

Deutsche Kälte-Klima-Tagung 1999

Fachvorträge auf hohem Niveau

Mit einem Übersichtsreport der Eröffnungsveranstaltung der Deutschen Kälte-Klima-Tagung, die vom 17.–19. November 1999 in Berlin stattfand, wurde die Berichterstattung der KK in ihrer Januar-Ausgabe eingeleitet („Ötzi war das Highlight“) und mit einem Querschnitts-Bericht über Vorträge, die erstmals unter einer neuen Themengliederung „Forum Industriekälte“ in Berlin angeboten wurden, in KK 2/2000 fortgesetzt¹. Wir wenden uns jetzt weiteren interessanten Aspekten der DKV-Tagung in Berlin zu.

Verdichterentwicklung

Einen allgemeinen Überblick über den **Entwicklungsstand und die Entwicklungsaktivitäten bei Kältemittelverdichtern** gab Prof. Dr.-Ing. Eckhard A. Groll von der Purdue University in den USA. Er wertete dazu die 1400 Beiträge auf ca. 14 000 Seiten der Purdue-Verdichterkonferenzen aus. Obwohl die Hubkolbenverdichter die längste Entwicklungsgeschichte haben und am weitesten verbreitet sind, werden sie entwicklungs-mäßig noch immer intensiv bearbeitet. Die Einsatzbereiche erstrecken sich vom Kühlschrank bis zu Großklimaanlagen und alle Ausführungen – offen, halbhermetisch, hermetisch – sind nebeneinander in jeweils optimalen Bereichen in Anwendung. Das gleiche trifft auf die Verdich-



tungsprinzipien – Hubkolben, Schraube, Scroll, Rotary, Turbo – zu. Die Entwicklungen beziehen sich allgemein auf Schall- und Schwingungsreduzierung, Verbesserung der Energieumsetzung, Reduzierung des Verschleißes und speziell bei Scrollverdichtern auf die Steigerung des möglichen Druckverhältnisses. Die oft angesprochene Ausweitung des vorteilhaften Scrollprinzips zu größeren Leistungen hin scheidet an der Bedingung der großen

Stückzahlen für die spezielle Herstellungstechnologie. Prof. Groll schätzt ein, daß keine neuen Verdichtungsprinzipien zu erwarten sind, daß die Verdichter kleiner, leiser, effektiver werden sowie Schrauben- und Scrollverdichter zunehmende Marktanteile bedienen werden.

Speziell den aktuellen **Entwicklungsaktivitäten bei Scrollverdichtern** widmete sich **Norbert Kämmer** von Copeland S.A., Belgien. Er füllte die allgemeine Einschätzung von Prof. Groll mit konkreten Fakten aus und konnte dabei aus den umfangreichen Entwicklungsaktivitäten bei Copeland schöpfen. In 8 Werken werden weltweit ca. 7 Mio. Verdichter jährlich gefertigt und die obere Leistungsgrenze

¹ Diese beiden Beiträge zur DKV-Tagung können im KK-Internetarchiv unter www.shk.de/kaelte eingesehen werden

hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich bis auf einen Hubraumstrom von $42 \text{ m}^3/\text{h}$ ausgedehnt. Die Erweiterung der Kältemittelpalette mit dem erforderlichen Ersatz für R 22 führt unter dem Gesichtspunkt der Leistungsverbesserung zu R 410A, während von den Einsatzbedingungen her R 407C eher in Betracht kommt. Entwicklungsmäßig führt die für R 410A angepaßte Konstruktion zu kleineren Spiralen, was die innere Belastung in den üblichen R 22-Grenzen halten kann, aber außerdem müssen die Gehäuse- und Deckelwandstärke größer werden, eine neue Entlastungsbuchse ist erforderlich, und die Massen- und Momentenausgleiche können verkleinert werden.

Umfangreiche Aktivitäten werden für die Möglichkeit der Leistungsanpassung der Verdichter bearbeitet. Neben der Zweiverdichterkombination und des Zweidrehzahlantriebes arbeitet man an der getakteten Betriebsweise durch Pulsweitenmodulation und durch kontinuierliche Drehzahlvariation. Letzteres Verfahren bleibt nach unten hin wegen der erforderlichen Fliehkraft begrenzt, während man nach oben hin bis auf 100 Hz Antriebsfrequenz steigert, so daß man am Ende doch einen Bereich von über 50% überstreichen kann. Allerdings wird für die kleinen Leistungen der Kostenfaktor für den Frequenzumformer noch als Bremse wirken. Deshalb wird ähnlich wie bei Schraubenverdichtern mit innerem Rückströmen auf der Saugseite die Verringerung der Füllung als kostengünstige Lösung angestrebt. Ein weiterer Entwicklungsgegenstand ist das getaktete Abheben des orbitierenden



Norbert Kämmer greift in den Fundus der interessanten Scroll-Entwicklungen

Scrolls vom feststehenden, wodurch eine innere Undichte entsteht, durch die das Ansaugen von neuem Kältemittel verhindert wird. Mit diesem Verfahren läßt sich das Verhältnis von Förderung zu Leerlauf auf 10% reduzieren, wobei das Takten im Sekundenbereich erfolgt, d. h. 9 s Leerlauf, 1 s Förderung.

Mit großem Interesse wurden die Ausführungen Kämmer zur Entwicklung des schon öfter erwähnten und auf der IKK gezeigten horizontalen Scrollverdichters aufgenommen. Die Charakteristik dieser Lö-

sung ist die Notwendigkeit einer Ölpumpe und damit eines Ölumpfes im Verdichter. Zunächst ist der Leistungsbereich von 8 bis $17 \text{ m}^3/\text{h}$ vorgesehen, während die Leistungsbereichssteigerung der vertikalen Scrolls bis auf $70 \text{ m}^3/\text{h}$ bearbeitet wird.

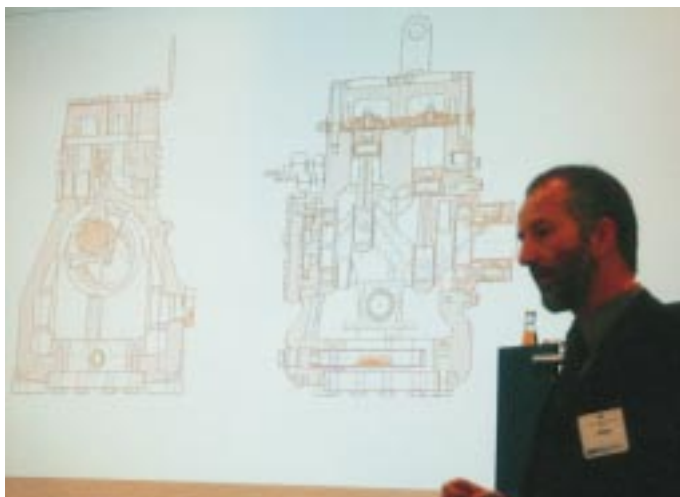
Natürlich schloß sich in der Diskussion zu diesem Vortrag zwangsläufig die Frage nach der Verfügbarkeit der Entwicklungsergebnisse am Markt an. Sie blieb weitgehend unbeantwortet, da die Zuständigkeit dafür nicht nur im Kompetenzbereich des Vortragenden liegt und bei weltweiter Produktion darüber auch nicht so einfach zu entscheiden ist.



Der liegende Scrollverdichter von Hitachi soll den Tieftemperaturbereich abdecken

Wie groß das Interesse an **liegenden Scrollverdichtern** ist, zeigte sich auch an dem Vortrag von **Noel Mulherrin**, Hitachi Europe GmbH in Düsseldorf. Es handelt sich dabei um einen Verdichter vergleichsweise geringer Leistung mit dem Hochdruck im Gehäuse und ohne Ölhei-

Ein seriennaher CO₂-Verdichter wird von Dr. Harald Kaiser vorgestellt



zung. Die vorgestellten Betriebswerte bezogen sich auf die Anwendung des Verdichters für den Tieftemperaturbereich bis zu Verdampfungstemperaturen von -40°C , was bekanntermaßen für Scrollverdichter nicht die bevorzugte Anwendung darstellt. Dieser Einsatzfall kann nur mit einer Kältemittelspritzung beherrscht werden, die so dimensioniert wird, daß die Druckgas-, Motor- und Gehäusetemperaturen im Bereich bis 120°C gehalten werden. Der Startdifferenzdruck liegt bei 16 bar.

Wenn der stellvertretende DKV-Vorsitzende **Dr.-Ing. Harald Kaiser** von der Bock GmbH, Frickenhausen, zu **Hochdruckverdichtern** ans Pult tritt, sind immer gute Entwicklungsergebnisse zu erwarten. Und er enttäuschte seine Zuhörer nicht. Er sprach die beiden Druckbereiche bis 40 bar für R 410 und bis 140 bar für CO₂ als Ersatzkältemittel für R 22 an. Die Modifikation der Verdichter für 40 bar bezieht sich auf größere Lager mit besserer Schmierung, während für 140 bar auch noch an die Wandstärken gedacht werden muß. Über mehrere Entwicklungsstufen ist nunmehr ein seriennaher CO₂-Verdichter für die Felderprobung verfügbar, dessen Gehäuse aus GGG 70 besteht und einem Berstdruck von 160 bar auf der Saug- und 320 bar auf der Druckseite widersteht. Nach wie vor sind das kleine Pleuelauge und die Gleitringdichtung die Bauteile mit den höchsten spezifischen Beanspruchungen, die mit entsprechenden konstruktiven Lösungen beherrscht werden.

Die CO₂-Verdichter zeichnen sich durch große Laufruhe aus und weisen gute Liefer- und Gütegrade auf. Wegen der Ölverdünnung durch das Kältemittel sind Ölviskositäten bis zu 160 cSt erforderlich, wobei Polyolesteröle oder Mischungen von Ester und Alkylbenzolen verwendet werden. Auf die Frage nach Rollkolbenverdichtern für CO₂, die aus aktuellem Anlaß im Raum stand (Sanyo), führte Dr. Kai-

Agenda

- Grundlagen der Schallmessung
- Schallmessungen
 - Bedingungen
 - Hubkolben: OCTAGON-Serie
 - Scroll-Verdichter
 - Ergebnisse
- Zusammenfassung, Ausblick



Dipl.-Ing. Holger König stellt vergleichende Schallmessungen an Scroll- und Hubkolbenverdichtern vor

ser aus, daß für Hochdruckanwendungen der Hubkolbenverdichter prädestiniert ist und schon die Tatsache der erforderlichen Zweistufigkeit für den Rollkolbenverdichter die sinnvolle Verwendbarkeit und die angegebenen Gütegrade anzuzweifeln sind. Während bisher die CO₂-Technologie für Klimaanwendungen entwickelt wurde, bzw. mit konventionellen Komponenten für Kälteanwendungen in Niederdruckstufen von Kaskadenanlage, kündigte Dr. Kaiser Aktivitäten für die Anwendung in der Normalkälte an. Dabei wird man allerdings mit dem Temperaturproblem fertig werden müssen, und die Ankündigung wird sich zur Marscherleichterung sicherlich wieder auf offene Verdichter beziehen.

portkälte und in Wärmepumpen. Dabei ist die bereits erwähnte Problematik der Druckgastemperatur bei der Kälteanwendung mit Werten bis 200°C deutlich geworden, was auch auf die Saugtemperatur durchschlägt. Die vorgestellten Ergebnisse stammen aus Messungen bei 1000 U/min, wobei aus der Indizierung erwartungsgemäß verhältnismäßig geringe Druckverluste ermittelt wurden, isentrope Gütegrade von 0,6 bis 0,82 dieses Resultat widerspiegeln und Liefergrade von 0,85 bis 0,50 im wesentlichen druck- und drehzahlabhängig sind. Die weiteren Untersuchungen werden den gesamten Arbeitsbereich des drehzahlvariablen Fahrzeugverdichters betreffen.

Über das immer wieder aktuelle **Schallthema bei Verdichteranwendungen** sprach **Dipl.-Ing. Holger König**, Bitzer Kühlmaschinenbau GmbH, Sindelfingen. Dabei wurden neben den grundlegenden Ausführungen zur Schallproblematik vor allem die vergleichenden Messungen von Scroll- und neuzeitlichen

Hubkolbenverdichtern dargestellt, woraus sich einerseits die Vorteile der rotierenden Technik beim Scroll zeigten, aber auch die Fortschritte, die mit der Octagon-Serie erreicht worden sind. Maßnahmen für die Weiterentwicklung können aus den ermittelten Spektren abgeleitet werden, vor allem sind im Tieftemperatureinsatz Kompromisse zu Lasten der Energieökonomie notwendig. Dabei ist die große Verantwortung des Verdichterentwicklers für die Emissionswerte und deren Reduzierung klar, und für den Anwender sind sie von Bedeutung für seine Aufstellbedingungen zur Begrenzung der Umgebungsbelastung.

Kälteanwendung

Unter diesem umfassenden Thema des AA III kamen verschiedene Einzellösungen zum Vortrag. Zuerst berichtete **Dipl.-Ing. Jens Philipp** von der TU Dresden zur **numerischen Simulation von dynamischen Kühlschranksprozessen**. Dabei lag eine Ausführung mit Kapillarrohrdrosselung zugrunde. Bei der üblichen Ein-Aus-Steuerung und dem Öl-Kältemittelverhältnis neuzeitlicher Kühlschränke von 10:1 sind die Absorptions- und Desorptionsvorgänge des Kältemittels in das bzw. aus dem Öl in die Betrachtungen einzubeziehen. Während die Absorption langsam verläuft, geht die Desorption schnell vor sich. Die Zeitkonstanten betragen entsprechend 45 und 15 s. Aus den Simulationen nach energetischen Gesichtspunkten unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen enthält man eine optimale Kältemittelfüllmenge für den Kreislauf. Weiter-



Der Vergleich zwischen konventioneller und neuer Technik bei den Gefriergeräten fällt zugunsten der dynamischen Kühlung mit drehzahlregelbaren Verdichtern aus

hin kann man bei optimaler Verflüssiger-masse den Energiebedarf um noch einmal um bis zu 10 % senken. Die gesamte Energiebedarfssimulation ist mit einer Genauigkeit von 5 % möglich, wobei die Quantifizierung der einzelnen Verlustquellen des Kreislaufes und die optimale Ausführung der aufeinander abgestimmten Komponenten eingeschlossen ist.

Auch bei **Dipl.-Ing. Thomas Ertel**, Liebherr Hausgeräte GmbH, Ochsenhausen, war die **Kühlschrankschranke** Inhalt des Vortrages. Dabei ging es um Kühlung mit drehzahlregelbaren Verdichtern, womit man den energetischen Nachteil der modernen vereisungsfreien Um-luftgefriergeräte gegenüber den her-

kömmlichen Geräten mit direkter Kühlung weitgehend ausgeglichen werden kann. Der Lüfter benötigt nicht nur Antriebsenergie, sondern produziert daraus auch noch Wärme, die mit der Kühlung zusätzlich kompensiert werden muß. Das gelingt durch Anpassung der Verdichterdrehzahl an den jeweiligen Leistungsbedarf des Gefriergerätes, wobei bei der zweckmäßigen Drehzahl der Ein-Aus-Betrieb überlagert wird. Die ersten Verdichter mit elektronisch kommutierten Motoren sind verfügbar, zunächst mit stufenweiser Drehzahlreduzierung. Da die Energieeffizienzklasse bei den Kühlgeräten ein wesentliches Kaufargument darstellt und mit dieser Technik die Klasse A erreicht wird, rech-

net man mit dem gewünschten Umsatz. Als weiteren Vorteil kann man einem reduzierten Geräuschpegel für weite Betriebsbereiche verbuchen.

Auch der Einsatz von Elektronik in der Kältetechnik kam nicht zu kurz. So informierte **Prof. Dr.-Ing. Manfred Heiser** von der FH-Braunschweig/Wolfenbüttel in AA.II.2 über die **Integration der Kältetechnik in die Gebäudeautomation mit BUS-Systemen**. Vor allem Systeme der Feldebene spielten in seinen Ausführungen eine große Rolle und hier vor allem der EIB- und der LON-Bus. Erstgenannt ist in der Gebäudetechnik bereits sehr verbreitet (über 4400 Produkte) und findet vor allem im Elektrohandwerk sein ausführendes Gewerk. Im Kommen befinden sich mittlerweile auch LON-Anwendungen, für die rund 3500 Firmen eigene Produkte (und zwar immer mehr auch für die Kältetechnik) anzubieten haben. LON ist



Dipl.-Ing. Peter Heyl erläutert die Funktionweise der direktwirkenden Entspannungs-Verdichtungs-Maschine

Moderne Frequenzumformer können, wie von Dr. Horst P. Wurm vorgestellt, ohne Probleme an eine Gebäudeleittechnik angeschlossen werden



zum Einsatz für komplexe HLK-Aufgaben und für Aufgaben der Elektroinstallation geeignet.

Ein zweiter Vortrag von **Dr. Horst P. Wurm**, Gustav Wurm GmbH, Remscheid, ging etwas stärker in die Tiefe und befaßte sich mit **Frequenzumrichtern mit Feldbusanschluß**. In Verbindung mit diesen Komponenten brachte er ein weiteres Bus-System CAN ins Spiel, das auf der Feldebene eingesetzt werden kann und in der Kältetechnik (Beispiel Gewerbekälte) zunehmende Anwendung findet. Mit einem intelligenten Regelkonzept in Verbindung mit einer Bus-Technologie können

moderne Frequenzumrichter in erheblichem Maße zur Energieoptimierung beitragen.

CO₂ als Kältemittel

Die Renaissance, die dieses Kältemittel in den letzten 10 Jahren erfährt, spiegelte sich auch wie schon in den Vorjahren bei der Berliner DKV-Tagung wider. Die Referenten stellten den Fortschritt in ihren Forschungen dar, ohne daß bisher der Praxisdurchbruch erreicht worden ist. Wichtige Voraussetzung für diesen noch zu vollziehenden Schritt ist die Verfügbarkeit der wichtigsten Komponente, nämlich des Verdichters. In den beiden Verdichtervorträgen unter Bezug auf dieses Kältemittel deuteten sich Fortschritte an, aber weiter als seriennah ist der Stand noch nicht, auch nicht bei der auf dieser Tagung nicht vertretenen Entwicklung aus Italien.

Die gegenwärtigen Entwicklungsarbeiten beziehen sich auf die Verbesserung der spezifischen Kälteleistung (COP), da das Manko bei CO₂ darin besteht, gegenüber den konventionellen Kältemitteln R 134a und R 407C in den meisten Anwendungsfällen schlechter abzuschneiden. In bestimmtem Grade läßt sich das kompensieren beim Wärmepumpeneinsatz zur Brauchwassererwärmung, weil man dabei vorteilhaft sehr niedrige Gaskühleraustrittstemperaturen erreicht. Bei den am weitesten fortgeschrittenen Untersuchungen zur CO₂-Anwendung in Fahrzeugklimaanlagen liegen weitere Gesichtspunkte zugunsten dieses natürlichen Kältemittels vor, aber auch in diesem Bereich ist die Entscheidung noch nicht herangereift. Die ersten beiden Vorträge befaßten sich mit der energetischen Verbesserung des Prozesses durch Nutzung der arbeitsleistenden Entspannung anstelle der Drosselung.

Dipl.-Ing. Peter Heyl, TU Dresden, stellte die ersten Ergebnisse an der gemeinsam mit Prof. Dr. Hans Quack entwickelten **direktwirkenden Kolbenentspannungsmaschine** vor. Dabei wurde als Vergleichsprozeß neben dem ohne Entspannungsmaschine der mit R 22 herangezogen. Man erreicht eine Verbesserung des CO₂-Prozesses um bis zu 15 % und kann damit dem einstufigen R 22-Prozeß

entsprechende Werte erreichen. Die Entspannungsarbeit wird dabei für eine zweite Verdichtungsstufe benutzt. Die dazu entwickelte direktwirkende Entspannungs-Verdichtungs-Maschine entspannt einstufig in das Naßdampfgebiet. Die Maschine muß wegen der erforderlichen Kraft mit nahezu voller Füllung arbeiten, d. h. mit sehr unvollständiger Expansion.

Verbesserungen in dieser Hinsicht wären bei einem als Bestandteil eines Mehrzylinderkolbenverdichters angeordneten Expanders zu erreichen, da man dann wegen der verfügbaren Schwungenergie die Entspannungsarbeit wesentlich besser ausnutzen könnte. Das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist bei diesen Grundsatzuntersuchungen unberücksichtigt geblieben, am Ende hat diese ganze Technik nur Chancen, wenn man damit wirtschaftlicher arbeiten kann . . . jedenfalls solange man die anderen Kältemittel mit günstigeren Daten noch verfügbar hat.

In einem Vortrag im AA.I hat **Prof. Quack** allgemein über **Entspannungsmaschinen in der Kryo- und Kälte-technik** gesprochen, wobei sich die ähnlichen Fragen auftraten. Dabei hatte er aus einer Analyse das interessante Ergebnis bekommen, daß weltweit an 8 Stellen über Entspannungsmaschinen gearbeitet wird. Der Effekt des Arbeitsgewinns bei der Entspannung tritt natürlich bei allen Kältemitteln auf, so daß man auch konventionelle Prozesse verbessern könnte (und Carrier tut das ja bekanntermaßen schon), aber damit wird die Hürde für vergleichbare Arbeitszahlen des CO_2 eigentlich noch höher.



Prof. Dr. Hans Quack stellte eine umfassende Analyse zu Expandern in der Kälte- und Kryotechnik vor

Für NH_3 erreicht man den geringsten Effekt aus der Entspannung, während er beim CO_2 am größten ist. Wenn man die Vorteile der Entspannung wirtschaftlich echt bewerten will, muß man Vergleiche zu konkurrierenden Verfahren durchführen. Das heißt konkret, daß man die anderen Möglichkeiten der Effektivitätssteigerung dagegenrechnen muß, wie z. B. vergrößerte WÜ-Flächen, verbesserte Antriebsmotoren, drehzahlstellbare Antriebe, zweistufige Verdichtung und Entspannung, innere Wärmeübertrager und intelligente Einspritzventilsteuerungen. Prof. Quack schätzt unter diesen Gesichtspunkten ein, daß die Expansionstechnologie eine Nischentechnologie sein wird. Als solche Nischen bezeichnet er Anwendun-

gen, bei denen nur begrenzte Energieressourcen verfügbar sind bzw. die Energie teuer ist, wo man die obere Grenze einer Verdichterbaureihe noch ausreizen möchte, um nicht auf die nächstgrößere teurere Maschine übergehen zu müssen sowie Anwendungen mit stark wechselnden Anforderungen, bei denen man dadurch die Auslegung für Werte unterhalb der Maximallast realisieren kann. Diese realistische Betrachtung ermöglicht die richtige Einordnung der Entwicklungen zum arbeitsleistenden Entspannungsprozeß, kann aber auch Ansporn für anspruchsvolle Lösungen für diese sinnvollen Nischen sein.

Die **arbeitsleistende Entspannung und ihre Nutzung im CO_2 -Prozeß** hatten sich auch **Prof. Dr.-Ing. Thomas Maurer**, FH Gießen und **Dipl.-Ing. Thomas Zinn**, NET-Institut Kassel, zum Gegenstand ihres Vortrages gemacht. Sie hatten aus den möglichen maschinentechnischen Lösungen bei den ähnlichen Motivationen wie bei den Vorrednern die einfache Zahnradentspannungsmaschine ausgewählt. Die Untersuchungen erfolgten in einem unkomplizierten Rechtsprozeß, d. h. ohne Einbindung in eine Kälteanlage. Die nach der Spaltoptimierung erreichten Gütegrade betragen bis 0,55 und sind damit vergleichbar zu einer Kolbenexpansionsmaschine. Da die Zahnradmaschine prinzipiell ohne innere Entspannung arbeitet, muß dieses Ergebnis in Verbindung mit deren Einfachheit als vielversprechend angesehen werden. Es liegen aber noch keine Aussagen zur Dauerbewahrung vor, da nur wenige Versuchsbe-

triebsstunden absolviert werden konnten. Die Schmierung müßte durch das im Kreislauf zirkulierende Öl gewährleistet sein, evtl. ist Erosion durch die bei der Entspannung ins Naßdampfgebiet auftretende Flüssigkeit zu erwarten. Und konstruktiv erfordert die Wellendichtung Aufmerksamkeit.

Als bevorzugte CO₂-Anwendungen wurden im stationären Bereich schon zu einem frühen Zeitpunkt die Wärmepumpen erkannt. Die beiden weiteren Vorträge unter der CO₂-Thematik waren dann auch dieser Spezifik gewidmet.

Dipl.-Ing. Karsten Klöcker, Uni Essen, stellte die mit Dr.-Ing. Norbert Flacke und Dipl.-Ing. Ernst-Ludwig Schmidt erzielten Ergebnisse zu einer **Trocknungs-**

wären nur die gasbetriebenen Trockner besser, aber diese sind am Markt nicht absetzbar.

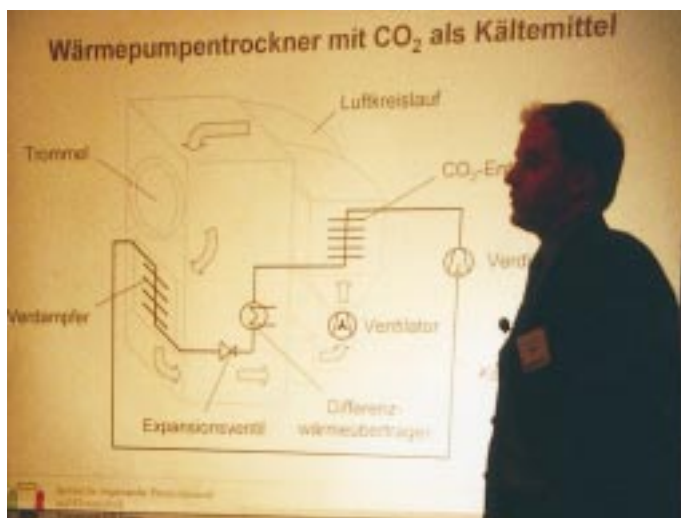
Eine **Hochtemperatur-Heizwärmepumpe mit CO₂** stellten **Dipl.-Ing. Henrick Brandes** und **Prof. Dr.-Ing. Horst Kruse**, FKW Hannover, zusammen mit Dr.-Ing. Jürgen Süß, Danfoss A/S in Dänemark vor. Diese Anwendung für Heizungsvorlauftemperaturen von 90 °C, wie sie heute zwar nicht mehr üblich sind, aber bei der Altbausanierung vorkommen können, entspricht genau den Eigenschaften dieses Kältemittels. Aus der Untersuchung verschiedener Kreislaufschaltungen konnte man den einstufigen Prozeß favorisieren, wobei max. Arbeitszahlen von 3,2 bei einer Jahresarbeitszahl von 3,2 er-

sium“ in Phoenix (Arizona), über das Dr. Arnemann informierte, deutlich wurde. Aufgrund der klimatischen Verhältnisse (45 °C im Schatten; über 60 °C Fahrzeuginnenraumtemperatur) bot der gewählte Veranstaltungsort ideale Voraussetzungen, um verschiedene Klimasysteme unter Extrembedingungen zu testen. Hierzu standen insgesamt 24 Fahrzeuge namhafter Hersteller mit R 134a- und CO₂-Systemen sowie auch mit brennbaren Kältemitteln zum Vergleich zur Verfügung. Nach einer Reihe von Tests durch die insgesamt 165 Symposiumsteilnehmer zum Komfortverhalten der Klimasysteme wurde deutlich, daß sehr wohl leistungsfähige CO₂-Komponenten wie auch Systeme zu Verfügung stehen, interessanterweise jedoch nicht von amerikanischen, sondern von deutschen bzw. von japanischen Fahrzeughesellern. Auf die Frage nach einer baldigen Serienreife von CO₂-Klimasystemen mußte Dr. Arnemann allerdings passen und nannte einen selbstgeschätzten zeitlichen Rahmen von etwa 6 Jahren.

AA.IV jetzt auch mit Heiztechnik

Eine kleine Premiere feierte in diesem Jahr die Arbeitsabteilung IV „Klimatechnik und Wärmepumpenanwendung“, denn neu in das Programm aufgenommen wurde

Dipl.-Ing. Karsten Klöcker erläutert die Funktion der Trocknerwärmepumpe



wärmepumpe mit CO₂ vor. Der Vergleich mit einem elektrisch beheizten Trockner weist für die Wärmepumpenausführung deutliche Energieeinsparpotentiale aus, wobei im Verhältnis zu Wärmepumpenschaltungen mit konventionellen Kältemitteln die thermophysikalischen Eigenschaften des CO₂, speziell die hohe Verdichtungstemperatur und der ziemlich gleichmäßige Wärmeinhalt während der Wärmeabgabe bei gleitender Temperatur zu Buche schlagen. Das führt auch zu einer besseren Wäschequalität als bei der gleichmäßig hohen Temperatur der elektrisch betriebenen Trockner. Der CO₂-Wasser-Wärmeübertrager hat auf der Kältemittelseite auch deutlich bessere Leistungswerte. Energetisch und funktionell

reicht wurden. Verbesserungspotential liegt auch in dieser Anwendung in der Nutzung der arbeitsleistenden Entspannung, was mittels einer aus einer Axialkolbenmaschine abgeleiteten Entspannungsmaschine versuchsweise verwirklicht wurde. Als weitere Varianten für die Versuche wurden der Einfluß von Hochdruck und der Vorlauftemperatur untersucht. Eine COP-Verbesserung um 0,4 ist möglich. Der Vergleich von Verdampfung gegen Luft bzw. gegen Wasser ist wegen der damit verbundenen unterschiedlichen Verdichterbedingungen nicht sinnvoll.

Zwar nicht im Rahmen der gemeinsamen Sitzung von AA.II.1 und II.2 über CO₂, sondern in AA.III und dem Themenschwerpunkt „**Fahrzeugklimatisierung**“, berichtete **Dr.-Ing. Michael Arnemann**, Robert Bosch GmbH, Stuttgart, aber ebenfalls über den Einsatz von Kohlenwasserstoff. Gerade die Automobilindustrie ist hier nämlich sowohl in Theorie als auch in der Praxis schon sehr fortgeschritten, was auf dem letztjährigen „Automotive Alternative Refrigerants Systems Sympo-



Prof. Dr. Helmut Burger ist Mitglied im Lenkungskreis „Zukunftsfähige Energieversorgung“ im Bundeswirtschaftsministerium

das Schwerpunktthema „Heiztechnik“. Den Einstieg machte **Prof. Dr. Helmut Burger**, Geschäftsführer der Viessmann Werke, Allendorf, mit einer aktuellen Bestandsaufnahme in Sachen **Energiesparverordnung 2000**.

Dabei handelt es sich um eine Rechtsverordnung der Bundesregierung, in der die Heizungsanlagenverordnung und die bisherige Wärmeschutzverordnung zu einem gemeinsamen Werk zusammenge-

Zukünftig sollen Gebäude einen Energiepaß erhalten, der schnelle Auskunft über die Energieverbrauchs-kennzahlen liefert



faßt werden sollen und die Länder ein hohes Mitspracherecht haben. Das Ziel ist die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen im Gebäudebestand und im Neubaubereich, was Auswirkungen sowohl auf die Gebäudehülle als auch auf die Haustechnik (Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung, Klima, . . .) haben wird. Dabei geht es um die Definition von Energieverbrauchskennzahlen für Gebäude zur Festlegung eines maximalen Jahresenergiebedarfs. Zur einfachen Überprüfung wird die Einführung eines Energiepasses (schon seit längerem bekannt für Haushaltskühlschränke) dienen, der den flächenbezogenen Energiebedarf jedes Gebäudes dokumentiert.

Ungeklärt ist bislang, wie das Controlling zur Überprüfung eines Vollzugs aussehen kann. Der letzte Referentenentwurf datiert vom 28. Juni 1999. Nach Durchlauf

verschiedener Bundesinstanzen ist des weiteren eine Notifizierung bei der EU in Brüssel notwendig, bevor nach Ablauf einer Übergangsfrist und der Überführung in eine nationale Norm letztendlich eine rechtskräftige EnEV 2000 vorliegen wird – ein Zeitraum, der sich noch bis in das Jahr 2003 erstrecken kann. Dennoch wird nach Aussage von Prof. Burger die EnEV und ihre Normen die energetischen Bau- und Anlagenverhältnisse auf Jahre hinaus bestimmen.

Anwendungsbezogener wurde es beim Vortrag über die **Wärmepumpe** von **Prof. Dr.-Ing. Siegmur Hesslinger**, Fachbereichsleiter Versorgungstechnik der FH-Offenburg.

Er selbst bezeichnet es als ein persönliches Anliegen mit seinem Engagement dazu beizutragen, daß die Wärmepumpe, die sich in ihrer Anwendung wieder im

Aufwärtstrend befindet, nicht aufgrund ähnlicher Fehler, wie sie in den 80er-Jahren gemacht wurden, erneut in Mißkredit gerät. In diesem Zusammenhang ging er auf eine Initiative des Landratsamtes Offenburg, den ortsansässigen shk-Fachbetrieben und der FH-Offenburg als Koordinator ein, aufgrund welcher Anwendern Wärmepumpenkomplettpakete (Gerät+ Erdwärmesonde+Installation) zum garantierten Festpreis „aus einer Hand“ angeboten werden. Allerdings räumte er ein, daß die Kosten mit derzeit rund 40 000 DM



Setzt sich für Wärmepumpentechnologie ein: Prof. Dr.-Ing. Siegmur Hesslinger



Diese hydrologische Karte veranschaulicht auf einen Blick, wo Erdwärmesonden eingesetzt werden können und wo mit Problemen zu rechnen ist

noch eindeutig zu hoch liegen, wo aber noch einiges an Spielraum nach unten besteht. Als Ergebnis eines weiteren Projekts präsentierte er eine neu entwickelte hydrologische Karte von Baden-Württemberg, mit der auf einen Blick entschieden werden kann, wo sich zur Nutzung von Erdwärme Sonden, denen er zukünftig die größten Chancen als Wärmequelle einräumt, eignen, oder wo mit großen Problemen zu rechnen ist. Beim Betrieb sprach er sich für einen monoenergetischen Wärmepumpeneinsatz bei einer maximalen Vorlauftemperatur von 35 °C aus, um dabei eine eventuell notwendige Nachheizung elektrisch zu realisieren.

Bemerkenswert waren auch die Ausführungen von **Dr.-Ing. Rainer Lang** über die Ziele seines Unternehmens, der **Joh. Vaillant GmbH & Co.**, Remscheid, über die Einführung einer gänzlich neuen Technologie nämlich einer gasbetriebenen

Kompaktbrennstoffzelle. Diese ist eine mögliche Alternative zu bislang eingesetzten Heizsystemen mit dem Zusatznutzen der Stromerzeugung. Darüber hinaus bieten nach Ansicht von Dr. Lang Brennstoffzellen erhebliche Einsparpotentiale beim Primärenergieverbrauch wie auch bei der CO₂-Entwicklung. Die thermische Leistung liegt bei 35 kW, die elektrische bei 4 kW. Die Markteinführung einer ersten Leistungsvariante soll 2001 erfolgen. Ab 2006 will Vaillant dann in Serie gehen und hofft bis zu diesem Zeitpunkt auf einen kumulierten Gesamtabsatz von 100 000 Ge-



So sieht der Fahrplan für die Brennstoffzelleneinführung bei Vaillant aus

räten. Die Kosten bezifferte er auf einen Wert von 3000 DM/kW_{el}. Man darf also gespannt sein, wohin die Entwicklung im Bereich der Heiztechnologien führen wird.

Außer den genannten Vorträgen befaßten sich vier weitere mit Themen rund um die Heiztechnik – alles in allem also immerhin 30 Prozent der zu Verfügung stehenden Tagungsdauer in Arbeitsabteilung IV. Dreht man an dieser Stelle das DKV-Tagungsrad etwas weiter, so stellt sich dem außenstehenden Betrachter vielleicht die Frage, wann möglicherweise die Arbeitsabteilung IV (ähnlich wie in AA.II) eine Aufsplittung erfährt, um zukünftig dem Thema Heiztechnik einen festen zeitlichen Rahmen innerhalb der Tagung einzuräumen?

Neben der Heiztechnik gab es selbstverständlich eine ganze Reihe weiterer

Vorträge in der Arbeitsabteilung IV, die sich, wie schon in den zurückliegenden Jahren, mit Entwicklungen in der Raumlufttechnik befaßten.

Auf großes Interesse stießen dabei die Ausführungen von **Dr.-Ing. Karl-Josef Albers** von der Heinrich Nickel GmbH,



Der neue Plenarsaal in Berlin ist mit einer aufwendigen technischen Gebäudeausrüstung ausgestattet, um den Abgeordneten das Tagen so angenehm wie möglich zu machen

Betzdorf, die sich für die **Realisierung der lufttechnischen Anlage des Plenarsaals im neuen Reichstag Berlin** verantwortlich zeigt. Diese konnte übrigens bereits ein Tag vor Beginn der DKV-Tagung im Rahmen einer technischen Besichtigung in Augenschein genommen werden.

Ein System, das hohe Anforderungen erfüllt, denn beispielsweise mußten bei einem Volumenstrom von 67 000m³/h des Schaufelventilators Schallemissionen von maximal 30 dB(A) im Plenarsaal eingehalten werden – was mit einem großen technischen Aufwand auch gelang. Die Luft einbringung erfolgt mittels Quelllüftung über den Teppichboden. Zuvor durchläuft die Zuluft zur Konditionierung allerdings ein ausgeklügeltes Kreislaufverbundsystem, das von Dr. Albers mit einer Gesamtlänge von 550 m als das weltweit längste seiner Art bezeichnet wurde. Zur Kühlung der Luft dienen zum einen ein Aquifärspeicher und zum anderen eine Absorptionskälteanlage.

Über die **Einsatzmöglichkeiten der sorptionsgestützten Klimatisierung** zur Realisierung behaglicher Raumluftzustände (Temperatur/Luftfeuchte) referier-

te **Dr.-Ing. Jörg Heinrich** von der Klingenburg GmbH, Gladbeck. Nach der kurzen Erläuterung des Prozesses stellte er einige Schaltungsvarianten vor, so beispielsweise die sorptionsgestützte Klima-

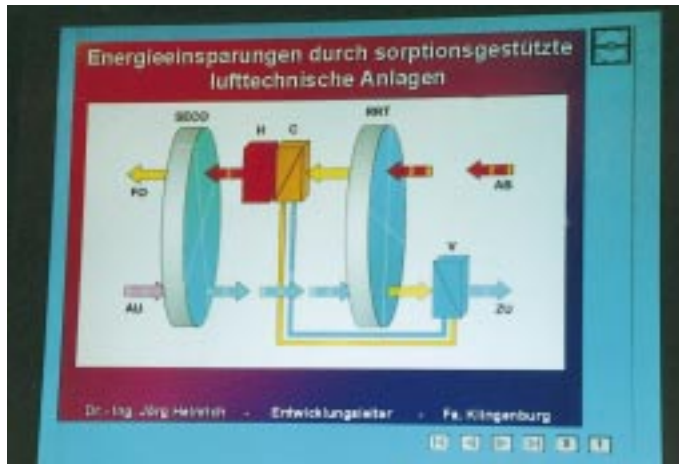
gestützten Klimatisierung in unterschiedlichen Klimas anhand eines Musterbürogebäudes sowohl energetisch als auch wirtschaftlich verglichen und einer Klimazentrale mit Kompressionskälteanlage zur

darstellbar seien. Um jedoch Amortisationszeiten von unter 10 Jahren zu erreichen, müßten die Deckungsraten zwischen 70 und 90 Prozent liegen, weshalb wohl vor allem Südeuropa für diese Klimasysteme, auch in Kombination mit sorptionsgestützten Klimasystemen, als Standort interessant sein dürfte.

Insgesamt waren es 23 Vorträge, die im Verlauf der zwei Tage in Arbeitsabteilung IV gehalten wurden. Neben den beschriebenen Entwicklungen in der Raumlufttechnik sowie der Heiztechnik widmete sich ein weiterer großer Schwerpunkt mit teilweise doch sehr speziellen Beiträgen dem Thema „Luftqualität und Behaglichkeit“².

Betrachtet man die gesamte Tagung, so waren es alles in allem rund 50 Stunden Vortragsdauer mit über 100 Beiträgen an 2 Tagen, also insgesamt wieder einmal ein sehr umfangreiches Programm mit qualitativ meist sehr anspruchsvollen Beiträ-

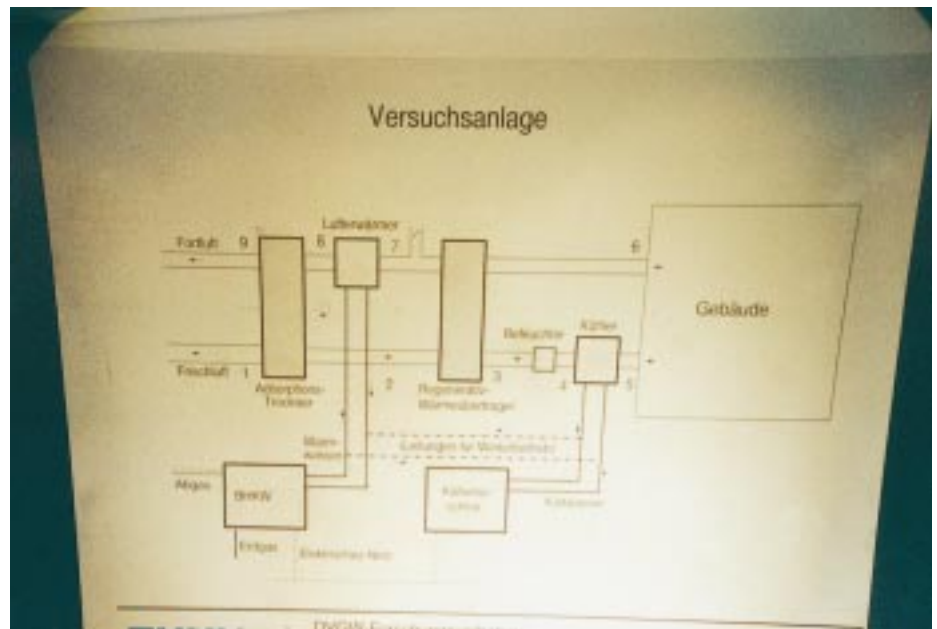
Prinzipdarstellung einer Anlage zur sorptionsgestützten Klimatisierung



tisierung mit Zuluftkühlung durch eine Kompressionskälteanlage. Dies kann aus ökonomischer Sicht dann einen Sinn machen, wenn eine Kälteanlage bereits vorhanden ist. Diese übernimmt zum einen die Zuluftabkühlung und zum anderen die Erwärmung der Abluft, um den Regenerator zu regenerieren. Vor allem die Frage nach den Kosten solcher Systeme wurde mehrfach gestellt und Dr. Heinrich räumte ein, daß der Einsatz der sorptionsgestützten Klimatisierung von Fall zu Fall sehr genau durchkalkuliert werden muß.

Auch der daran anknüpfende Vortrag von **Prof. Dr.-Ing. Gerhard Schmitz** von der Technischen Universität Hamburg-Harburg befaßte sich mit einer bislang noch wenig verbreiteten Möglichkeit zur Klimatisierung. Konkret informierte er über den Stand eines Projekts zur Entwicklung eines mit **Gas betriebenen Klimasystemen**. Die Idee dabei ist, die Abwärme eines Klein-BHKWs ($5 \text{ kW}_{el} / 112,5 \text{ kW}_{therm}$) im Sommer zur Vortrocknung, also zur Entfeuchtung, der Luft zu nutzen. Gleichzeitig können dadurch auftretende elektrische Spitzenlasten abgefahren werden. Im Winter arbeitet das System als Heizung. Obwohl vor allem Standorte mit einem hohen Entfeuchtungsbedarf (z. B. Süd-Ostasien) für diese Systemvariante interessant sind, gibt es nach Aussage von Prof. Schmitz auch in Deutschland hierfür ökologisch wie auch ökonomisch sinnvolle Anwendungsfälle.

Welche Rolle **solargestützte Klimasysteme** zukünftig spielen könnten, erläuterte **Carsten Hindenburg** vom Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme in Freiburg. Im Rahmen einer Studie wurden dort verschiedene Systeme zur solar-



Sorptionsgestütztes Klimasystem mit BHKW und Kälteanlage

Referenz gegenüber gestellt. In seiner Ergebnisbetrachtung resümierte Hindenburg, daß – allerdings unter Erfüllung einer Reihe von Rahmenbedingungen – schon heute Systeme mit solaren Deckungsraten im Bereich von 30 bis 70 % wirtschaftlich

gen. und unter dem Strich eine lohnende Investition für jeden Kälte-, Klima- und auch Heiztechnik-Interessierten, der zur DKV-Tagung nach Berlin kam, um seinen Horizont zu erweitern und schon beim Auseinandergehen hatte man die im Jahre 2000 in Bremen stattfindende Fortsetzung in freudiger Erwartung im Sinn. Bis dahin wird weiter an den vorgestellten Themen gearbeitet und so manch Neues wird dazu kommen, worauf man heute schon wieder gespannt sein darf. *U. A./A. F.*

² Unter <http://www.dkv.org/Programm.htm> hat der DKV im Internet Kurzzusammenfassungen der meisten Tagungsbeiträge zusammengestellt.