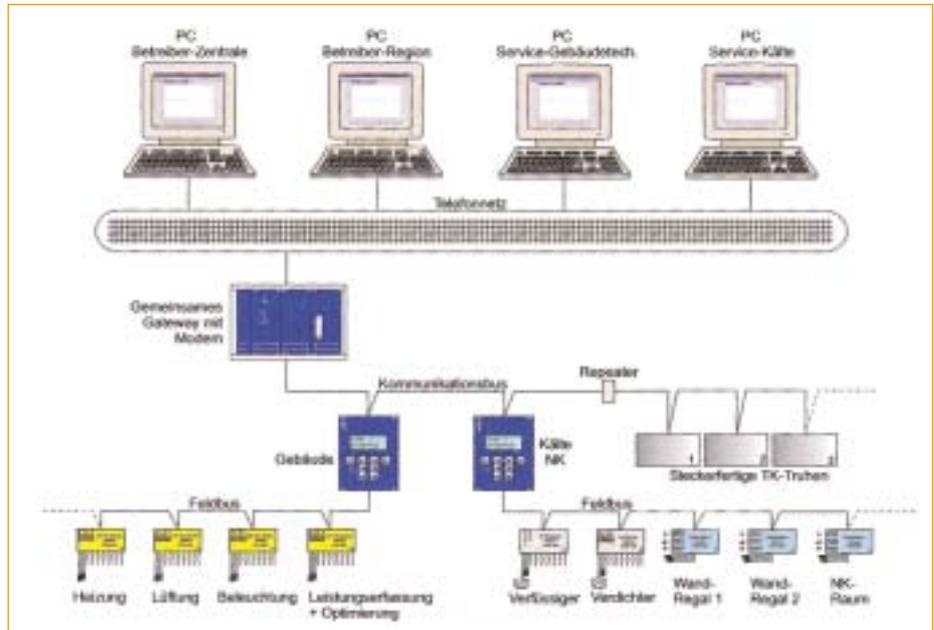
Das Objekt der Untersuchungen des Technologiezentrums der DB war der Nahverkehrszug VT 643 TALENT

Die Fahrzeugklimatisierung mit einer Kaltluftanlage untersuchte das FKW Hannover, und Prof. Kruse und Carmen Stadtländer trugen den erreichten Erkenntnisstand dazu vor. Nach Analyse des Einsatzes von Luft als Kältemittel unter besonderer Berücksichtigung des ersten realen Einsatzfalles einer Fahrzeug-Kaltluftanlage im Hochgeschwindigkeitszug ICE 3 mit den Bedingungen guter LCC-Werte wurde der Bereich kleinerer Leistungen, wie sie z. B. für Fahrerkabinen von Nutzfahrzeugen benötigt werden, näher betrachtet. Als Schlußfolgerung ergab sich, daß für diesen Leistungsbereich keine Turbomaschinen mehr in Betracht kommen, sondern daß die im FKW schon vielseitig untersuchte Druckwellenmaschine das Potential erschließen könnte.

Der isentrope Gütegrad der Druckwellenmaschine mit Werten über 0,92 führt zu Gesamtgüte- bzw. Wirkungsgraden für Verdichtung und Entspannung von jeweils ca. 0,7. Daraus folgen theoretische Werte für COP von 0,5–0,6 und bei der Drehzahl der Druckwellenmaschine von 13 000 U/min wirkliche Werte von höchstens 0,35. Die weitere Optimierung der Geometrie der Druckwellenmaschine kann den Kaltluftprozeß für den genannten Anwendungsfall nach Auffassung der Referenten wettbewerbsfähig machen, wenn auch die Frage des Dieselmotorwirkungsgrades bei der Arbeitsweise ohne seinen Turbolader zunächst nicht mit betrachtet wurde. Denn natürlich kann man das Abgas nur einmal nutzen. Die Fortführung der Arbeiten wird sich auch den dynamischen Fragen des Prozesses zuwenden.

Moderne Kommunikationstechniken

Leider erst im letzten Veranstaltungsblock am Freitag Nachmittag gab es dann noch einmal hochinteressante Informationen über eines der wohl wichtigsten Zukunftsfelder in der Kältetechnik: Der **Einsatz moderner Kommunikationstechniken zum energieoptimierten Management von Kälteanlagen**. Hierzu lieferte Dr. Peter Wurm von der Gustav Wurm GmbH, Remscheid, ein Beispiel aus dem Lebensmittelbereich. Dort werden zukünftig auch bei kleinen und mittleren Verkaufsflächen von Lebensmittelketten



Ein modernes Energiemanagement integriert in die Gebäudetechnik selbstverständlich auch das Kältesystem

immer häufiger die haustechnischen Gewerke mit **feldbusvernetzten Steuer- und Regelsystemen** verknüpft, um Lastspitzen abzufangen. Dies kann prädictiv, also vorausschauend, geschehen und eine Kälteanlage ist aufgrund ihres relativ trägen Verhaltens hier sehr gut geeignet, um Lastspitzen zu unterdrücken. Die Folge eines solchen ganzheitlichen Managements von Kälte- und Gebäudetechnik sind günstigere Tarife und Energieverbräuche, was letztendlich dem Betreiber zugute kommt.

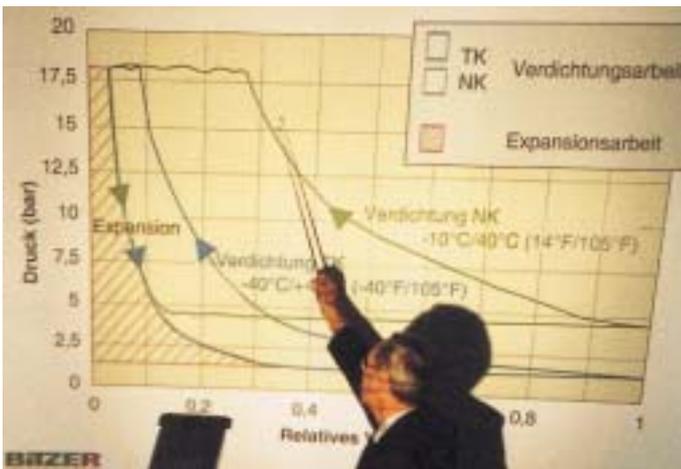
Was die Kommunikation anbelangt, so kann in Zukunft das **Internet als Standard für den Fernservice** eine zentrale Rolle spielen. Welche Möglichkeiten dadurch zur Verfügung stehen werden, erläuterte Andreas Diehl von der Transferstelle für Kältetechnik an der Universität Kaiserslautern. Das vorrangige Ziel hierzu ist es, eine einheitliche Sprache zu finden, was auch Gegenstand eines aktuellen Forschungsprojektes für ein plattformunabhängiges Kommunikationsprotokoll für die Internettechnologie in der Leittechnik ist. Darauf aufbauend wird derzeit ein „virtueller Supermarkt“ in Zusammenarbeit mit der Firma Wurm aufgebaut, um ein solches Informationsmodell auch für die Kältetechnik zu erstellen. Letztendlich können alle Aufgaben, die derzeit noch via Modem bewältigt werden, ergänzt durch die zusätzlichen Möglichkeiten des Internets zukünftig wohl über das Netz der Netze erledigt werden.



Andreas Diehl von der Transferstelle Kältetechnik untersucht derzeit die Möglichkeiten des Internets als Standard für den Fernservice

Was es noch zu hören gab

Kältemittelverdichter gehören immer zur Thematik der DKV-Tagungen. In diesem Jahr beschäftigte sich u. a. Wolfgang Sandkötter von der Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH, Sindelfingen, damit, indem er hochentwickelte Kolbenverdichter mit Schrauben- und Scrollverdichtern verglich. Dabei konnte er bei den Kolbenverdichtern auf die Kennwerte der Octagon-Baureihe zurückgreifen. Die Hubkolbenverdichter sind gut dicht, so daß sie in der Kälteanwendung, d. h. bei größeren Druckdifferenzen am Kolben, nach wie vor dominieren. Die Scrollverdichter erweisen sich wegen der verhältnismäßig gleichmäßigen Verdichtung und der fehlenden Arbeitsventile trotz ihrer geringeren inneren Dichtheit und der festen Auslaßgeometrie als vorteilhaft für Klimaanwendungen und die Schrauben für größere Leistungen im gesamten betrachteten Einsatzbereich mit der Möglichkeit der Economiserschaltung.



Wolfgang Sandkötter erläuterte den Arbeitsprozeß des Kolbenverdichters bei kleinem (NK) und großem (TK) Druckverhältnis

Die andere Seite des Kälteprozesses, nämlich die Entspannung, war Inhalt der Ausführungen von Klaus Hartmann von der Carrier GmbH in Unterschleißheim. Er stellte den **Expressor** seines Unternehmens vor, dessen Aufgabe darin besteht, die Expansionsarbeit für die Verdichtung nutzbar zu machen – das Ganze in einer Maschine für beide Funktionen. Dabei ist im konkreten Fall der Expander eine Schraubenmaschine und der Kompressor eine Turbomaschine, beides gekoppelt in einem Hermetikaggregat für das Kältemittel R 134a. Durch Simulationsrechnungen konnte die stabile Funktion des Aggregates im gesamten Leistungsbereich vorausgesagt werden. Der Arbeitsgewinn liegt in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen zwischen 2,5



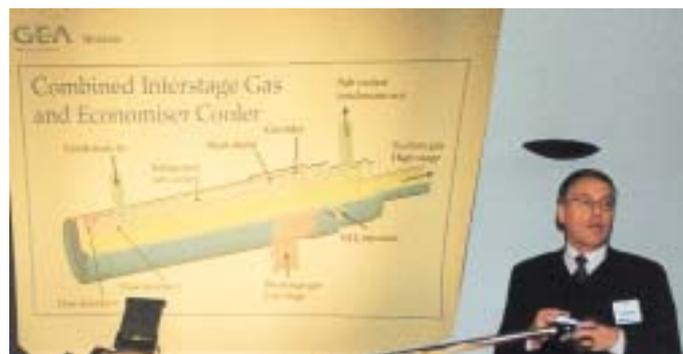
Klaus Hartmann will mit dem Expressor mit niedrigerer Antriebsenergie Betriebskosten der Kälteanlage sparen

und 10,3 %. Wie es um die technische Realisierung dieser gedanklich machbaren Lösung steht, und ob sich das Geldsparen dabei einstellt, blieb am Ende noch unbeantwortet.

Pult und sprach über ein neues kompaktes **Zwischenkühlersystem für zweistufige Kolbenverdichter**, wodurch indirekt noch ein Bezug zum Thema gegeben war. Durch diesen Kühler, der die Mitteldruckflasche ersetzt, werden deren Nachteile umgangen. Der neue Zwischenkühler mit mehreren Umlenkungen des Zwischenstufengases läßt sich horizontal über dem Verdichter anordnen. Durch eine Economiserschaltung wird die Wirksamkeit erhöht, wobei einerseits flüssiges Kältemittel (NH_3) eingespritzt, andererseits dadurch eine Unterkühlung erreicht wird. Damit gibt es keinen Leistungsverlust infolge der Einspritzung. 10 Vorteile wußte Timmer zu nennen, dazu gehören neben der Kompaktheit u. a., daß es keine Probleme mit der Ölrückführung gibt, daß der Kühler nicht isoliert werden muß und daß der mit diesem Kühler ausgestattete zweistufige Verdichter so gehandhabt werden kann, als sei es ein einstufiger. Natürlich reduziert sich durch das geringe innere Volumen des Kühlers auch die erforderliche Kältemittelfüllmenge.

Eine eigenartige Wandlung erfuhr dann die Thematik, die unter AA.II.17 als Verdichterbeitrag von GEA Grasso Berlin angekündigt worden war und von den Anwesenden auch so erwartet wurde. Unvermittelt trat H. Timmer vom gleichen Unternehmen aus 's-Hertogenbosch ans

Ein von der Bundesfachschule in Maintal, dem Deutschen Institut für Normung sowie der TÜV Bau- und Betriebstechnik gemeinschaftlich erstelltes Referat befaß-



H. Timmer erläuterte die Funktion des kombinierten kompakten Zwischenkühlers



*Dr. Matthias Schmitt
von der BFS referierte
über die neue EN 378*

te sich schließlich mit der neuen EN 378 – Neue Regeln für den Kälteanlagenbau⁵. Besprochen wurden die Teile 1 bis 4 in all ihren Details und Änderungen für die Branche im Hinblick auf Aufstellungsbereiche, Einteilung der Kältemittel, Konstruktionstemperaturen, Bördelverbindungen, Sicherheitseinrichtungen, Prüfungen und Maschinenräume.

Damit schließt die umfangreiche Berichterstattung über die zurückliegende DKV-Tagung in Bremen.

Die nächste Veranstaltung findet zwischen dem 21. und 23. November 2001 in Ulm an der Donau statt. *U. A./A. F*

⁵ Über die neue EN 378 informierte KK in der Vergangenheit mehrfach, zu finden im Internet-Archiv