

**FKW/ILK-Seminar: Stand und Anwendung natürlicher Kältemittel**

# CO<sub>2</sub> – (noch nicht) Stand der Technik

Die Headline dieses Beitrags beschreibt 2 Sachverhalte und ist gleichzeitig auch das Resümee des letzten Vortrags von Holger König, AXIMA Refrigeration GmbH, gehalten auf einem gemeinsamen Seminar des FKW Hannover und ILK Dresden am 14. März 2002 in Mainz: Für Kälte-träger-Anwendungen ist CO<sub>2</sub> heute tatsächlich „Stand der Technik“, wohingegen als Kältemittel eingesetzt dies (noch) nicht festgestellt werden kann. Allerdings ist CO<sub>2</sub> nur eine der natürlichen Alternativen.

10 Jahre ist es nun her, daß die Welt nach Rio de Janeiro blickte, wo im Juni 1992 auf der UN-Konferenz für Umwelt und Entwicklung in Rio (Erdgipfel) über 155 teilnehmende Staaten die Klimarahmenkonvention unterzeichneten, die 1994 in Kraft trat. Ihr Ziel ist die Stabilisierung der Konzentration der Treibhausgase in der Atmosphäre auf einem verträglichen Niveau. Außerdem betont sie die Verantwortung der Industrieländer, die den überwiegenden Teil der Treibhausgase verursachen und sich deshalb als erste im Klimaschutz engagieren sollen<sup>1</sup>.

Dieser 10te Jahrestag war der Anlaß für das For-



10 Jahre nach dem Erdgipfel in Rio veranstalteten das FKW Hannover und ILK Dresden ein gemeinsames Seminar, daß von Dr. Ralf Herzog eröffnet wurde

schungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH (FKW), Hannover, und das Institut für Luft- und Kältetechnik (ILK) Dresden, einmal eine gemeinsame Bestandsaufnahme zu machen, da beide Einrichtungen schließlich maßgeblich an der Erforschung und Entwicklung alternativer Möglichkeiten zur Kälteerzeugung im Bereich der Kälte-, Klima- und Lüftungstechnik beteiligt sind<sup>2</sup>.



Professor Dr.-Ing. Horst Kruse führte in die Veranstaltung ein, indem er u. a. über die Reduktionsziele bei den Treibhausgasen informierte

Reduktion von Treibhausgasen			
„Kyoto-Gase“: CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , SF <sub>6</sub> , N <sub>2</sub> O, PFC, HFC			
Emissionsreduzierungen (Bezugsjahr 1990):			
- USA	5%	2002/12	
- EU	8%	2002/12	
- Deutschland	21% (Emissionsgewicht)	2002/12	
Selbstverpflichtung Deutschland:			
- Bundesregierung	21% (CO <sub>2</sub> )	2005	
- BME	26% (CO <sub>2</sub> )	2006	
- Verbund	26% (CO <sub>2</sub> )	2008	
	21% (Kyoto-Gase)	2012	

<sup>1</sup> Verbindliche Verpflichtungen zur Reduktion der Treibhausgasemissionen enthält die Klimarahmenkonvention jedoch noch nicht, sondern legt den Vertragsstaaten nur gewisse Pflichten zur Berichterstattung und zum Technologietransfer in die Entwicklungsländer auf.

<sup>2</sup> Die Seminarunterlagen sind gegen eine Gebühr über das ILK oder das FKW erhältlich.

„Stand und Anwendungen natürlicher Kältemittel – ein Jahrzehnt nach der Klimakonferenz in Rio“ lautete dann auch der Titel dieser Informationsveranstaltung, die mit rund 40 Teilnehmern zufriedenstellend besucht war. Es ging darum, einmal aufzuzeigen, welche Möglichkeiten sich im Bereich „Kältemittel“ heute anbieten bzw. bereits im Einsatz befinden und wo weiterer Entwicklungsbedarf besteht. Im Mittelpunkt des Tages standen deshalb die Stoffe

- Ammoniak,
- Wasser,
- Luft und
- CO<sub>2</sub>, dem sich der größte Teil des Vortragsprogramms widmete<sup>3</sup>.

### Der Weg ist das Ziel

Jährlich traten seit Inkrafttreten der Klimarahmenkonvention die Vertragsstaaten zur Klimakonferenz zusammen, um die Konvention weiterzuentwickeln. 1997 wurde auf der dritten Vertragsstaatenkonferenz das Kyoto-Protokoll verabschiedet, das erstmals verbindliche Reduktionsziele für die Industriestaaten vorsieht. Mit diesen wichtigen Rahmenbedingungen befaßte sich in einem einführenden Vortrag Prof. Dr.-Ing. Horst Kruse vom FKW. Insgesamt sollen nämlich die wichtigsten Treibhausgasemissionen um rund 5 % bis zum Zielzeitraum 2008 bis 2010 reduziert werden. Die verschiedenen Industrieländer akzeptieren dabei unterschiedliche Reduktionsquoten:

- minus 8 % als gemeinsames Ziel für die EU-Mitgliedsstaaten, für die Schweiz und die meisten mittel- und osteuropäischen Länder,
- minus 7 % für die USA,
- minus 6 % für Japan, Kanada, Polen und Ungarn,
- 0 % für Rußland, die Ukraine und Neuseeland und
- 1 % für Norwegen, plus 8 % für Australien und plus 10 % für Island.

Das Kyoto-Protokoll ist bisher allerdings noch nicht in Kraft getreten. Um dies zu erreichen, muß das Protokoll von mindestens 55 Staaten ratifiziert werden, die ihrerseits wiederum mindestens 55 Prozent der Treibhausgasemissionen der Industrieländer im Jahre 1990 auf sich vereinigen müssen. (Der nächste Klimagipfel findet übrigens im September 2002 in Jo-

hannisburg statt). Prof. Kruse wies allerdings darauf hin, daß sich derzeit politische Entscheidungen in der Vorbereitung befinden, aufgrund derer der H-FKW-Ausstieg weiter verschärft werden könnte, was im Falle des Inkrafttretens auch für die deutsche Wirtschaft Auswirkungen haben würde.

Ungeachtet dessen ist die Entwicklung alternativer Technologien zur Kälteerzeugung ein fortschreitender Prozeß, wobei jedoch immer wieder darauf geachtet werden muß, wann welches System tatsäch-

lich seine Berechtigung findet (beispielsweise unter Berücksichtigung des TEWI-Wertes), um unter dem Aspekt des Umweltschutzes nicht den Teufel mit dem Belzeubub auszutreiben. Die Kältetechnik ist innerhalb eines Gesamtsystems außerdem nur ein Bereich, der zu betrachten ist, wenn es heißt, Energie einzusparen bzw. die Umwelt zu schonen. Was ist beispielsweise mit den eingesetzten Pumpen, mit der grundsätzlichen Planung von Anlagen, oder mit der Schnittstelle Anlage-Verteilnetz<sup>4</sup>?

**Pilotanlage überflutete Verdampfung**






- ◆ Kleine Leistung (30 kW)
- ◆ Kompakte Konstruktion
- ◆ Minimierte Ammoniak-Füllmenge (2,8 kg)
- ◆ Optimierte Sammler / Abscheider Vorrichtung

Daß Ammoniak auch im kleinen Leistungsbereich (30 kW) eingesetzt werden kann, zeigte Karsten Beermann von der Firma BTB Kältetechnik, wozu er auf praktische Erfahrungen aus einem gemeinsamen Projekt mit dem FKW verweisen konnte



Über positive Erfahrungen bei der Umstellung einer mobilen NH<sub>3</sub>-Kälteanlage auf das neuartige Gemisch NH<sub>3</sub>/Dimethylether (inoffiziell R 723), berichtete Anton Steiner, vom schweizer Anlagenbauer Walter Wettstein AG



Auf Anwenderseite befaßt sich im Lebensmittelbereich die Linde AG seit Jahren mit dem Einsatz natürlicher Kältemittel als Ersatz für den bislang am weitesten verbreiteten Einsatz von R 404A. S. Haaf präsentierte auf zahlreichen Langzeiterfahrungen und Untersuchungen basierend vergleichende Darstellungen von Systemen, die mit R 404A, Propen, NH<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub> betrieben werden, unter den Gesichtspunkten TEWI, Energieverbrauch und Investitionskosten

<sup>3</sup> Binäres als alternatives Kälteübertragungsmedium wurde im Rahmen des Seminars nicht besprochen.

<sup>4</sup> Siehe hierzu auch den Kommentar von Prof. Dr.-Ing. Fritz Steinle in Zusammenhang mit seinem Referat „Erfahrungen mit Wasser-Kompressionskältemaschinen“ auf Seite xx dieser Ausgabe.

**Veröffentlichte KK-Beiträge im Zusammenhang mit alternativen Kältemitteln**

- EuroShop 2002; KK 04/02
- CO<sub>2</sub> kompakt verpackt; KK 03/02
- DKV-Tagung (2); KK 03/02
- DKV-Tagung (1); KK 02/02
- NH<sub>3</sub>-Ein ausgezeichnetes Kältemittel liegt so nahe; KK 01/02
- ASERCOM-Symposium 2001; KK 12/01
- CO<sub>2</sub> auf dem Vormarsch; KK 12/01
- 10 Jahre ExCom; KK 11/01
- Nestlé setzt auf NH<sub>3</sub> und CO<sub>2</sub>; KK 11/01
- Einsatz von NH<sub>3</sub> im Supermarkt; KK 10/01
- Von R 22/Eiswasser auf NH<sub>3</sub>/Binäreis; KK 10/01
- Kältemaschinenöle; KK 10/01
- CO<sub>2</sub>-Semihmetikverdichter; KK 10/01
- FKW-Seminar: CO<sub>2</sub> als Kältemittel; KK 09/01
- CO<sub>2</sub> – Ein altes Kältemittel mit neuer Zukunft; KK 09/01
- Sicherheitseinrichtungen für NH<sub>3</sub>-Kälteanlagen; KK 09/01
- IIR-Arbeitsgruppe Flüssigeis; KK 08/01
- ASERCOM-Empfehlungen für die Anwendung neuer Kältemittel; KK 07/01
- Binäreis hält Jura-Fleisch edel; KK 05/01
- Ingenieurmäßiges Planen mit NH<sub>3</sub> im gewerblichen Kälteanlagenbau; KK 04/01
- CO<sub>2</sub> und Propan im Supermarkt; KK 01/01

Die Beiträge können gegen eine Gebühr über das KK-Redaktionsbüro in Stuttgart bestellt oder von KK-Abonnenten auch im Internet-Archiv unter [www.diekaelte.de](http://www.diekaelte.de) eingesehen werden.

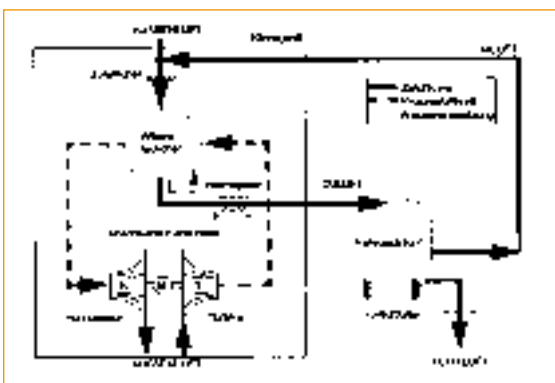


Ebenfalls aus dem Supermarktbereich stammte der Vortrag von Pierluigi Schiesaro vom italienischen Kühlmöbelhersteller Arneg. Dort befaßt man sich derzeit in Zusammenarbeit mit dem FKW mit der Entwicklung einer zwei-stufigen CO<sub>2</sub>-Supermarkt-kälteanlage, wozu es allerdings noch einige Hürden zu meistern gilt



Für Anwendungen im Klimabereich hat sich zwischenzeitlich auch Wasser als Kältemittel einen Namen gemacht. Hierzu wurde vor wenigen Jahren eine Wasser-Kompressions-kältemaschine für den Kälteleistungsbereich ab 400 kW entwickelt. Maßgeblich daran beteiligt ist auch das Institut für angewandte Thermodynamik und Klimatechnik von Prof. Dr.-Ing. Fritz Steimle, der über die jüngsten Erfahrungen mit dieser Alternative berichtete

Dr. Jürgen Süß vom dänischen Unternehmen Danfoss hatte sich für das Seminar einmal die Mühe gemacht, umfassende Informationen im Hinblick auf den aktuellen Entwicklungsstand bei CO<sub>2</sub>-Komponenten und Verdichtern zusammenzutragen. Sein Resümee: Im transkritischen Bereich besteht nach wie vor Entwicklungsbedarf sowie Bedarf an Langzeiterfahrungen, ehe freigegebene Komponenten, insbesondere Verdichter, verfügbar sein werden



Im mobilen Bereich eignet sich unter anderem das Kältemittel „Luft“. Hier spielt die Firma Liebherr eine führende Rolle, vor allem bei der Kühlung von Schienenfahrzeugen, auf diesem Bild dargestellt an einem offenen Unterdruckprozeß



*Abschließend informierte Holger König über Erfahrungen, die bislang bei AXIMA (ehemals Sulzer Escher Wyss) beim Einsatz von CO<sub>2</sub> gemacht wurden. AXIMA verfügt hier über große Erfahrungen, beispielsweise in Verbindungen mit Eisbahnen, wo CO<sub>2</sub> bereits mehrfach als Kälte­träger zum Einsatz kam. Sein Resümee ist bereits in der Headline zu diesem Beitrag zusammengefaßt*

Im Verlauf der Tagung waren es dann sowohl Anlagenbauer, wie auch Anlagenbetreiber, die über ihre Erfahrungen bei der Entwicklung bzw. dem Betrieb von Kälte- und Klimasystemen berichteten. In den vergangenen Monaten wurde in der KK regelmäßig über die beschriebenen bzw. ähnliche Anwendungen ausführlich berichtet weshalb dies an dieser Stelle nicht noch einmal, sondern lediglich verkürzt geschehen soll. Zur Orientierung ist diesem Beitrag aber eine Zusammenstellung der KK-Beiträge beigelegt, die auf Wunsch entweder über das KK-Redaktionsbüro angefordert, oder aber auch im Internetarchiv unter [www.diekaelte.de](http://www.diekaelte.de) eingesehen werden können.

Ein besonderes Augenmerk galt dabei jedoch dem Thema „CO<sub>2</sub>“, daß nach einem langen Dornröschenschlaf wieder erwacht ist, und, wie bereits erwähnt, für Anwendungen im unterkritischen Bereich als Kälte­träger durch viele gewerbliche, industrielle sowie Anwendungen im Lebensmittelbereich in Verbindung mit dem Kältemittel NH<sub>3</sub> „Stand der Technik“ geworden ist. Um CO<sub>2</sub> selbst als Kältemittel im transkritischen Bereich einsetzen zu können, bedarf es allerdings noch einiger Entwicklungen bzw. Untersuchungen (beispielsweise zur Ölproblematik, oder im Bereich der Verdichter), aber vor allem fehlen die so wichtigen Betriebserfahrungen. Dennoch wird hier die Zukunft liegen, zumindest für einen Teil der Alternativen bei der Anwendung natürlicher Kältemittel. *A. F.*

Kommentar

## Schnittstellen – und ihre Tücken in der Gebäudetechnik

Bei großen Klimaanlage oder einer Vielzahl von Klimaanlage in einem Gebäudeareal wird die Kälteversorgung der einzelnen Bauteile mit Hilfe eines Kaltwassernetzes durchgeführt. Das Problem bei diesen Systemen ist vorwiegend der Teillastbetrieb, da dort nur ein kleiner Prozentsatz der Kälteleistung abgerufen wird.

In der Praxis wird von den Klimaingenieuren die Anlage ausgelegt und der maximale Kältebedarf bestimmt. Eine Kältemaschinenfirma liefert den oder die Kaltwassersätze mit der Auflage bei einer Rücklauftemperatur von 12 °C, eine Kaltwasservorlauftemperatur von 6 °C sicherzustellen. Das gesamte Rohrnetz, also die Verbindung der Kältezentrale mit dem Endnutzer, wird häufig durch eine dritte Firma ausgeführt. Dabei werden die Eigenarten der Kältenutzer und der Kälteerzeuger nicht genügend berücksichtigt. Soll z. B. in größeren hydraulischen Anlagen unverzüglich Kaltwasser mit einem gewissen Vordruck zu einem beliebigen Zeitpunkt an einem beliebigen Verbraucher anstehen, so kann es sein, daß bei geringer Kälteleistungsabnahme der Fördervolumenstrom der Netzpumpen immer noch relativ hoch ist (30–40 % des Nennvolumenstroms). Dadurch liegt die Rücklauftemperatur nur weniger als 1 K oberhalb der Kaltwasservorlauftemperatur. Damit bekommt die Kältemaschine einen zu kalten Rücklauf und kühlt das Kaltwasser deutlich unter die vorgesehenen 6 °C ab, falls dies in der internen Regelung zulässig ist. Ist dies nicht der Fall, fängt die Kälteanlage an zu takten.

Der Planer solcher Systeme muß aus dieser Kenntnis heraus drei wesentliche Schlußfolgerungen ziehen:

- Die Kältemaschine selbst reagiert in ihrem Leistungsverhalten und in ihrem Regelverhalten sehr unterschiedlich auf die absinkende Verdampfungstemperatur. Die Anlagen mit den bisher eingesetzten Kältemitteln (z. B. Ammoniak, 134a, 407C ...) weisen dabei

eine Abnahme der Leistungszahl auf und gehen bei zu geringer Last in den unerwünschten Taktbetrieb. Diese Anlagen haben jedoch keine betriebstechnischen Probleme. Anders sieht es aus, wenn z. B. eine Kompressionskälteanlage mit Wasser als Kältemittel vorhanden ist, deren Verdampfungstemperaturen höher als 0 °C sein müssen. Um diese Technologie in bezug auf die Umweltneutralität und das energetische Verhalten im vollen Umfang ausnutzen zu können, ist die Abstimmung des Wassernetzes mit der Kältemaschine dringend erforderlich.



Prof. Dr.-Ing. Fritz Steimle während seines Vortrags „Erfahrungen mit Wasser-Kompressionsmaschinen“ im Rahmen des FKW/ILK-Seminars Mitte März 2002 in Mainz

- Die energetische Effizienz des Gesamtsystems hängt nicht allein von den üblicherweise guten Leistungszahlen der Kältemaschinen ab. Ein wesentlicher Bestandteil der auftretenden „Kälteenergiekosten“ in den oben beschriebenen hydraulischen Systemen verursachen die relativ großen Netzpumpen und die internen und externen Pumpen der Kälteanlage. Prozentual gesehen sind die elektrischen Anschlußleistungen der Verdichter wesentlich höher. Durch die speziellen Anforderungen der Verbraucher an bestimmte Netze laufen die Netzpumpen 24 Stunden am Tag, während die Verdichter der Kälteanlage nur 20–30 % der Laufzeit aufweisen. Dieses tritt vor allen bei Systemen zutage, wo die Kälteversorgung zur Klimatisierung gekoppelt ist mit der Abfuhr von Prozesswärme. Der maximale Energiebedarf zum Antrieb der Verdichter in den Kälteanlagen liegt im Sommer vor,

während sich dieser in den Herbst- und Wintermonaten wesentlich reduziert. Der elektrische Energiebedarf zum Antrieb der Netzpumpen reduziert sich zwar auch, aber nicht in dem Maße, wie es bei den Verdichtern der Kälteanlage festzustellen ist.

- Die Verknüpfung des Kaltwasserkreislaufes der Kältemaschinen mit dem Kaltwasserverteilsystem wird häufig über eine sogenannte hydraulische Weiche durchgeführt. Dabei werden verschiedene Ausführungen, z. B. mit 4 oder 3 Rohranschlüssen in der Praxis, eingesetzt. Wird seitens des sach-

kundigen Planers kein besonderes Augenmerk auf die Programmierung der unter- und übergeordneten Regelung aller Anlagenteile gelegt (insbesondere der Pumpen), kommt es durch unnötige Beimischung zur Vermichtung von „Kälteenergie“ und somit zum erhöhten Energiebedarf zur Bereitstellung der Kälte.

Es ist also seitens der Planer dringend erforderlich die erwähnten, drei Teile (Kälteanlage, Weiche, Netz) zusammen sachkundig zu planen und dann das Gesamtkonzept zu verantworten.

Im Rahmen des Vortrags von Prof. Steimle während des FKW/ILK-Seminars in Mainz kam die Diskussion auf die Problematik der Energieverschwendung im TGA-Bereich, wenn im planerischen und daraus resultierend im anlagentechnischen Bereich Schnittstellen zwischen den am Bau beteiligten Planungsinstanzen bzw. Gewerken nicht bedacht werden. Auf Anfrage der KK-Redaktion verfaßte Prof. Steimle diesen Kommentar, da die beschriebene Thematik große Potentiale und Möglichkeiten für zukünftige Maßnahmen zur Energieeinsparung im haus- und gebäudetechnischen Bereich in sich birgt.