

Ausgewählte Fachbeiträge

Deutsche Kälte-Klima-Tagung 2005

16.–18. November im Maritim Hotel Würzburg

Die Tagung des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins 2005 in Würzburg konnte auf ein ausgewogenes und mit hoher Qualität dargebotenes Vortragsprogramm verweisen. Es wurde deutlich, dass in der Vorbereitung nicht der Zufall regierte, sondern dass die Zusammenstellung der Vortragskomplexe einer guten Abstimmung vor allem durch die Obleute der Arbeitsabteilungen geschuldet war.

Die Teilnehmer hatten wie auch der Berichterstatter infolge der parallelen Sitzungen von bis zu fünf Arbeitsabteilungen nur selten wirklich Gelegenheit, alle sie interessierenden Vorträge zu besuchen. Das ist so gewollt, hat sich in vielen Jahren so bewährt und lässt auf das Erscheinen der gedruckten Vorträge warten, mit denen man dann mancherlei nachholen kann.

Hier sollen beispielhaft einige der Vorträge näher referiert werden, die der Berichterstatter stellvertretend für die Leser und als Anregung für weiteres Informieren mit den Originaltexten ausgewählt hat. Einige der Vorträge werden in den kommenden Ausgaben auch in der KK veröffentlicht.

In der AA II.2 startete das Programm mit **Rolf Blumhardt**, der über neue **Entwicklungen bei Bitzer-Schraubenverdichtern** berichtete. Damit stand ein Vortrag an der Spitze, der sich einem konstruktiven Thema widmete und deutlich

machte, dass sich in der Erzeugnisentwicklung die technischen Fortschritte der Produkte widerspiegeln. Die neue Baureihe HSK 85 für Tief-, Normal- und Klimakühlung ist oberhalb 250 m³/h bis zu 410 m³/h angesiedelt. Es werden auf der Grundlage neuer konstruktiver Lösungen höhere Gütegrade als bei vergleichbaren Erzeugnissen erreicht. Dazu zählen ein neues Rotorprofil mit geringeren Rückströmverlusten, ein geringeres Steuerschieberspiel mit reduzierten Spaltverlusten, Economiserbetrieb im gesamten Leistungsbereich und eine Vi-Anpassung.

Wichtige bisher extern zu installierende Komponenten wurden zur Verringerung des Montageaufwands innerhalb des Verdichters integriert. Zur Geräusch- und Pulsationsdämpfung kommt ein interner Helmholtzresonator zum Einsatz, der auf der Druckseite die Schwankungen von 0,45 bar auf 0,15 bar reduziert. Ein optimiertes Ölmanagement mit der Verwen-

dung einer höheren Ölviskosität, Ölfilter mit Verschmutzungskontrolle tragen zur Steigerung der Zuverlässigkeit ebenso bei wie die neue Lagerauslegung und -gestaltung. Alle Anschlüsse, die zugänglich sein sollen, liegen konsequent auf einer Bedien- seite. Der Ölabscheider ist in Verbundanlagen für bis zu sechs Verdichter gemeinsam benutzbar.

Die Vorträge, die sich mit CO₂ als Kältemittel und mit seinen Anwendungen beschäftigen, waren wiederum entsprechend der Bedeutung dieses Naturstoffes in der kälte- und klimatechnischen Entwicklungsarbeit zahlreich vertreten. Eröffnet wurden die in drei AA eingestuften Vorträge von **Armin Hafner** vom **SINTEF-Institut** in Trondheim. Er gab einen Überblick über die ersten Gedanken von Lorentzen bei der Wiederbelebung des CO₂ als Kältemittel, über die gegenwärtigen Arbeiten und über die vorhersehbare Zukunft der Entwicklungsergebnisse bei der transkritischen Anwendung dieses Kältemittels.

Hafner ging auf die für die Effektivität wichtige Hochdruckregelung ein und nannte die verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten, wobei der aktive Speicher auf Hochdruck-, Mitteldruck- oder Niederdruckseite angeordnet werden kann. Die verschiedenen Variationen des Prozesses, die bisher bekannt geworden sind, werden mit dem Ziel angewendet, die thermodynamischen Nachteile des CO₂ hinsichtlich des erreichbaren COP zu kompensieren. In diesem Sinne wurden untersucht und in die Praxis eingeführt:

- die mehrstufige Verdichtung und Expansion,
- die Trennung von flüssiger und gasförmiger Phase,
- der Innere Wärmeübertrager,
- die arbeitsleistende Entspannung.

Bei der Anwendung von CO₂ in der Praxis wurde auf einigen Gebieten schon ein hoher Entwicklungsstand erreicht. Das sind vorrangig:

Neuer Schraubenverdichter von Bitzer mit integrierter Peripherie



-
- Warmwasserwärmepumpen für Haushalt und Industrie,
 - Fahrzeugklimaanwendungen (Pkw und Busse),
 - Kommerzielle Kälteanlagen, z. B. in Supermärkten.

Entwicklungen konzentrieren sich auf

- Fahrzeugwärmepumpen bzw. reversible Klima-Wärmepumpenschaltungen,
- Getränkeköhlaggregate,
- Transportkälteanlagen (Container, Lkw, Schiffe),
- Reversible Hausklima- und -Wärmepumpenanlagen.

Besonders auf diese Hausanwendungen und auf die Entwicklung von Kaltwassersätzen wird sich die zukünftige Entwicklungsarbeit richten. Dabei ist zu beachten, dass die ursprüngliche Entwicklungsmotivation vom Umweltgesichtspunkt erweitert werden muss auf die Energieeffizienz.

Dem Thema der Verbesserung der Energieeffizienz von CO₂-Anwendungen widmete sich der anschließende Vortrag von **Josef Riha** und **Hans Quack** von der **TU Dresden**. Sie widmeten sich der Nutzung der Entspannungsarbeit bei der CO₂-Anwendung auf der Grundlage der bisher an der TU entwickelten direkt wirkenden Kolbenverdichtungs- und Entspannungsmaschine.

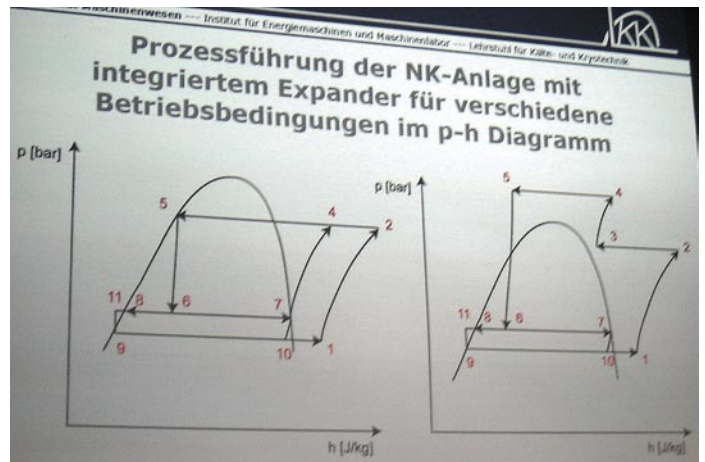
Dabei wird von der Anwendung in der Normalkühlstufe von Supermarktkälteanlagen ausgegangen. Bei diesen ist es aufgrund der klimatischen Verhältnisse in Mitteleuropa möglich, für einen großen Teil des Jahres eine transkritisch für die Maximallast ausgelegte Anlage unterkritisch zu betreiben. Um dann noch den Expander arbeitsleistend zu nutzen, ist eine andere Dimensionierung der Arbeitsräume erforderlich. Die bisher an der TU Dresden entwickelte dreistufige Entspannungsmaschine bietet dabei die günstige Gelegenheit, die beiden ersten Entspannungsstufen parallel zu schalten und damit im zweistufigen Entspannungsbetrieb günstige Effekte zu erreichen. Im transkritischen Betrieb wird eine COP-Verbesserung von 40% erreicht, im unterkritischen Betrieb durch die Umschaltmöglichkeit immerhin noch 20%. Durch die Verdichtungsstufe in der Expansionsmaschine wird der Verdichtungsdruck des Hauptverdichters gesenkt und damit werden auch dessen Daten günstiger. Zudem wird seine mechanische und thermische Belastung reduziert, so dass seine Zuverlässigkeit günstig beeinflusst wird.

Eine andere Lösung für die Expansionsnutzung bei CO₂-Anlagen wurde von Horst Kruse und Eduardo Martin vom FKW Hannover vorgestellt. Für die Entwicklung wurde ein Zweizylinder-CO₂-Verdichter von Bock so umgebaut, dass ein Zylinder als Expander arbeitet. Dieser funktioniert nach einem erstmalig von Doll und Eder für eine Linde-Helium-Expansionsmaschine vorgestellten Prinzip, das eine Steuerung der Fluidströme allein durch den Arbeitskolben ermöglicht. Im Rahmen der Optimierungsarbeiten wurden die Ein- und Ausströmquerschnitte und der wirksame Hub untersucht, so dass die größtmögliche Entspannungsarbeit gewonnen werden kann. Die Ölschmierung mit Kolbenringen gewährleistet eine gute Dauerfunktion und Kolbendichtung. Mit 953 U/min wird transkritisch bei einem inneren Gütegrad von 0,49 ein COP von 2,9 erreicht, während im unterkritischen Gebiet der Gütegrad stark abfällt und sich das Prinzip als ungeeignet erweist.

Eine Supermarkt-Kälteanlage mit CO₂ sowohl für Normal- als auch für Tiefkühlung stellten **Bernd Heinbokel** und **Andreas Gernemann** von der Linde Kälte-technik vor (siehe hierzu ausführlich auch KK 2/2005, S. 41–47). Die TK-Stufe arbeitet einstufig und unterkritisch, kondensiert gegen die Verdampfungstemperatur der NK-Stufe und ist mit Wärmeübertragern stofflich von der NK-Stufe getrennt. Die NK-Stufe verdichtet einstufig und entspannt zweistufig in einen Zwischendruckbehälter und von dort in den Verdampfer. Mit dieser Schaltung wurde energetische Wettbewerbsfähigkeit zu den üblichen R404A-Anlagen erreicht, während die Investitionskosten noch deutlich darüber in der Größenordnung von indirekt arbeitenden Systemen liegen. Es wird weiter an dieser Lösung gearbeitet und es kann erwartet werden, dass auch dieser noch vorhandene Nachteil bei einer Serienfertigung überwunden werden kann. Bildlich (oben links) sind die Verhältnisse anschaulich dargestellt. Die Verdichterlösung für diese Anwendung stammt von der Firma Bitzer und befindet sich im Prototypstadium.

Eine Wärmepumpenanwendung mit CO₂ wurde von **Kai Kosowski** von der **TU Braunschweig** vorgestellt (gemeinsam mit Wilhelm Tegethoff und Jürgen Köhler). Bekanntermaßen können mit CO₂-Wärmepumpen höhere Wassertemperaturen erzeugt werden als mit konventionellen Geräten, wobei diese Lösungen den Vorteil der gleichenden Temperaturabnahme des Kältemittels im Gaskühler mit einer guten Effizienz belohnen. Bei Niedrigenergiehäusern mit überwiegend Warmwasserbedarf stellen diese Wärmepumpen eine Alternative zu Gasbrennwertkesseln und Solarenergienutzung dar. Durch den geringen Warmwasser-Massestrom wird eine gute Temperaturschichtung erreicht, die für den Gütegrad der Wärmepumpe von Bedeutung ist. Mit der Festlegung der Entnahmeschichtstellen können mehrere Temperaturniveaus z.B. für die Heizung und die Warmwasserbereitung genutzt werden. Die theoretischen Untersuchungen zu dem Prozess wurden durch eine experimentelle Anlage mit der Wärmequelle Grundwasser gestützt und als ideal für den Schichtenladespeicher erkannt. Die weiteren Untersuchungen sollen sich auf ein optimales Regelungskonzept und auf die Bestimmung und Bewertung des Jahresenergieverbrauchs richten.

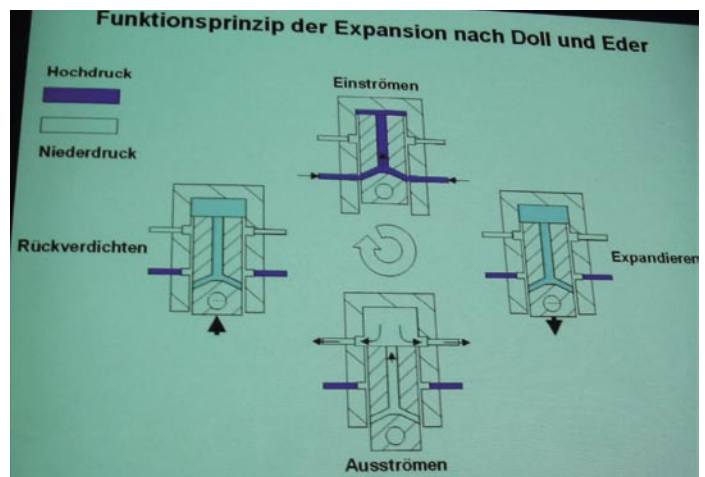
Einbindung des Expanders in die Supermarkt-Kälteanlage bei der NK-Stufe bei unterkritischem und transkritischem Betrieb



Die Vorträge zu CO₂ und seinen Anwendungen waren immer gut besucht



Funktionsprinzip der Expansion nach Doll und Eder



Zur CO₂-Anwendung gab es weiter einige Vorträge zu Verdichterkonzeptionen für die Klimatisierung von Kraftfahrzeugen.

Roman Heck von **Visteon Deutschland** untersuchte geeignete Verdichter für die unterschiedlichen Fahrzeugklassen, ausgehend von den unterschiedlichen Bestückungen bei den konventionellen R134a-Anlagen, nämlich Luxusauto mit extern geregelten Verdichtern, Mittelklasse mit extern oder intern geregelten und Kompaktklasse mit Festhub oder intern

geregelten. Bisher wurde bei CO₂ für alle Klassen mit externer Regelung gearbeitet, was die Verdichterkosten für die Klimatisierung von Kompaktautos auf 175% gegenüber R134a steigen lässt. Aus diesem Grund wird nun an Festhubverdichtern für die beiden unteren Fahrzeugklassen gearbeitet, was zwar auch noch zu Kostensteigerungen führt, die aber in akzeptabler Höhe von 115 bzw. 134% bei Mittel- bzw. Kompaktklasse liegen.

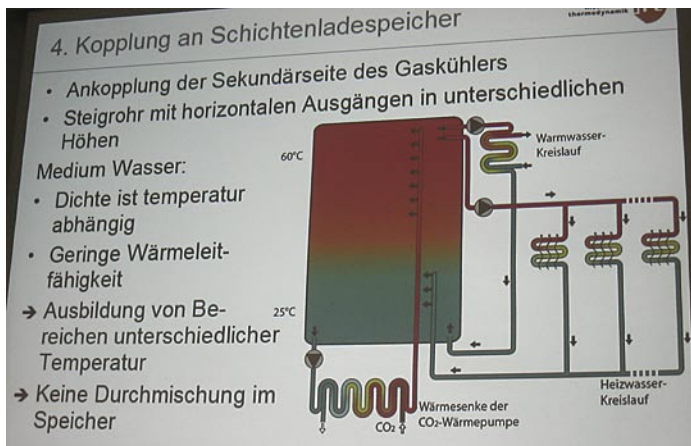
Gesamtbewertung verschiedener Kältemittel für den Einsatz in der Supermarkt-Kältetechnik

Art des Kältesystems	TEWI	Energiebedarf	Investitionskosten
R404A Direktverdampfung	* 😞	😊	😊
CO ₂ Direktverdampfung	😊	😊	* 😞
R404A Indirektes System mit Sole	😐	😞	😐
NH ₃ Indirektes System mit Sole	😐	😐	😞

😊 gut 😐 befriedigend 😞 nicht befriedigend * Verbesserungspotenzial

Bewertung der unterschiedlichen Konfigurationen von Supermarkt-Kälteanlagen – CO₂ ist günstig und hat Verbesserungspotenzial

Ein Citroen C3-Testfahrzeug mit Schaltgetriebe und Klimaautomatik war mit einem derartigen neuen Verdichter mit Festhub ausgestattet und unter Sommerbedingungen im Vergleich zur bisherigen R134a-Anlage geprüft worden. Dabei waren die beiden Wärmeübertrager entsprechend den günstigen Wärmeübertragungseigenschaften des CO₂ mit geringerer Tiefe ausgeführt. Nach 4...5 min war die Solltemperatur im Fahrzeuginneren erreicht, was vergleichbar mit R134a ist. Der CO₂-Verdichter konnte mit einem geringeren Massenträgheitsmoment ausgeführt werden, das ergibt sich aus der konstruktiven Lösung der Verdichter mit kleinerem Hubraum von nur ca. 1/6 der konventionellen Größe. Das verringert spürbar den Einschaltstoß des Klimaverdichters.



Nutzung eines Schichtenladespeichers in Kombination mit einer CO₂-Wärmepumpe zur Nutzung des guten Temperaturgleits für das CO₂

Bei LuK Fahrzeughydraulik beschäftigt sich man mit der ähnlichen Problematik. Jan Hinrichs legte Lösungswege für kostengünstige Festhubverdichter dar. Die Wahl fiel auf einen Radialkolbenverdichter mit 5 Kolben, bei dem aufgrund der Funktionsweise kein Axiallager erforderlich ist. Der Verdichter wird 70 mm kürzer und 20% leichter als sein vergleichbarer Axialkolben für R134a. Ein saugseitiger Ölabscheider und Ölsumpf verringern die Ölverschleppung. Mit dieser Lösung ohne Ein-Aus-Schaltregelung ist keine Druckregelung möglich, deshalb wird der Massestrom durch saugseitige Drosselung beeinflusst. Dabei ergibt sich ein Temperaturanstieg um ca. 10K auf der Druckseite und der Gütegrad wird bis zu 10% schlechter. Der Regelbereich muss unter Berücksichtigung dieser Fakten eingeschränkt werden, so dass für die kleinsten und höchsten Drehzahlen der Saugdruckregelung eine Ein-Aus-Schaltregelung überlagert werden muss. Hier war das Verständnis der Zuhörer nur bedingt auf der gleichen Welle, weil durch diese Zwitterlösung natürlich ein Teil des erarbeiteten Kostenvorteils wieder verschwindet. Da sich das Projekt noch in der Entwicklungsphase befindet, kann man gespannt auf die endgültige Lösung sein, zumal im Jahre 2006 die Komfort- und Gütegradfragen behandelt werden sollen. Vielleicht gibt es 2006 in Dresden dazu einen Fortschrittsbericht.

Kostenmotivation für die Entwicklung von einfacheren CO₂-Fahrzeugverdichtern (Visteon)

Motivation

- In den meisten R744 Fahrzeug-Klimaanlagen werden extern geregelte Kompressoren eingesetzt

	R134a		R744		
	Kompressor Typ	Systemkosten	Kompressor Typ	Systemkosten	Zunahme
Luxusklasse	extern ger. Kompr.	550-500	extern ger. Kompr.	726-660	132%
Mittelklasse	ext. & int. ger. Kompr.	480-430	"	726-660	152%
Kompaktklasse	Fest & int. ger. Kompr.	410-380	"	726-660	175%

Bewertung der Fahrzeugverdichter nach ihren Eigenschaften (LuK)

Merkmal	Hubvolumen	
	konstant, fix (scroll, vane-type)	variabel (piston-type)
Wirkungsgrad bei max. Massenstrom	😊	😊
Druckregelung	😞	😊
Ölwurf	😞	😊
Bauraum/Gewicht	😊	😞
Kosten	😊	😞

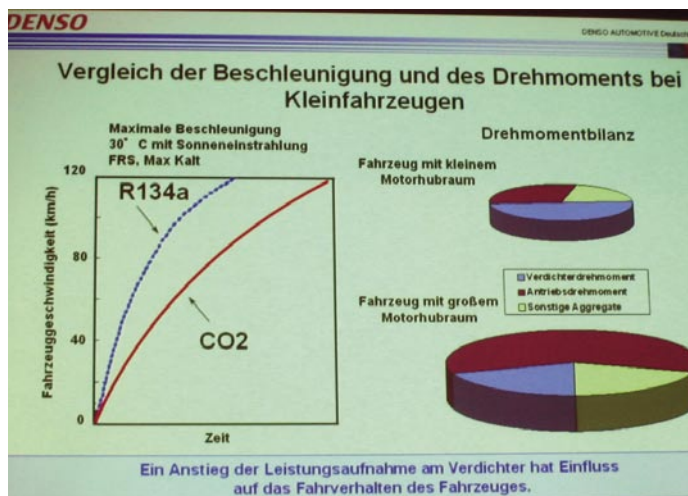
Der dritte im Bunde der Referenten, die über CO₂-Verdichter für Kleinfahrzeuge berichteten, war Stephan Kicherer von DENSO AUTOMOTIVE Deutschland.

Dabei geht es um Verdichter für alle Klimazonen. Ausgangspunkt für die Betrachtung von Kleinfahrzeugen ist der schlechtere COP-Wert von CO₂-Verdichtern gegenüber R134a bei hohen Umgebungstemperaturen und Leerlauf. Aufgrund dessen können vor allem bei Kleinfahrzeugen mit geringerem Motordrehmoment der erhöhte Benzinverbrauch und die verringerte Beschleunigung ein Problem werden. Die Fahrer von Kleinfahrzeugen kennen das schon beim Kältemittel R134a, und eine Verschlechterung ist kaum zu akzeptieren. Die Lösung des Problems beginnt beim Fahrzeugdesign mit längeren und dichterem Fahrzeugen und endet bei effektiveren Verdichtern, wobei der Verdichtergütegrad bis 20% besser sein soll. Hochdruckspitzen sollen vermieden werden, indem durch Eingriff in die Axialkolbenfeder eine angepasste Massestromregelung erfolgt. Zudem denkt man über einen Ejektor zur Absaugung aus dem Verdampfer und zur Aufladung des Verdichters nach, was den Systemgütegrad weiter verbessern würde. Der gegenwärtige Entwicklungsstand ist noch sehr im Fluss und viele überlegte Einzelheiten sind weiterhin zu klären.

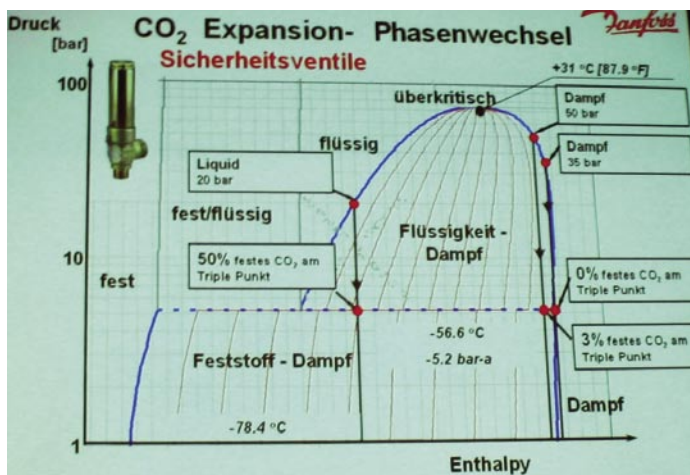
Zu den unerlässlichen Komponenten von CO₂-Fahrzeugklimaanlagen gehören die Kältemittelschläuche für die elastische Verbindung zwischen dem Verdichter einerseits und den beiden Wärmeübertragern andererseits. **Carlo Bukhardt** von der Firma **Witzenmann** zeigte in seinem Vortrag dazu die ganze Problematik deutlich auf. Grundsätzlich sind permeationsdichte Leitungen erforderlich, die ausreichend flexibel sein müssen und dabei den Beanspruchungen durch Fahrzeugschwingungen und Innendruck widerstehen. Heute werden für diese Zwecke ummantelte Metallschläuche verwendet. Als Anwendungsrisiken gelten Bersten, Korrosion, Verschleiß und Ermüdung. Während die drei ersten Risiken durch die Kenntnisse und Erfahrungen mit diesen Produkten ausgeschlossen werden können, ist die Ermüdung der dominierende Schädigungsmechanismus. Für die hohen Drücke muss man die Wanddicke erhöhen und die Wellenhöhe verringern, was aber zu einem Konflikt mit der Ermüdungsfestigkeit führt. Um die Schläuche ausreichend ermüdungsfest zu gestalten, müssen die Betriebslasten bekannt sein, denen sie im Fahrbetrieb ausgesetzt sind. Hierzu ist es notwendig, die tatsächlich in den 6 Achsen (3 x translatorisch und 3 x rotatorisch) ausgesetzt sind. Der Grund für die Verformungen sind vorrangig Lastwechsel durch Anfahren, Schalten, Bremsen sowie Schlechwegeanregungen. Da die realen Betriebslasten schwer zu ermitteln sind, werden aus Fahrversuchen und dabei getätigten Schwingungsmessungen Lastprogramme zusammengestellt, denen die Schläuche in einem Betriebslastennachfahrversuch unterzogen werden. Dazu gehören die Messung der Motorbewegungen bei typischen Fahrmanövern und die Simulation der gemessenen Verformungen auf einem Mehrachsenprüfstand mit einer der geplanten Lebensdauer entsprechenden Dauer. Dieser Versuch konnte den Tagungsteilnehmern in einer Visualisierung beeindruckend gezeigt werden. Da die Betriebslasten für jedes Fahrzeug anders sind, empfiehlt es sich für die Fahrzeughersteller, den Betriebslastennachfahrversuch als notwendige Maßnahme zur Auslegung ihrer konkreten Komponente durchzuführen bzw. durchführen zu lassen.

Zu Sicherheitsaspekten bei der Verwendung von CO₂ als Kältemittel sprach **Niels P. Westergaard** von **Danfoss**. Sowohl die Drucklage als auch die Eigenschaften des Gases erfordern entsprechende Aufmerksamkeit. Da das CO₂ bei Verdampfungstemperaturen bis zum Tripelpunkt und Verdicht-

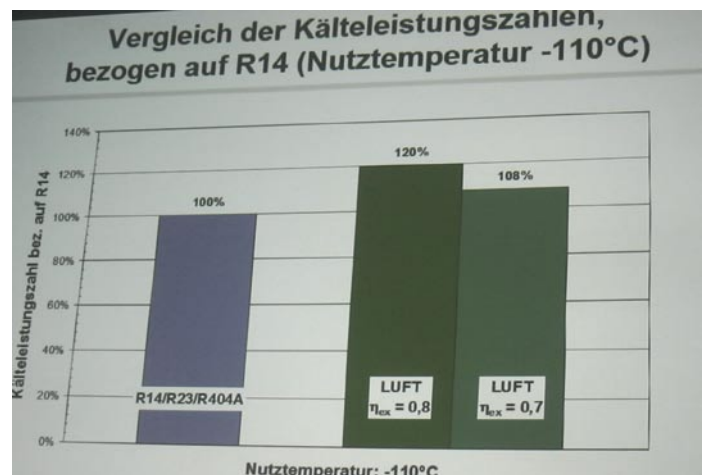
Vergleich der Beschleunigung und des Drehmoments bei Kleinfahrzeugen



Carlo Bukhardt zeigt einen ummantelten Metallschlauch für CO₂-Anwendungen, der den Betriebslastennachfahrversuch für seinen Anwendungsfall bestanden hat



Anforderungen an Sicherheitsventile bei den unterschiedlichen Druck- und Temperaturbedingungen



Vergleich der Kälteleistungszahlen von Luftprozess und FKW-Kaskade bei -110°C

tungstemperaturen bis weit über den kritischen Punkt benutzt wird, sind die entsprechenden Eigenschaften zu berücksichtigen. CO₂ ist zwar nicht giftig, aber durch die Verdrängung von Sauerstoff ist es so gefährlich wie andere Stoffe mit der gleichen Gefahr. Zudem hat es direkten Einfluss auf den menschlichen Atmungsprozess. Der IOR Sicherheitscode lässt 5000 ppm als Luftbestandteil-Grenzwert zu, während ab 20000 ppm wirkliche Gesundheitsschäden eintreten. Bei 100000 ppm fällt der Mensch ins Koma und bei 300000 ppm tritt der Tod ein. Deshalb sind die Maschinenräume zu überwachen und als Ansprechschwelle für einen Voralarm gelten 20000 ppm. Die Detektion ist mit Infrarotgeräten zuverlässig möglich. Die ungewollten Drucksteigerungen gehen schneller als bei den konventionellen Kältemitteln vor sich, so dass die Anforderungen an Sicherheitsventile entsprechend höher sind. Im Niederdruckbereich ist zu beachten, dass sich Sicherheitsventile zusetzen können. Für das trockene Arbeiten

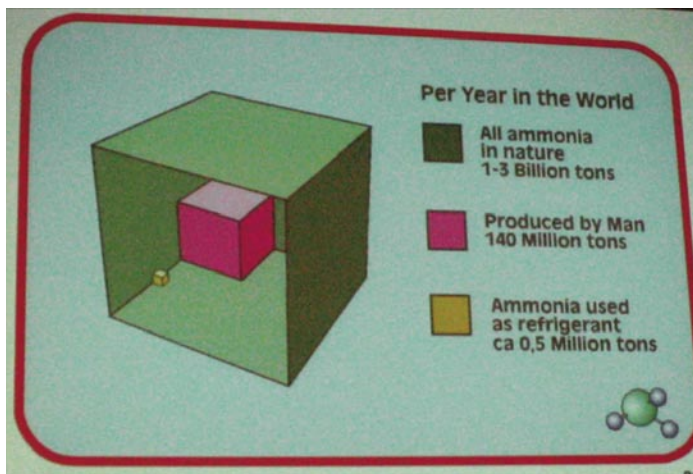
mit dem Gas bzw. der Flüssigkeit gelten ähnliche Bedingungen wie bei den anderen Kältemitteln. Man soll bei Montage, Befüllung und Wartung trocken arbeiten und auf alle Fälle in der Flüssigkeitsleitung einen Filtertrockner vorsehen.

Es gab weitere interessante Vorträge zur CO₂-Thematik, bezüglich derer auf die Veröffentlichung der Tagungsmaterialien verwiesen wird.

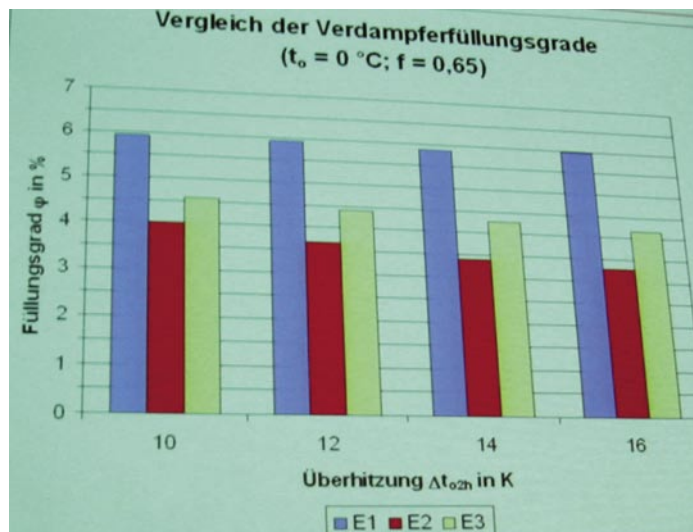
Horst Kruse und **Hans Rüssmann** vom **FKW Hannover** beschäftigten sich mit dem natürlichen Kältemittel Luft, allerdings auch in Relation zu CO₂ und zu den FKW. Es ging ihnen dabei um einen Systemvergleich, in dessen Ergebnis die ökonomisch und technisch sinnvollen Einsatzbereiche der Luft deutlich werden sollten. Es ergibt sich die Erkenntnis, dass der beiderseitig geschlossene Luftprozess bei den drücken des CO₂-Prozesses und vertretbaren Abmessungen für und dass der Temperaturbereich bis zu -120°C energetische Vorteile bringt. In anschaulichen Vergleichsdiagrammen für Abmessungen

und Energieverbrauch konnte das deutlich gezeigt werden. Dabei ist aber zu beachten, dass der Vorzugsbereich der Luft von der Verfügbarkeit eines geeigneten Expanders abhängt.

Zur Risikoeinschätzung bei der Verwendung von Ammoniak als Kältemittel sprach am Beispiel einer großen Industriekälteanlage **Anders Lindborg** von der **Ammonia Partnership**. Mit der Verwendung von Ammoniak liegen seit 125 Jahren Erfahrungen mit Mengen von bis zu 70 t Anlagenfüllung vor. Die betrachtete Anlage enthält 6 t Ammoniak und für die Alarmauslösung gelten 1200 ppm Ammoniak in der Luft in 200 m Entfernung 5 min nach dem Auftreten. Für die traditionelle Analyse liegen solche Einschätzungen zu Grunde wie Auswertung von Berichten über vergangene Schäden, die Einschätzung der Qualifikation des Bedienpersonals und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens einer schädigenden Konzentration. Als Erleichterung gilt dabei, dass das Ammoniak beim Verdampfen nach oben steigt. Im Ergebnis



Die als Kältemittel verwendete Ammoniakmenge im Verhältnis zu der in der Natur vorkommenden Menge



Untersuchung des Verdampferfüllungsgrades bei unterschiedlichen Bedingungen

kann eingeschätzt werden, dass bei der Verwendung von Ammoniak das Risiko im Vergleich mit anderen akzeptierten technischen Risiken keine außergewöhnlichen Gefahren zu erwarten sind.

Über die Reduzierung der Kältemittelmengen aus ökonomischer und ökologischer Sicht durch Optimierung des Sammlervolumens trug Michael Stalter vom **TWK Karlsruhe** vor. Eine Voraussetzung für die Bestimmung der Anlagenfüllmenge und damit des Sammlervolumens ist die Kenntnis des Füllungsgrades der einzelnen Anlagenkomponenten. Stalter hat zunächst Untersuchungen am Verdampfer als sehr einflussreichem Bauteil auf die Füllung untersucht. Dazu hat er bei einem vorgegebenen Verdampfer verschiedene Schaltungsvarianten und Überhitzungstemperaturen realisiert. Die Kältemittelfüllung des Verdampfers hat sich dabei mit unter 10% als wesentlich geringer ergeben als gewöhnlich angenommen wird. Die Verdampfungstemperatur und der Eintrittsdampfgehalt nehmen dabei nur einen geringen Einfluss auf den Füllungsgrad und bei konstantem Überhitzungsverhältnis bleibt der Füllungsgrad nahezu konstant. Dagegen beeinflussen die gewählten Rohrschaltungen den Füllungsgrad deutlich. Für den Verflüssiger gelten analoge Gesichtspunkte. Beim Sammler und seiner Größe stand die Frage, ob dieses Bauteil beliebig klein werden kann. Aus dem gezeigten beeindruckenden Videoclip zum Strömungsbild im Sammler ergibt sich dazu eine negative Antwort. Die Durchströmungsgeschwindigkeit im Sammler darf nicht zu groß werden, man benötigt eine Beruhigung des Kältemittels im

Sammler zur notwendigen Phasentrennung. Abschließend gab Stalter einen Ausblick auf noch zu untersuchende Fragen, wie z. B. den Einfluss des Kältemittels, die Allgemeingültigkeit der Untersuchungen oder die Unterschiede bei flüssigkeitsbeaufschlagten Wärmeübertragern.

Abschließend soll noch auf den interessanten Vortrag von Stefan Ertle von **KRIWAN Industrie-Elektronik** zu Fragen der Qualität der Energieversorgung von Kälteanlagen und ihren elektronischen Reglern hingewiesen werden. Die ideal symmetrische Sinusspannung ist für viele Netze ein Wunschtraum. Die durch die Netze versorgten Verbraucher sind die Hauptverursacher für Oberschwingungen, die u.a. als Spannungsspitzen und Unsymmetrien mit Neutralleiterströmen zum Ausdruck kommen. Das kann z.B. zur Sternpunktüberlastung bei Transformatoren, zu Resonanzen bei Kompensationskondensatoren oder zur Gefahr der Unterbrechung des Neutralleiters führen. Die meist sehr hohen Einschaltstromspitzen der Motoren in Kälteanlagen wirken meist so nahe an den elektronischen Bauteilen, dass die dadurch verursachten Spannungseinbrüche, -unterbrechungen oder -spitzen nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Das gilt auch für transiente Überspannungen bis 6kV mit 50ms Dauer und 1ms/kV Anstieg durch Kontaktpreller, Blitze, Lichtbogenschweißsen oder Isolationsüberschläge. Frequenzumformer, die in neuzeitlichen Kälte- und Klimaanlage zunehmend zum Einsatz kommen, verursachen bei ungefilterter Ausgangsspannung Funkstörungen, Motorschäden, Überschläge usw. Ausgangsfilter und geschirmte Kabel kön-

nen diese Störungen reduzieren. In EMV-Normen sind die zulässigen Grenzen definiert. Bei KRIWAN werden anhand dieser Normen Störungen in einem Testlabor nachgebildet, um die Verträglichkeit der elektronischen Geräte gegenüber einer schlechten Spannungsqualität bewerten zu können. U. A.

50 + 25 = 75 Jahre DKV-Mitgliedschaft



Zwei „Urgesteine“ des DKV (und lustige Mitbegründer des Deutschen Kartoffel-Vereins) anlässlich des Ausklangs der DKV-Kälte-Klima-Tagung 1992 im „Jürgenshof“ in Bremen) gratulieren sich schon mal am Mittwochnachmittag gegenseitig zur langjährigen DKV-Mitgliedschaft: Dipl.-Ing. Erich Gottfried (r.), mit 50 Jahren DKV-„Senior“, und Dipl.-Ing. Norbert Krug (l.), mit 25 Jahren dagegen noch ein „Junior“