

Symposium über Planungsgrundlagen für Anlagenbauer

Natürliche Kältemittel (CO_2 , NH_3 , C_xH_y)

Norddeutsche Kälte-Fachschule, 16.–17.9.2005, Springe

Bei dem 2-tägigen Symposium an der Norddeutschen Kälte-Fachschule handelte es sich nicht um eine politische Veranstaltung, vielmehr sollte es dazu beitragen, den Tagungsteilnehmern wichtige Informationen zur Planung von Kälteanlagen mit natürlichen Kältemitteln zu vermitteln. C_xH_y zeigt dabei auch die Spreizung bei den Kohlenwasserstoffe-Kältemitteln auf.

Themenschwerpunkte bildeten Referate über

- thermodynamische Eigenschaften natürlicher Kältemittel und deren Anwendungsbereiche
- spezielle Anlagentechnologien und Kreisprozesse
- Rohrleitungskomponenten
- Verdichter
- neue Herausforderungen an die Montage sowie
- Sicherheiten und Gefahren, besondere Vorschriften

Um es vorweg zu nehmen: Nur ganz wenige Teilnehmer am Natürliche Kältemittel-Symposium – insgesamt waren es 33 Personen – konnten überhaupt auf ein eigenes Erfahrungspotenzial zurückgreifen; bei den handwerklich strukturierten Kälteanlagenbauern war es überhaupt nur ein einziger – in Fachkreisen bekannter – Kälteanlagenbauermeister, der über (erhebliche) Erfahrungen beim Umgang mit dem Kältemittel NH_3 verfügte.

Nach einer allgemeinen Einführung in das Symposium durch NKF-Schulleiter Norbert Ludwig – er wechselt zum 1. Februar 2006 an die Partnerschaftsschule OTTC in Dersley, Südafrika – leitete Dipl.-Ing. Dirk Willenbockel, Leiter der Technologietransferstelle an der NKF, unter der Themenstellung „Zurück in die Zukunft“ in die Zielsetzung dieses Symposiums ein.

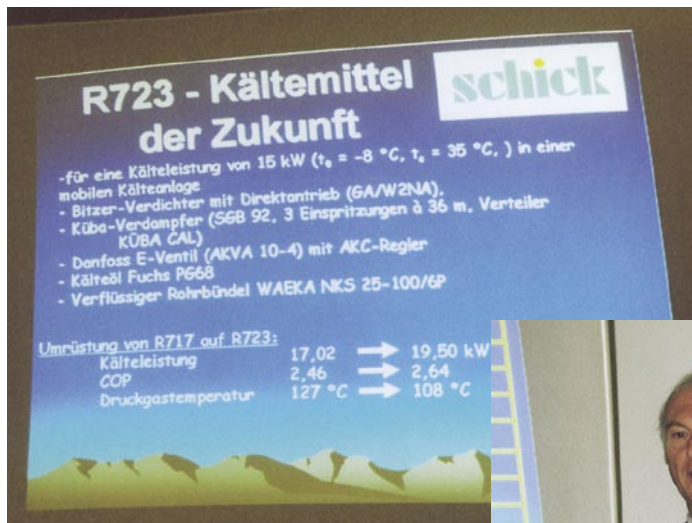


Mit 33 Teilnehmern war das Natürliche Kältemittel-Symposium an der NKF in Springe mit zweitägiger Dauer eigentlich gut besucht. Denn viele Anlagenbauer möchten sich mit den Möglichkeiten derartiger Kältemittelanwendungen heute noch nicht befassen. Hier Schulleiter Norbert Ludwig bei der morgendlichen Begrüßung

Hierzu zählte zur Erinnerung die historische Entwicklung der Kältemittel ganz allgemein, wobei ganz interessant ist, sich daran zu erinnern, dass zum Beispiel Carl (von) Linde bereits 1912 Distickstoffoxyd (N_2O) als Kältemittel verwendete, im Jahr 1916 vor allem aber die Kohlenwasserstoffe Äthan (C_2H_6), Äthylen (C_2H_4), Propan (C_3H_8) und Isobutan (C_4H_{10}) in bestimmten Kälteanlagen als Kältemittel einsetzte. Schließlich war es Willis H. Carrier 1924 vorbehalten, Dichloräthylen ($C_2H_2Cl_2$) als Kältemittel in Turbokompressoren zu verwenden.

Neben den teilweise schon „exotischen“ Kältemitteln spielte natürlich Ammoniak seit Ende des 19. Jahrhunderts – und das bis heute – aufgrund seiner hervorragenden thermodynamischen Eigenschaften die maßgebliche Kältemittelrolle, dennoch, es ist, wenn auch technologisch beherrschbar, toxisch, genauso wie Schwefeldioxid (SO_2) und Chlormethyl (CH_3Cl), die spätestens Mitte der 50er Jahre ihre Daseinsberechtigung in fast allen Kältemittelanwendungen verloren haben.

Dennoch, mit den Erfahrungen aus der Vergangenheit gibt es gute Voraussetzungen – und heute auch Sicherheiten – sich der Verwendung „natürlicher Kältemittel“ wieder zuzuwenden, zumal der Stand der Technik nie im Stillstand verharret. So hatte Dirk Willenbockel Recht, wenn er zum Abschluss seines Einführungsreferats feststellte:



Dr. Dieter Krauß referierte über das Ammoniak-Dimethylether-Gemisch R 723 und über seine Vorzüge im Vergleich mit R 717, die sich für eine Anwendung in der Gewerbekälte empfehlen



„Es ist, gut heute schon zu wissen, wie man morgen und übermorgen mit natürlichen Kältemitteln Geld verdienen kann!“

Dazu passte dann auch gleich das nächste Referat mit der Themenstellung

R 723 – Natürliches Kältemittel der Zukunft

Vortragsreferent war Dr. Dieter Krauß aus dem Hause Schick & Co., Stuttgart, einem Gasehändler, der im Vertrieb von natürlichen Kältemitteln, insbesondere Ammoniak, über langjährige Erfahrung verfügt.

Was ist R 723? Antwort: Hat auch was mit Ammoniak zu tun, nur trägt die vom ILK Dresden entwickelte Beimischung von Dimethylether (RE 170) mit 40% entscheidend dazu bei, dass sich das Anwendungsspektrum einer Ammoniak(R 717)-Kältemittelnutzung (hier nur noch 60% Anteil) erheblich erweitert!

Mit dem Gemisch R 723 steht jetzt ein natürliches Kältemittel zur Verfügung, das wesentliche anwendungstechnische Nachteile von Ammoniak auf einen Schlag beseitigt. Die Vorteile:

- bei dieser Zusammensetzung bildet **R 723 ein azeotrop siedendes Gemisch**. Das heißt, die flüssige und die Dampfphase haben praktisch die gleiche Zusammensetzung!
- bei Leckagen im Kältemittelkreislauf wird die Zusammensetzung nicht verändert. Somit kann R 723 thermodynamisch wie ein Einstoffkältemittel behandelt werden!
- mit R 723 lässt sich die Verdichtungs- endtemperatur im Vergleich mit Ammoniak um etwa 15 bis 25°C verringern, was vor allem für Hubkolbenverdichter von größter praktischer Bedeutung ist!

- die Öllöslichkeit für Mineralöle wird entscheidend verbessert und kann vor allem bis in den Bereich tiefer Temperaturen ausgedehnt werden. Damit ist eine gute Ölrückführung problemlos möglich.
- der Volumenstrom für R 723 beträgt im Vergleich mit R 717 etwa das 1,5fache, damit kommt man bei Kälteleistungen um 100 kW und kleiner zu akzeptablen Leitungsquerschnitten und man verschiebt den praktikablen Anwendungsbereich von Ammoniak hin zu kleineren Anlagen.
- R 723 ist deshalb nicht in erster Linie für Großkälteanlagen gedacht, sondern für Gewerbekühlung, Wärmepumpen und Flüssigkeitskühlsätze mittlerer und kleinerer Leistung
- R 723 kann trocken verdampft werden, womit die Wärmeübergangskoeffizienten erhöht und die Effizienz der Anlage verbessert werden können

Die Verfügbarkeit von R 723 ist gegeben. Das Kältemittelgemisch R 723 wird in Leihflaschen mit 6kg oder 42kg Inhalt angeboten, auch gibt es ein geeignetes Lecksuchspray zur Lokalisierung eventueller Undichten.

Weiterhin gibt es von unterschiedlichen Herstellern alle für die Funktion einer R 723-Kälteanlage erforderlichen Komponenten, wie Verdichter (3 Hersteller), Wärmetauscher (2 Hersteller), Plattenwärmetauscher (3 Hersteller), Rohrbündelwärmetauscher (1 Hersteller), Ventile

(5 Hersteller), Schaugläser (1 Hersteller), Kältemaschinenöle (2 Hersteller), Ölreguliersysteme (1 Hersteller), Lecksuche- und Gaswarngeräte.

Wenn es überhaupt irgendwelcher besonderer Vorsichtsmaßnahmen bedarf, dann bei der Verwendung elastischer Polymerwerkstoffe als Dichtungsmaterial. Diese sind fallweise zu prüfen, ob sie gegenüber Dimethylether beständig sind, falls sie im direkten Kontakt mit dem Produkt stehen.

Besonders interessant wird es für den Kälteanlagenbauer, wenn es um die Verwendung geeigneter Rohrleitungen geht. Sind Stahl- und Edelstahlrohre wie bei NH₃ Stand der Technik, so kann inzwischen davon ausgegangen werden, dass auch Kupferrohre zum Einsatz kommen können.

Bereits seit 2 Jahren ist in Halfing bei der HKT Huber GmbH ein Kaltwassersatz mit Goeldner-Verdichtern in Betrieb, bei dessen Rohrleitungen Kupfermaterial verwendet wird. Seit inzwischen 3260 Betriebsstunden ohne metallurgische Veränderungen, ein im Rohrleitungssystem ein- und ausbaufähiges Kontrollelement wird hierzu laufend überwacht und getestet.

Jeder Ammoniak-Kenner weiß, dass sich Korrosionen in Verbindung mit einer Luft/Sauerstoff-Feuchteproblematik einstellen können. In Halfing war dies nach mehr als 2 Jahren Anlagenbetriebszustand zu keinem Zeitpunkt der Fall!

So ist zusammenfassend die Aussage des Vortragsreferenten zutreffend, wenn er feststellt, dass mit R 723 (Ammoniak-Dimethylether) die Komplettierung der Ammoniakkälte für kleinere Leistungsbereiche und damit gleichzeitig als eine Alternative zum Gebrauch von HFKW-Kältemitteln gegeben ist.

Natürliche Kältemittel aus Sicht des Planers

„Planung ist die Vorwegnahme zukünftigen Geschehens“, so Ing. Franz Kaltenbrunner, geschäftsführender Gesellschafter der KWN-Engineering GmbH in der Nähe von Salzburg, auch Vorstandsmitglied von eurammon. Woraus sich schon ergibt, dass Kaltenbrunner über große Erfahrungen besonders bei der Planung von Ammoniak-Kälteanlagen verfügt.

Hierzu gibt es in Österreich eine besondere Situation, da in Österreich seit dem 10.12.2002 eine Verordnung in Kraft ist, die ab dem Datum 1.1.2008 massive Änderungen in der Anlagentechnik und für alle Beteiligten (Planer, Betreiber, Kälteanla-



Ing. Franz Kaltenbrunner, geschäftsführender Gesellschafter eines Planungsbüros für Kälteanlagen in Österreich, bei seinem engagierten Vortrag über den Einsatz natürlicher Kältemittel

genbauer) zur Folge haben wird. Auf die gesetzlichen Details braucht hier nicht weiter eingegangen werden, da derzeit nicht feststeht, ob die österreichische Verordnung nach In-Kraft-Treten der Europäischen F-Gase-Verordnung noch Bestand haben wird.

Dennoch sollten Kälteanlagenbauer gewarnt sein, denn die 447. Verordnung ist in Österreich momentan gültig! Und Kaltenbrunner hat Recht, wenn er als Planer moniert: „In Österreich gibt es weiterhin „Business as usual“ und es ist keine Vorbereitung der Kältefachfirmen oder der Betreiber auf das In-Kraft-Treten der 447. Verordnung erkennbar!“

Dabei werden in Österreich – im Gegensatz zu Deutschland – kältetechnische Anwendungen mit natürlichen Kältemitteln staatlich gefördert. Diese Förderung beträgt mindestens 30% der anrechenbaren (was ist das?) Mehrkosten für im Vergleich zu herkömmlichen HFKW-Kälteanlagen erstellte Anlagen, in denen natürliche Kältemittel zur Verwendung kommen. Einige österreichische Bundesländer packen hier teilweise noch zusätzliche 10% drauf. Aber zugleich auch ein Indiz dafür, dass zumindest im gewerblichen Kälteanwendungsbereich derartige Anlagen eben teurer sind als DX-Systeme!

Ing. Franz Kaltenbrunner konnte über mehrere, teilweise sogar spektakuläre Anlagenplanungen größerer Leistung berichten, die er selbst entworfen und als Planer begleitet hat. Spektakulär zum Bei-

spiel ein Golfplatz in Saalfelden, der durch die Unterbodeneinbringung eines NH_3 -Sekundärsystems im Winterbetrieb als Autoteststrecke für Schleuderkurse und ähnliche Testzwecke dient.

In seinem Referat vorgestellt wurden von Kaltenbrunner unterschiedliche Anlagensysteme in Österreich, die aufgrund seiner Planung zur Ausführung gelangten. Hierzu zählen ein TK-Lager im CO_2 Kälte-trägerbetrieb, eine DX-R 404A-Anlage im Supermarkt, bei der dennoch NH_3 als Kälte-träger genutzt wird, ein Abkühltunnel für Yoghurt mit dem Kältemittelgemisch NH_3/DME (R 723), eine $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ -Kaskade für die Nudelproduktion, dazu im Pluskühlbereich NH_3 als Kälte-träger sowie ein Ice Slurry-System in einer Brauerei.

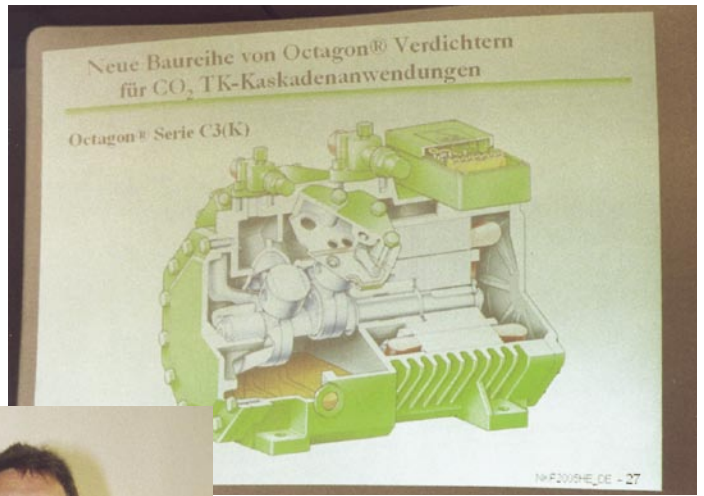
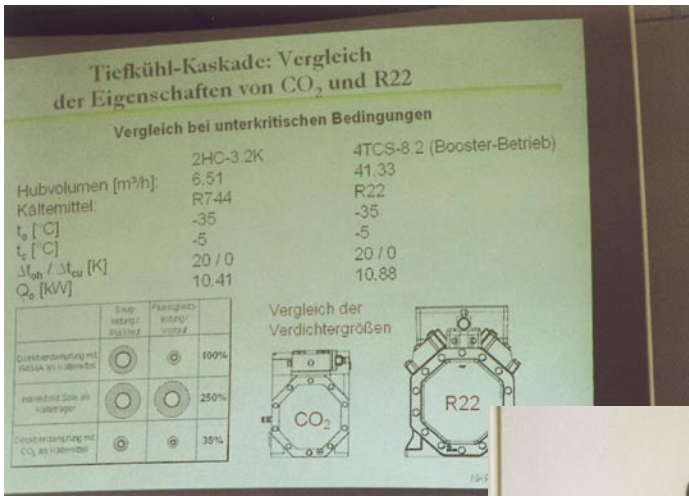
Etwas unfair dargestellt wurde jedoch die Bedeutung der eurammon-Organisation bzw. deren Mitglieder, die angeblich im Bereich der Nutzung natürlicher Kältemittel 12 000 Mitarbeiter beschäftigen und bei einem Gesamtumsatz von 2,31 Mrd. Euro mit natürlichen Kältemitteln einen Umsatz von jährlich 800 Mio Euro erzielen; dies wäre zunächst einmal nachzuweisen!

Was ist für den Verdichter zu beachten?

Diese Fragestellung bezieht sich natürlich auf die Verwendung natürlicher Kältemittel, deren Einsatzgrenzen und Öle. Hierbei ging Dipl.-Ing. Michael Hendriks aus dem Hause Bitzer auf die unterschiedlichen Verdichter-Konfigurationen und Anwendungsmöglichkeiten ein, stellte deren Einsatzgrenzen dar, wobei er im Zusammenhang mit der Verwendung von R 723 als Kältemittel vorsorglich auch auf die grundsätzliche Problemstellung bei Wellenabdichtungen (der Elastomeranteil könnte schrumpfen oder quellen) hinweisen musste; diese gelte es in geeigneter Weise zu modifizieren. Zu beachten auch: Kurzfristig wird es keine Einsatzmöglichkeiten mit Schraubenverdichtern geben, auch gebe es bisher nur wenig Felderfahrung mit Kolbenverdichtern und ihrer R 723-Kältemittelleignung.

Primäre Ziele des Verdichtereinsatzes mit alternativen Kältemitteln seien deren gute thermodynamischen Eigenschaften, die möglichst geringe Umweltbeeinträchtigung bei Emissionen, allerhöchstes Ziel sei aber die hohe energetische Effizienz als höchster Einfluss auf die Gesamt-Umweltbilanz der Kälteanlage.

Hendricks ging in seinem Vortrag auf die unterschiedlichen Anlagensysteme im Zusammenhang mit NH_3 -Anwendungen



und CO₂-Tiefkühlkaskaden – hier ist ein innerer Wärmetauscher notwendig – ein und stellte auch eine neue Baureihe von Octagon-Verdichtern für CO₂-Tiefkühlkaskadenanwendungen mit einigen wichtigen konstruktiven Details – so auch keine innere Leistungsregelung möglich – vor.

Aus seinen umfangreichen Schlussfolgerungen zu CO₂-Technologien war abzuleiten, dass es schon heute breite Anwendungsspektren für den Einsatz des Kältemittels CO₂ gibt und dass auch die Verdichtertentwicklung bei Bitzer für überkritische Anwendungen sehr erfolgsversprechend verläuft.

Anforderungen an und Auslegung von Rohrleitungskomponenten

Zu dieser Themenstellung gab Dipl.-Ing. Andreas Dahms aus dem Hause Danfoss vielschichtige Auskunft. Dahms ist im Geschäftsbereich Gewerbekälte tätig und dort in der Geschäftsentwicklung Kälte-technik befasst und brannte ein wahres Feuerwerk an praktischen Anwendungstipps im Bereich des richtigen Komponenteneinsatzes ab. Hierbei ging es um das Hermetisieren der Anlagensysteme (dichte Anlagen), um die Energieeffizienz (effiziente Anlagen), um das richtige Überhitzungssignal bei der Verwendung elektronischer Einspritzventile, um die richtige Auslegung der Ventilleistung, um die richtige Strömungsgeschwindigkeit in der Flüssigkeitsleitung (<1m/s), alles auch in Verbindung mit der Nutzung alternativer Kältemittel.

Danfoss verfügt auch schon über Komponenten für den überkritischen CO₂-Kältemittelsatz, hierzu zählen neben dem Expansionsventil das EVRM-Magnetventil mit einem um 2 mm verstärkten Deckel,

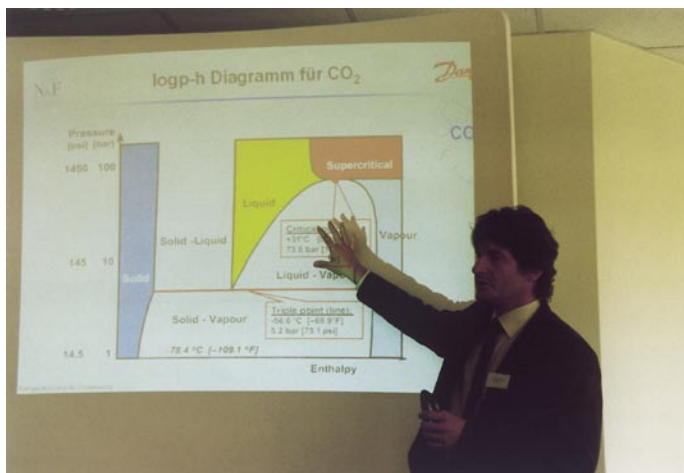


Dipl.-Ing. Michael Hendriks gibt in seinem natürlichen Kältemittel-Vortrag Antwort auf die Frage „was ist für den Verdichter zu beachten?“

ventil. Dass auch der „gelbe“ CO₂-Vollhermetik vorläufig erst in den Köpfen daran Interessierter kreisen kann, ist wohl verständlich, denn vor einer allgemeinen Freigabe müssen erst OEM-Erfahrungen nach umfassenden Feldeinsätzen vorliegen.



Lehrstunde mit Andreas Dahms am Flipchart; hier ging es um die negativen Folgen eines falschen Trockner-Einbaus, wobei ein Kältemittel-„Rückschlag“ den Flanschdeckel mit großer Folgennachwirkung abgesprengt hatte



Lehrstunde mit Andreas Dahms von Danfoss am logp-h Diagramm für CO₂



Kai Selmer, Leiter Industriekälte bei der York Deutschland GmbH, hatte viel über NH_3/CO_2 -Kaskadenanwendungen zu erzählen, speziell aber im Bereich des Erdreichgefrierprozesses beim U-Bahn-Tunnelbau in München

CO_2 in der Industriekälte

Dipl.-Ing. Kai Selmer, Bereichsleiter Industriekälte bei der York Deutschland GmbH, stellte Anlagenkonzepte mit natürlichen Kältemitteln vor und ging hierbei auf den Bereich Sicherheitstechnik und vorliegende Betriebserfahrungen ausführlich ein. Hierbei wurde für die überwiegend im Anwendungsbereich der Gewerbekälte tätigen Veranstaltungsteilnehmer klar, dass der Einsatz von CO_2 innerhalb der Industriekälte für York eigentlich „kein Thema“ mehr ist, denn es liegen bereits fünf Jahre Betriebserfahrung vor..

Mögliche Anwendungen von CO_2 in der Industriekälte sind heute und morgen

- Kühlhäuser
- Tiefkühlkost (Fertiggerichte)
- Gefriertrocknung
- Prozessgaskühlung/Kondensation sowie
- Solekühlung

Für die York-Industriekälte gilt somit „ CO_2 ist nicht Vision, CO_2 ist als Kältemittel Realität!“

Hierzu erläuterte Kai Selmer unterschiedliche Anwendungen und ging hierbei auf viele Anlagendetails ein. CO_2/NH_3 -Kaskadenanlagen, für ihn nichts Besonderes sondern Stand der Technik, wir sprechen hier über Leistungen, die bei mehreren einhundert kW liegen, wobei der Betriebspunkt von CO_2 bei bis zu -52°C (Kälteanlage für Schockfrostung) liegt.

Eine CO_2/NH_3 -Kaskade dient zum Beispiel auch für die CO_2 -Verflüssigung, in diesem Fall handelt es sich um eine Brauereikälteanlage in Flensburg.

Spektakuläre Anwendungen im Bereich der Industriekälte sind so genannte Erdreichgefrierunits in 40“-Containern, die man heute für den Zeit sparenden Tunnelbau benötigt. Zum Beispiel beim „Graben“ eines zusätzlichen Parallel-Fußgänger-U-Bahntunnels in München, um die Zubringerströme von Fußgängern während der Fußballweltmeisterschaft in München auffangen zu können. Im Klartext: Hierbei musste das Münchner Rathaus nicht politisch sondern im darunterliegenden Erdreich untergeben werden. KK hat hierüber in diesem Jahr berichtet.

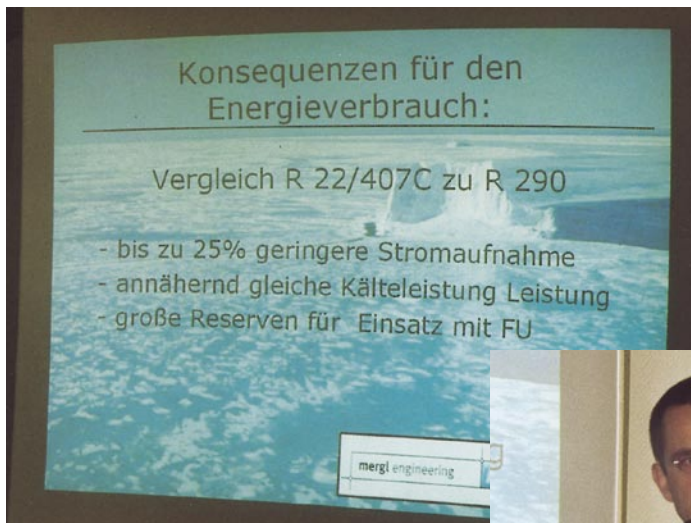
Hierzu wurden die Kaskaden-Kälteanlagen mit einer Kapazität von $2 \times 275 \text{ kW}$ und Betriebstemperaturen von $-43^\circ\text{C}/-10^\circ\text{C}$ (CO_2) und $-13^\circ\text{C}/+35^\circ\text{C}$ (NH_3) für einen Soleumlaufbetrieb über Titan-Plattenwärmetauscher $-33^\circ\text{C}/-38^\circ\text{C}$ jeweils in einem 40“-Container montiert, der als Maschinenraum inkl. Belüftung dient. Hierbei durfte der Schalldruckpegel in 1m Entfernung nicht mehr als 60db(A) betragen. Die Schaltanlage im Container war wiederum von den Kälteanlagen räumlich abgetrennt. Spektakuläre Bilder über den Tunnelbau und den abschnittweisen Erdreichgefrierprozess rundeten den packenden Vortrag von Kai Selmer ab.

Anwendungsmöglichkeiten von Kohlenwasserstoffen

Auf die Vorteile von Kohlenwasserstoffen und ihre vorteilhaften energetischen Eigenschaften ging Dipl.-Ing. Vilim Mergl in seinem Vortrag ausführlich ein, er verschwieg aber auch nicht deren Vor- und Nachteile und Gefahren. Mergl stellte auch einen überzeugenden energetischen Vergleich zwischen den Kältemitteln R 22, R 407C und R 290 (Propan) her, der eindrucksvoll besagt, dass der Kältemiteinsatz mit Propan eine bis zu 25% niedrigere Stromaufnahme bewirkt.

Im Sicherheitsbereich ist die Verwendung von Kohlenwasserstoffen als Kältemittel recht schwierig, das betrifft schon Kältemittelanwendungen von unter 150g Füllmenge, darüber wären innerhalb des Gebäudebereichs erhebliche Schutzauflagen mit zusätzlichen Belüftungseinrichtungen zu erfüllen. Geben schon die geltenden europäischen Standards nur unzureichend Auskunft, so scheiden sich bei der Produkthaftungsbetrachtung so manche Geister.

Damit wurde auch ziemlich klar, weshalb sich wohl bei den Veranstaltungsteilnehmern erst ein einziger Kälteanlagenbauer – und das auch bei nur einer Anwendung – mit einem Propan-Kältemiteinsatz befasst hat.



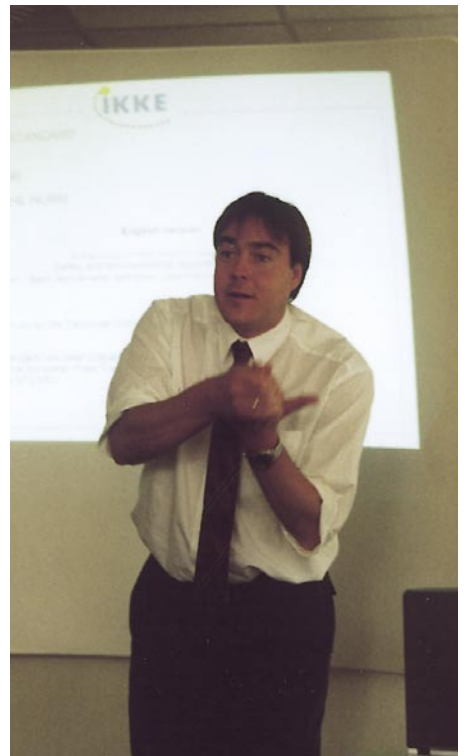
Vilim Mergls Aussagen zum Kohlenwasserstoff-Kältemittel-Einsatz bezogen sich auch auf dessen energetischen Nutzen



In Kuba, wo Vilim Mergl eine ständige Beratungstätigkeit nebenbei ausübt, sieht das dagegen ganz anders aus. Da gibt es für den Propan/Isobutan-Kältemittelnutzung keinerlei einengende Vorschriften. Das rührt auch von der politischen Insel-lage her, die umfassende „Selbsthilfe“ der kubanischen Bevölkerung bedingt. So werden Kapselverdichter/Vollhermetiks von alten/älteren Haushaltskühlschränken durch Aufschneiden und Wiederschweißen „repariert“ – und da es kaum oder kein R 12 als Kältemittel gibt, durch das Einfüllen von Kohlenwasserstoffen „repariert“. Mergl sprach von derzeit ca. 320 000 derartiger Reparaturvorgängen und – kein Kühlschrank ist bisher explodiert oder abgebrannt. Wie schnell sich Propan oder Isobutan nach seinem Austreten aus einem geschlossenen Kältemittelkreislauf oder Behälter in der Umgebungsluft verflüchtigt, das zeigte Mergl in einem eindrucksvollen Spraydosentest.

Sicherheitstechnische Aspekte beim „natürlichen“ Anlagenbau

Was Vilim Mergl in seinem Vortrag schon angeschnitten hatte, darauf ging Dr.-Ing. Meinolf Gringel vom IKET in seinem zweigeteilten Vortrag ausführlich ein. Grundlage bildeten die Umsetzung von EU-Richtlinien und wichtiger Normen in der Kälte-technik. Es ging hierbei schwerpunktmäßig um die Verwendung von Ammoniak als Kältemittel, aber auch von CO₂ und von Kohlenwasserstoffen.



Dr.-Ing. Meinolf Gringel vom IKET bei der Erläuterung von Verordnungen und Normen im natürlichen Kältemittel-Einsatz

Dr. Gringel sprach auch die Bedeutung der Druckgeräteverordnung an, die Bezug nimmt auf die Richtlinie 97/23/EG des Europäischen Parlaments. Schließlich kam Dr. Gringel auch auf die Betriebssicherheitsverordnung zu sprechen und deren Anwendungsbereiche und Begriffsbestimmungen. Die Teilnehmer am NKF-Symposium lernten mehr über die explosionsgefährdeten Bereiche kennen und welche behördliche Erlaubnisvorbehalte bestehen.

Behandelten Dr. Gringels Ausführungen auch mehr die industrielle Kälteanwendungen, so wurde aber auch dem „gewerblichen“ Kälteanlagenbauer klar, dass es – und welche – bestehende Vorschriften stärker denn je – und ohne Ausnahme – zu beachten gilt. Denn Pfusch am Bau kann bei Kälteanlagen unabsehbare Folgen auslösen.

Mit dieser Art Feststellung möchte der Chronist als geduldiger Teilnehmer am Natürliche Kältemittel-Symposium auch abschließen, jedoch mit der lobenden Aussage, dass der Norddeutschen Kälte-Fachschule in Springe Anerkennung auszusprechen ist, dass sie sich unter der Trägerschaft der Landesorganisation für Kälte-Klimatechnik Niedersachsen/Sachsen-Anhalt dieser nicht ganz einfach zu behandelnden Thematik gestellt und verpflichtet hat.

P. W.



Vilim Mergls Brennbarkeitstest mit Spraydose und Feuerzeug in kurzer Entfernung. Ab 1 m Abstand ist die Entflammbarkeitsgrenze schon unterschritten