

# Kohlendioxid als Kältemittel

*Seminar an der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik Maintal*

*CO<sub>2</sub> ist in aller Munde, aber noch nicht in allen Köpfen. Das könnte man zur Erklärung des am 28. September 2005 an der BFS in Maintal stattgefundenen Seminars an die Spitze stellen. Immer wieder kommt in der kältetechnischen Praxis die Frage – auch bei diesem Seminar – wie geht es denn nun weiter mit dem Naturstoff CO<sub>2</sub> als Kältemittel? Seit über 15 Jahren im Gespräch, in Arbeit und weitgehend auch in anlagentechnischen Musterinstallationen, aber noch immer nicht All-gemeingut. Das Seminar konnte 18 wissbegierige Teilnehmer aus ganz Deutschland und der Schweiz, aus Entwicklung und Anwendung, aus Handel und Handwerk mit dem aktuellen Stand vertraut machen. Fünf kompetente Referenten berichteten aus ihrer Arbeit und gaben ihr Wissen und ihre Erfahrungen zu dieser Thematik weiter.*

Nach den einführenden Worten von Jörg Peters im Sinne dieser Fragestellung trug Ingo Kluge den BFS-Beitrag zu Problemen bei der Anwendung von CO<sub>2</sub> als Kältemittel vor. Dabei war es interessant, noch einmal den historischen Rahmen von der Erstanwendung dieses Kältemittels bis in die Gegenwart zu spannen. Das sind die wichtigsten Stationen:

- 1835 gelingt es Thilorier festes CO<sub>2</sub> herzustellen. Damit hatte man Trockeneis für Laborarbeiten zur Verfügung
- 1869 bis 1885 leistet Windhausen Entwicklungsarbeiten für CO<sub>2</sub>-Kälteanlagen
- 1881 wird eine CO<sub>2</sub>-Kälteanlage von Linde entwickelt, in Augsburg gebaut und bei Krupp in Essen in Betrieb genommen
- 1894 erarbeitet Mollier die Dampftafel für CO<sub>2</sub> und 1904 ein Druck-Enthalpie-Diagramm
- Seit 1900 Verwendung von CO<sub>2</sub> in Großkälteanlagen, für Schiffskälteanlagen und Klimaanlage, Verwendung von Trockeneis für den Lebensmitteltransport
- In den 30er Jahren verlor CO<sub>2</sub> wegen der Entwicklung der anderen Kältemittel mit entsprechenden Vorteilen gegenüber CO<sub>2</sub> an Bedeutung, nur im Schiffbau blieb es bis in die 50er Jahre dominierend

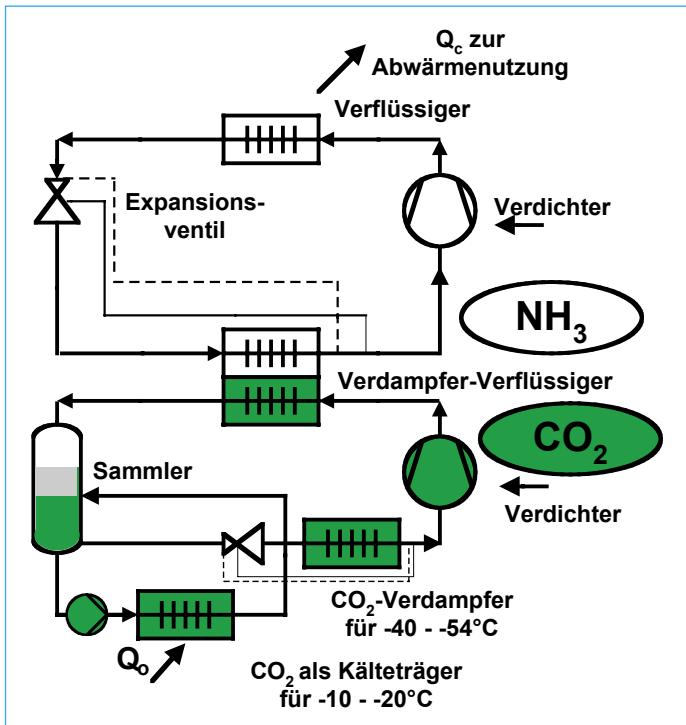
- In den 60er Jahren verschwindet CO<sub>2</sub> fast völlig aus der Kältetechnik
- Die Entdeckung der ozonzerstörenden Wirkung der chlorierten Kältemittel FCKW und die Suche nach Ersatzstoffen führt Ende der 80er Jahre Lorentzen wieder auf die CO<sub>2</sub>-Spur und er schlägt zunächst die überkritische Anwendung bei der Kraftfahrzeugklimatisierung vor



*Die Organisatoren und Referenten der BFS Jörg Peters und Ingo Kluge bei einer letzten Absprache zur Durchführung des Seminars*

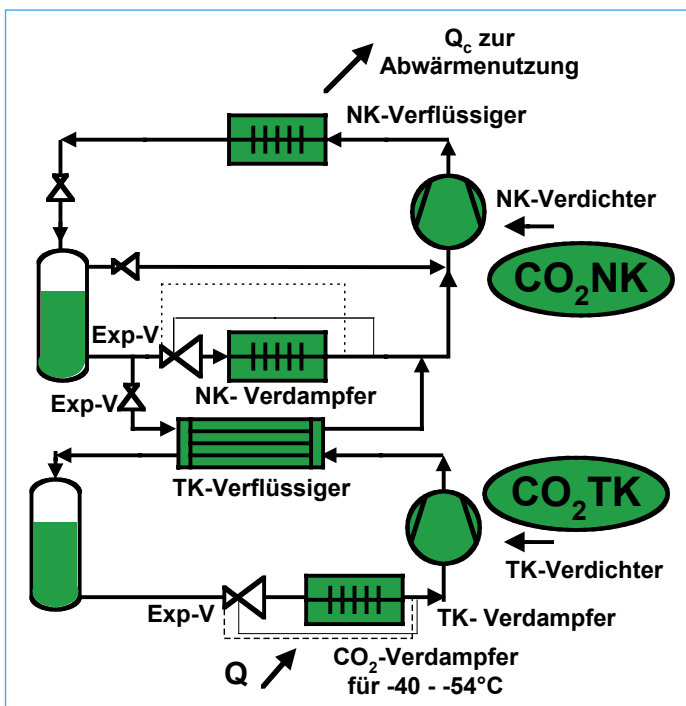


*Die Teilnehmer folgten aufmerksam den Vorträgen des CO<sub>2</sub>-Seminars am 28. September in der Bundesfachschule Kälte-Klima-Technik in Maintal*



Anlagenschema einer  $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ -Kaskade mit zusätzlichem  $\text{CO}_2$ -Umlauf als Kälte-träger für eine höhere Temperaturstufe

Seitdem wird intensiv an der Verwirklichung dieses Vorschlags gearbeitet, verstärkt auch unter dem Gesichtspunkt der Wirkung des Treibhauseffekts infolge der Kältemittlemissionen. Alle namhaften Hersteller von PKW-Klimaanlagen haben heute seriennahe Entwicklungen, der Anwendungsbeginn liegt für neue PKW-Plattformen nach den Regeln der EU im Jahre 2011. Wäre da nicht der Pferdefuß, dass auch das Kältemittel R 152a in Betracht käme, da die EU nicht  $\text{CO}_2$  oder sonst ein konkretes Kältemittel vorschreibt, sondern lediglich ein Kältemittel mit dem GWP-Wert von unter 150  $\text{kg CO}_2$  je  $\text{kg}$  verwendetes Kältemittel. Und da kommen eben diese beiden in Betracht, das eine mit völlig neuer Techno-



Anlagenschema der Nur- $\text{CO}_2$ -Kaskadenanlage für Supermarkt-kühlung



Ergebnis der Dekompression eines Elastomers (FPM WS 12.907)

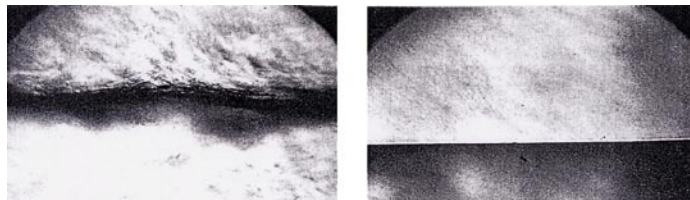
(Prüfbedingungen: Temperatur 25 °C, CO<sub>2</sub>-Druck 50 bar, Druckwechsel 180 min Hochdruck, 60 min entlastet. Das zu prüfende Material wurde jeweils 6-mal be- und entlastet.)

logie und das andere mit der Eigenschaft der Brennbarkeit. Man kann Wetten darauf abschließen, wie die Lösung schließlich sein wird, Fakt ist, dass diese offene Frage bei dem Seminar auch nicht beantwortet werden konnte. Also muss man sich, will man zum gegebenen Zeitpunkt auf der Höhe der Zeit sein, schon jetzt mit dem CO<sub>2</sub> befassen<sup>1</sup>.

Und noch einen Grund zur Teilnahme am Seminar gab es: Die unterkritische Anwendung von CO<sub>2</sub> in Tieftemperaturstufen von Großkälteanlagen in Kaskadenschaltung zur Ablösung von zweistufigen NH<sub>3</sub>-Lösungen sowie die Nutzung von CO<sub>2</sub> als Kälteüberträger sind seit Ende der 90er Jahre Stand der Technik. Darüber sollte man also als Kältetechniker etwas wissen. Diese gegenüber der Kfz-Klimatisierung später begonnene Entwicklung bringt viele technische und wirtschaftliche Vorteile mit sich, so dass deren Nutzung keine Frage mehr ist. Darauf wies besonders Dr. Adolph in seinem Vortrag hin. Zu den entscheidenden und unstrittigen Vorteilen gehören u.a.

- die gegenüber NH<sub>3</sub> mögliche tiefere Verdampfungstemperatur von -54°C bei der Gefriertrocknung, die zu effektiveren Prozessen führt
- die Verkleinerung der Anlagenkomponenten in der Tieftemperaturstufe gegenüber NH<sub>3</sub> und damit verbunden die Kostensenkung und
- die Verringerung des Unsicherheitspotenzials der NH<sub>3</sub>-Stufe wegen der reduzierten Füllmengen

CO<sub>2</sub> am Phasenübergang von überkritisch zu unterkritisch und mit getrennten Phasen unterkritisch



Das sind offenbar die Gründe dafür, dass diese zweitgeborene Technologie zum erstgenutzten Verfahren geworden ist und sich sozusagen als Selbstläufer schnell weiter verbreiten wird.

Die neueste Entwicklung auf diesem Gebiet ist die Nur-CO<sub>2</sub>-Kaskade für die Supermarktkühlung. Nach Arbeiten am FKW in Hannover gemeinsam mit der Arneg S.p.A. und an der Universität Essen ist damit bei der Linde AG eine funktionsfähige Kaskadenanlage für Supermärkte realisiert worden. Die Besonderheiten daran sind die zweistufige Entspannung der Normalkühlstufe und zur besseren Beherrschung der Regelungsvorgänge die Anordnung des Kaskadenwärmeübertragers parallel zum NK-Verdampfer. Mit dieser Ausführung konnte für den Jahresenergieverbrauch im Vergleich zur konventionellen R404A-Anlage energetische Gleichwertigkeit nachgewiesen werden, mit zusätzli-

cher Wassereinspritzung auf den Gaskühler bei hohen Umgebungstemperaturen ergibt sich ein Verbesserungspotential<sup>2</sup>.

Im Seminarvortrag von Dr. Michael Sonnekalb über CO<sub>2</sub> in der Transportkühlung wurden die Entwicklungen von Konvekta für Kühl-Lastkraftwagen und für Busse dargestellt und die aktuellen Ergebnisse gezeigt. In den Feldversuchen mit mehrjährigem Praxistest der Anlagen konnte die CO<sub>2</sub>-Lösung als vorteilhaft sowohl hinsichtlich der Kälteleistung als auch der Umweltbelastung nachgewiesen werden. Die TEWI-Werte verringern sich wesentlich gegenüber R404A und sinken auf etwa 2/3 im Verteilerverkehr und auf unter 1/10 bei Biodieselantrieb des Fahrzeugs. Daraus wird der wesentliche Einfluss des Kraftstoffverbrauchs für die Kühlung eines Fahrzeugs deutlich.

Monika Knabe vom ILK Dresden stellte neue Ergebnisse zu den Werkstoffuntersuchungen im Zusammenhang mit dem Einsatz von CO<sub>2</sub> dar. Verschiedenste Elastomerwerkstoffe wurden den gebräuchlichen Beständigkeitsuntersuchungen unterzogen und für die meisten Anwendungen im nicht zu hohen Temperaturbereich ist immer ein geeignetes Elastomer zu finden. Anschaulich konnte aber auch die Problematik der Entspannung (Dekompression) von CO<sub>2</sub> bei Druckabsenkung beschrieben werden, wenn das Elastomer vorher in CO<sub>2</sub>-Atmosphäre einem hohem Druck ausgesetzt war. Für derartige Anwendungen, wie sie z. B. für Elastomere in Gleitringdichtungen charakteristisch sind, haben die vorgestellten Untersuchungen entsprechende Bedeutung.

Die Frage nach den verfügbaren Verdichtern für CO<sub>2</sub> und ihrer Charakteristiken stand im Mittelpunkt des Vortrags von Dr. Adolph. Während für die unterkritischen Anwendungen außer der Neubestimmung der Einsatzgrenzen und der richtigen Ölauswahl aus dem inzwischen verfügbaren Spektrum der Firma Fuchs kaum konstruktive Veränderungen am Verdichter gegenüber dem Einsatz der konventionellen Kältemittel notwendig



Ingo Kluge bei der Inbetriebnahme der Laborkälteanlage, im Vordergrund der offene Zweizylinderverdichter (Fa.Bock)

<sup>1</sup> Die gesamte Problematik der Kältemittelregulierung in der EU und der CO<sub>2</sub>-Anwendung ist in mehreren Beiträgen aktuell in der KK Die Kälte & Klimatechnik, Heft 9/2005, abgehandelt.

<sup>2</sup> Haaf, S. u.a.: Erste CO<sub>2</sub>-Kälteanlage für Normal- und Tiefkühlung in einem Schweizer Hypermarkt, KK Die Kälte & Klimatechnik, Heft 2/2005, S. 41-46



*Die Referenten des Seminars (v.l.): Jörg Peters und Ingo Kluge von der BFS, Monika Knabe (ILK), Dr. Michael Sonnekalb (Konvekta), Dr.-Ing. Ulrich Adolph*

sind, müssen für die überkritische Anwendung neue Verdichter entwickelt bzw. vorhandene wesentlich verändert werden. Die Hersteller für Kfz-Klimaanlagen haben dafür Axialkolbenverdichter als vorteilhafte Lösung entwickelt, für Autobusklimatisierung und Kühltransportfahrzeuge stehen offene Zweizylinderverdichter zur Verfügung und für Anwendungen mit Dreh-

stromantrieb sind auch Halbhermetikverdichter in Entwicklung. Für überkritische Anwendungen im Leistungsbereich der Hermetikverdichter kann auf eine Entwicklung von Danfoss verwiesen werden, daneben hat auch Embraco eine Lösung geschaffen. Die Verfügbarkeit aller dieser neuen Verdichter beschränkt sich noch auf Erprobungsanwendungen.

Schließlich wurden die Teilnehmer umfassend mit der Versuchsanlage in der BFS vertraut gemacht. Ingo Kluge berichtete über deren Errichtung und die dabei gesammelten Erfahrungen in der Schwingungsabwehr, über die Leistungswerte und über das Betriebsverhalten bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen. Die Teilnehmer konnten im Labor der Inbetriebnahme beiwohnen und verfolgen, wie die Parameter bei entsprechenden Einstellungen reagierten.

Es konnte auch anschaulich gezeigt werden, wie der Phasenübergang von unterkritisch zu überkritisch erfolgt, eine Frage, die Seminarteilnehmer immer wieder stellen.

Abschließend konnte für den Seminartag eine positive Bilanz gezogen werden. Die Fragestellung „Ist CO<sub>2</sub> die Kältemittellösung für die Zukunft“ wurde übereinstimmend beantwortet mit „Nein, es ist ein Teil der Zukunft. Lasst uns daran arbeiten, besonders an günstigen energetischen Lösungen“ Davon überzeugt ist auch U. A.