

XXIII. FKW-Seminar zum Kyoto-Protokoll

Möglichkeiten und Grenzen nicht brennbarer natürlicher Kältemittel

Die FKW-Seminare haben die Entwicklung der Kältetechnik kontinuierlich begleitet, von ihnen sind Impulse für die Entwicklung ausgegangen, auf ihnen ist über Neues berichtet worden und es gab in ihrem Rahmen immer wieder die Möglichkeit zum fruchtbaren Gedankenaustausch. So auch zuletzt am 10. Dezember 2003 in Hannover.

2010 im Verhältnis zu 1990 8% Treibhausgase zu reduzieren hat, muss Deutschland einen Anteil von 20% erbringen. Um das zu erreichen, muss schon einiges getan werden. Es trifft auf beide TEWI-Komponenten zu, nämlich auf die direkten Emissionen der Kältemittel aus den Anlagen und auf die indirekten Emissionen infolge des Energieverbrauchs. Dazu kommt die Berücksichtigung der über der Kälte- und Klimatechnik schwebenden Gefahr der europäischen Regelung der F-Gase, die voraussichtlich nur noch solche Kältemittel erlauben wird, deren GWP geringer als 150 beträgt und nach der R134a für PKW-Klimaanlagen bis 2013 eliminiert sein soll. Da andererseits brennbare Kältemittel nur bis 150 g Füllmenge gesetzlich abgedeckt sind, muss der Blick auf nicht brennbare natürliche Kältemittel gerichtet werden. In den nachfolgenden Vorträgen wurden aktuelle Entwicklungsergebnisse und Erfahrungen von diesen Kältemitteln vorgetragen.

CO₂ als Kältemittel

Den Reigen eröffnete Prof. Dr. Jürgen Köhler, TU Braunschweig, zu CO₂ als Kältemittel für mobile Kälte- und Klimaanlage. Er arbeitet seit vielen Jahren auf diesem Gebiet und kann kompetent einschätzen, wie die Situation dazu ist. Nach umfassender Darlegung der thermodynamischen Zusammenhänge und bisheriger Ergebnisse bei praktischen Anwendungen kam er zu den Schlussfolgerungen, dass dieses Kältemittel gegenüber R134a Vorteile bietet, indem die Effektivität des Prozesses verbessert werden kann, die Emissionen reduziert werden können, die Hochdrucktechnik beste Heizungsmöglichkeiten bietet und die Ökologie durch den entfallenden Treibhauseffekt gegeben ist. Offene Fragen wurden benannt, wie z.B. die noch nicht serienreife Entwicklung der flexiblen Verbindungsleitungen zwischen Verdichter und Anlage, die noch nicht zuverlässig gegebene äußere Systemdichtheit, die noch höheren Kosten des neuen Systems im Vergleich zum R134a-System und die höheren Heizkosten gegenüber den üblichen Lösungen. Prof. Köhler schätzt aber optimistisch ein, dass diese Fragen binnen 3 bis 4 Jahren gelöst werden können.

Noch einmal CO₂ gab es in den folgenden beiden Vorträgen. Dr.-Ing. Jürgen Süß von Danfoss A/S Dänemark referierte über die Hermetikverdichtenterwicklung für dieses Kältemittel, die schon weit fortgeschritten ist, und Heinz Baumann aus dem Schweizer Winterthur hatte einen trocken laufenden Halbhermetikverdichter vorzustellen, der im Rahmen eines Schweizer Förderthemas entstanden war.

Dr. Süß stellte einzelne Entwicklungsschritte dar, die zum erreichten, weit fortgeschrittenen Entwicklungsstand geführt haben. Die Entwicklung stand unter dem Vorsatz, dass sie nur als erfolgreich betrachtet werden kann, wenn sie zu einem billigeren und effektiveren Produkt im



Carmen Stadtländer moderierte das Seminar zu natürlichen Kältemitteln



Prof. Dr.-Ing. Horst Kruse warb für natürliche Kältemittel als Lösung für die Zukunft

Ein inhaltsreiches Programm, hochkarätig präsentiert und gut organisiert war zu erleben. Das Seminar wurde von Carmen Stadtländer moderiert, die Einleitung übernahm in bewährter Weise Prof. Dr.-Ing. Horst Kruse. Er machte auf die Gesichtspunkte aufmerksam, die Motivation für das aktuelle Seminar waren, nämlich der Beitrag Deutschlands zur Erfüllung des Kyoto-Protokolls. Während Europa bis

Vergleich mit dem Abzulösenden führt. Das scheint erreicht zu sein, selbst die Masse ist trotz der größeren Kapselwandstärke nicht höher. Nur das Hermetikprinzip hat gelitten, es ist korrekterweise ein halbhermetischer Kapselverdichter entstanden. Im Dezember 2003 galt die Aussage, dass ca. 4 Stück wöchentlich für Anwendungserprobungen gefertigt werden, auch dienend zur Sammlung von Erfahrungen für die Steigerung der Stückzahlen. Diese sind in einer längeren Phase der Pilotproduktion zu sammeln, wobei die Steigerung bis 100 Stück wöchentlich eingeschlossen ist. Bei den Danfoss-Bedingungen wird die Wirtschaftlichkeit der Fertigung bei ca. 300 000 Stück jährlich erreicht. Den Verdichterlösungen mit rotierenden Verdrängern (Scroll, Drehkolben) erteilte Dr. Süß wie schon früher für diese vorgesehenen Anwendungen eine Absage.

Die Lösung von Heinz Baumann mit dem Vierzylinderverdichter mit trockenlaufendem Kolben ist dagegen noch weit

von einer praktischen Anwendung entfernt, obwohl es eine solide Entwicklung war. Das Problem liegt ähnlich wie bei den Verdichtern mit rotierendem Verdränger: Man benötigt eine exzellente Fertigungsgenauigkeit für Kolben und Zylinder, um die Leckverluste in vertretbaren Grenzen zu halten. Beim Versuchsmuster mit sehr geringem Kolbenspiel wurden gute Effektivitätswerte erreicht und Baumann zeigte Möglichkeiten zur Senkung der Herstellungskosten durch kompaktere Konstruktion und Berücksichtigung der anwendungsspezifischen Anforderungen auf, eine Lösung z.B. für Wärmepumpen mit direkt verdampfendem Kältemittel, Getränke Kühlung oder Eis-Slurry-Erzeugung.

Weitere natürliche Alternativen

Ein noch etwas neueres Kältemittel als CO₂ stellten Dr. Hans Lippold und Dipl.-Ing. Dirk Gebhardt von ILK Dresden in einem Doppelvortrag vor, nämlich das Tieftempe-

raturkältemittel Stickoxydul (Lachgas) N₂O, das auch R744A genannt werden könnte. Es ist geeignet für transkritische einstufige Prozesse wie auch bei Kaskadenanwendungen in der Niederdruckstufe oder in beiden Stufen. Da die Verdichtungs- endtemperaturen hoch sind, muss ein stabiles Öl gefunden werden, das zudem fettfrei wie bei Sauerstoffverdichtung sein muss. Gegenwärtig wird auf Fomblin (Perfluorierter Polyether von der Firma Ausimont) gesetzt, mit dem viele Grundlagenuntersuchungen zu Mischungsverhalten und Verschleißbedingungen durchgeführt wurden. Das ist noch weiterzuführen, insbesondere scheinen die Verschleißwerte mit Aluminiumteilen im Triebwerk noch zu hoch zu sein. Im zweiten Teil wurden verschiedene Prozessführungen rechnerisch verglichen, um Schlussfolgerungen für die Anwendungstechnik des Kältemittels zu ziehen. Die Verdichter werden ähnlich klein wie bei CO₂, wenn man mit den konventionellen Kältemitteln vergleicht.

Prof. Dr. Eberhard Wobst vom ILK sprach über Wasser als Kältemittel mit den Erfahrungen im Hintergrund, die mit der Anwendung in Kaltwassersätzen erzielt worden sind. Dieser zweistufige Turbokaltwassersatz mit Zwischenkühler ist eine optimale Lösung für die großen Volumenströme, die bei den geringen Verdampfungsdrücken von wenigen mbar zu fördern sind. Prof. Wobst vervollständigte seine Ausführungen mit den anderen Anwendungsmöglichkeiten für Wasser, für die teilweise auch Anwendungserfahrungen beim ILK vorliegen, nämlich

- die Dampfstrahlprozesse, die preiswert sind, dafür aber nicht so effektiv,
- die Absorptionsprozesse mit $H_2O/LiBr$,
- die Adsorptionsprozesse mit Wasser-Zeolith,
- die Hochtemperaturwärmepumpen und
- die DEC-Anlagentechnik.



Prof. Dr. Eberhard Wobst stellte den Kaltwassersatz mit Wasser als Kältemittel vor

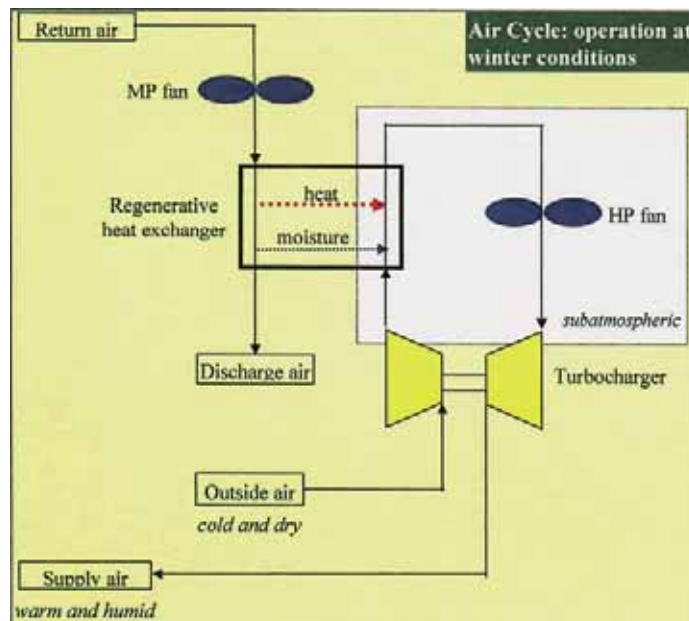
Dem Wasser folgte die Luft als Kältemittel. Dr. Ulrich Adolph sprach über die Kaltluftklimaanlage im Hochgeschwindigkeitszug ICE 3, mit der als Erstanwendung in solch einem System viele, auch schmerzhaft, Erfahrungen gesammelt werden konnten, die nur noch in Details bei der seit dem letzten Sommer im Fahrbetrieb eingesetzten Anlage wirksam werden können. Der größte Nutzen ergibt sich für weitere Entwicklungen, von denen eine im serienreifen Zustand mit hohem Niveau entstanden ist. Ein wichtiges Beurteilungskriterium ist der hohe Energieverbrauch, den die Luft erfordert, und worüber es durchaus unterschiedliche Auffassungen gibt. In Relation zu den Lebensdauerkos-

ten relativiert sich die Antriebsleistung als vertretbar, unter Umweltgesichtspunkten nur bei vergleichsweise hohen Leckraten der konventionellen Kältemittel. Die KK-Leser werden Gelegenheit haben, diesen Beitrag demnächst zu lesen.

Sietze M. van der Sluis, ehemals TNO/Niederlande und inzwischen zum FKW-Geschäftsführer avanciert, stellte Ergebnisse von Untersuchungen zum Einsatz von Kaltluftanlagen bei der Gebäudeheizung und -klimatisierung vor. Zur Untersuchung diente der zum Raum hin offene Prozess wegen der geringen Anzahl der Komponenten, als Wärmeübertrager sind lediglich regenerative und rekuperative Wärmeübertrager zur Nutzung der Enthalpiedifferenz zur Fortluft des Raumes vorgesehen. In einer ausgeklügelten Schaltung mit schneller Umschaltung des Regenerators werden nach mehreren erprobten Varianten erstaunlich gute TEWI-Werte für den Kaltluftprozess erreicht, die im Vergleich zum konventionellen Prozess ca. 30% geringer sind.

mobile Anwendungen mit einem frei laufenden Verdichter-Entspanner-Satz (Booster) und Vorverdichtung mittels Abgas-turbolader. Eine andere Lösung wäre die Mischung der Prozessluft mit einem bei dem Prozessdruck im Lastwärmeübertrager verdampfenden Medium, um eine größere Verdampfungsleistung zu erreichen.

Ein Hochdruckprozess könnte zu kleineren Fördervolumenströmen führen, damit den Einsatz von Hubkolbenverdichtern mit gutem Gütegrad ermöglichen und für die Gesamtanlage geringere Abmessungen ergeben. Mit den entwickelten CO_2 -Verdichtern für überkritische Anwendungen hätte man eine Einstiegsmöglichkeit in diese Lösung. Ebenso wäre mit einem Hochdrucksystem ein Drosselprozess im Bereich tiefer Temperaturen realisierbar. Damit könnte man auch energetische Gleichwertigkeit zu konventionellen Kaskadenschaltungen für Tieftemperaturprozesse erreichen.



Optimierter TNO-Kaltluftprozess im Heizungsmodus

Ein Blick in die Kristallkugel

Abschließend kam zusammenfassend Prof. Kruse noch auf die Entwicklungsmöglichkeiten der Kaltlufttechnik zu sprechen. Unter Verwendung der Druckwellenmaschine gäbe es günstige Lösungen für

Das Seminar des FKW bot, wie man aus dem kurzen Report entnehmen kann, eine Vielzahl von Erkenntnissen zur zukünftig verstärkten Nutzung natürlicher Kältemittel, in diesem Falle konzentriert auf Kohlendioxid, Wasser und Luft. Man hätte sich allerdings eine breitere Wirkung durch eine größere Teilnahme gewünscht. U.A.