



Dr.-Ing. Michael Kauffeld, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Dänischen Technologischen Institut DTI Energie, Kälte- und Wärmepumpentechnik, Aarhus, Dänemark.

Die Ziele der nationalen Regierungen der skandinavischen Länder zur zügigen Abwicklung von ozonabbauenden Stoffen und in einigen Fällen auch von Stoffen, die zum globalen Treibhauseffekt beitragen, wie z. B. FKWs, haben die skandinavische Kälte- und Klimaindustrie zur Anwendung von natürlichen Kältemitteln geführt. Neben Ammoniak, Wasser, Kohlendioxid und Luft sind auch Kohlenwasserstoffe vermehrt im Einsatz. Aus technischer Sicht können Kohlenwasserstoff-Kältemittel in den meisten Kältdampfkompansionsanlagen ohne größere Änderungen des Systems benutzt werden.

Es gibt für nahezu alle Anwendungsbereiche (Temperaturbereiche) ein geeignetes Kohlenwasserstoffkältemittel. So schrieb zum Beispiel im Jahre 1932 M. Hirsch in seinem Buch „Die Kältemaschine“ [1], daß Ethan, Propan und Isobutan bzw. Butan den gesamten in der normalen Kältetechnik benötigten Temperaturbereich abdecken können¹⁾. Die skandinavischen Länder haben im einzelnen folgende Aktivitäten mit Kohlenwasserstoffkältemitteln.

¹⁾ Daneben führt M. Hirsch unter anderem Kohlendioxid, Ammoniak und Wasserdampf als geeignete Kältemittel auf – alles Stoffe, die heute wieder vermehrt untersucht werden.

Brennbare Kältemittel in Skandinavien

Michael Kauffeld, Aarhus (DK)

<p>(DK) Sikkerhedsforanstaltninger</p> <p>Dette apparat er meget miljøvenligt, da det i kølekredsløbet indeholder Isobutan (R 600 a); en meget miljøvenlig naturgas, men brandbar. Ved transport og opstilling af skabet, skal De være opmærksom på, at kølekredsløbet ikke er blevet beskadiget. Et skabet beskadiget, undgå da åben ild i rummet, sørg for at lufte ud i rummet, hvor skabet er placeret.</p>	<p>(SF) Turvatoimet ja varoitukset</p> <p>Tämä laite on erittäin ympäristöystävällinen, sillä sen kylmäaineteisto sisältää Isobutaania (R 600 a); kyseessä on ympäristöystävällinen mutta paloherkkä luonnonkaasu. Tämän vuoksi laitteen kuljetuksen ja asennuksen yhteydessä on syytä tarkkailla, että kylmäaineiston putkisto ei pääse vahingoittumaan. Vältä avotulta ja sähkökipinöitä. Tuuletta muutamia minutteja huonetta johon laite sijoitetaan.</p>	<p>(N) Sikkerhets-henvisinger</p> <p>Dette skabet er svært miljøvenligt, for det bruger Isobutan (R 600 a) i kjølekretsløpet; en miljøvenlig, men brennbar naturgass. Ved transport og oppsetting av skabet må man passe på at ingen deler av kjølekretsløpet skades. Unngå åpen ild eller antenningskilder ved skader og luft godt ut noen minutter av rommet skabet står i.</p>
<p>Miljøhenvisninger</p> <p>Køle- og frysekabe indeholder fluororkulbrinte (FKW) i kølekredsen og Isolationen. Denne fluororkulbrinte kan skade atmosfærens ozonlag. Den kommunale genbrugsstation skal derfor kontaktes for fjernelse af gamle køle- og frysekabe. Det er vigtigt, at kølekredsløbet i skabet ikke beskadiges under transporten til miljøvenlig affaldsbehandling/destruktion. Inden det gamle skab kasseres, skal det gøres ubrugeligt. Stikket trækkes ud, og tilslutningskablet skilles ad. Snapløse fjernes eller ødelægges – derved forhindres det, at legende børn spærre sig selv inde og kommer i livsfare!</p>	<p>Vanhan laitteen poisto</p> <p>Tee loppuun käytetyt laitteet heti vaarattomiksi. Irroita pistoke ja katkaise verkkojohto. Poista tai riko jousi – tai salpalukko – täten varmistat, etteivät leikkivät lapset suje itse itseään laitteen sisään ja joudu hengenvaaraan. Jäähdytys- ja pakastuslaitteitten jäähdytyskoneistossa ja eristeissä on fluorikloorihillivetyä (FKHV). FKHV voi vapautua vahaingoltaa ilmakethän otsonikerrosta. Toimita siksi käytöstä poistettu laite paikalliseen erikoisjätteitten keräyspisteeseen. Huolehdi siitä, etteivät laitteen jäähdytysnesteputket vahingoitu, ennen kuin se on viety pois.</p>	<p>Uttrangering av gammelt skapet</p> <p>Gamle kjøle- og frysekab/bokser bør ødelægges med en gang. Støpslet må trekkes ut og tilkoblingsledningen avskjæres. Smekk- og tverrlåser må fjernes og ødelægges øyeblikkelig – De forhindrer herved at lekende barn blir innesperrert og utsettes for livsfare. Kjøle- og frysekab inneholder klorfluorkarboneer i kjølekretsen og i isoleringen. Dette KFK kan, hvis det frisettes, påføre skade på ozonlaget i atmosfæren. Derfor bør De ta kontakt med ansvarlig kommunal miljøvernemd for uttrangering av det gamle skapet. Pass på at kjøleskapets rorledninger ikke skades for transporten for å garantere en sikker og miljøvennlig uttrangering.</p>

Abb. 1 Sicherheitshinweis aus der Bedienungsanleitung eines 1985 vom Autoren in Dänemark gekauften Haushaltskühlschranks eines deutschen! Herstellers: „Dieses Gerät enthält in geringer Menge das Kältemittel Isobutan (R 600a), ein Naturgas mit hoher Umweltverträglichkeit aber brennbar . . .“ Darüber hinaus Hinweise für den sachgemäßen Transport, die fachgerechte Aufstellung und die umweltverträgliche Entsorgung des Altgerätes – alles unter dem Symbol der Brennbarkeit! Übrigens in der gleichen Bedienungsanleitung auch in allen anderen europäischen Sprachen zu finden.

Abb. 2 Bild eines von zahlreichen Supermärkten in Schweden, in denen ein Kohlenwasserstoff-Kältemittel (Propan/Ethangemisch) eingesetzt wird. Die Kälteleistung beträgt für die Normalkühlung 240 kW und für die Tiefkühlung 140 kW. Die Gesamtfüllmenge beträgt 35 kg.



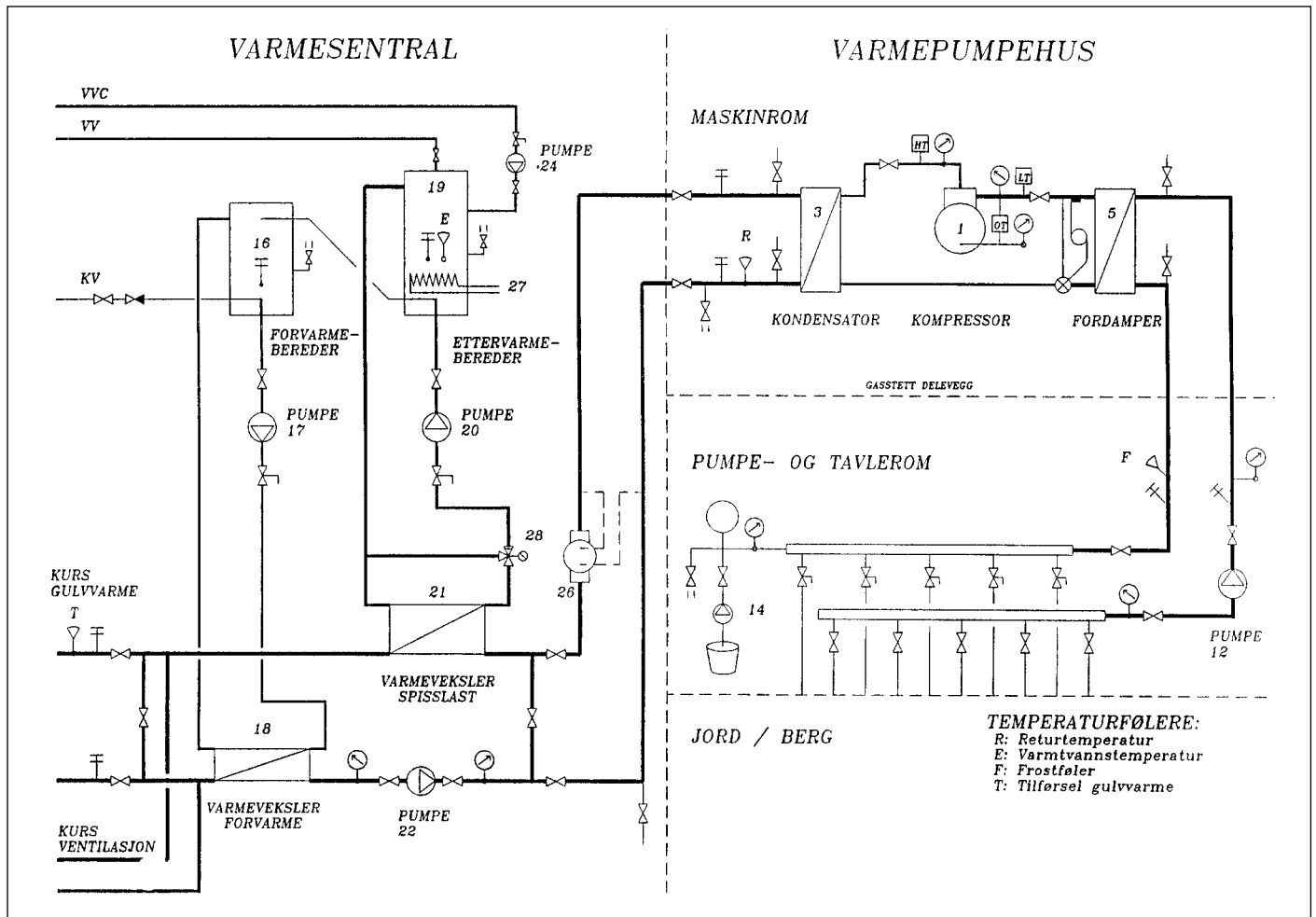


Abb. 3 Schaltbild der Wärmepumpe der für die olympischen Winterspiele in Lillehammer in Norwegen gebauten Kirche [2].

Norwegen hat mehrere große industrielle Kälteanlagen, die Kohlenwasserstoff-Kältemittel benutzen – besonders in der Petrochemie. Neue Möglichkeiten sind die Anwendung von Propan in Wärmepumpen und in kommerziellen Kältesystemen. Bis jetzt wurden zwei große Wärmepumpen und zwei Supermarktkälteanlagen mit Kohlenwasserstoff als Kältemittel gebaut. Außerdem werden zur Zeit „Guidelines for safe design and operation of hydrocarbon heat pumps and refrigeration systems“ erarbeitet. Diese werden voraussichtlich Anfang 1998 zur Verfügung stehen.

In **Schweden** haben die meisten Hersteller von Haushaltskühl- und -gefriergeräten ihre Produktion auf Iso-Butan umgestellt. Im Bereich der kommerziellen Kältetechnik gibt es etwa 60 Installationen mit Propan/Ethan-Gemischen als Kältemittel. Es handelt sich hierbei um Kaltwassersätze mit Kapazitäten von 20 bis 300 kW. Diese Kaltwassersätze werden neben der kom-

merziellen Kühlung auch in Klimaanlage eingesetzt. Alle diese Kaltwassersätze benutzen sekundäre Kreisläufe für die Übertragung der Kälte.

Auch **Finnland** hat die Herstellung von Haushaltskühl-/Tiefkühltruhen auf Iso-Butan umgestellt. Es wer-

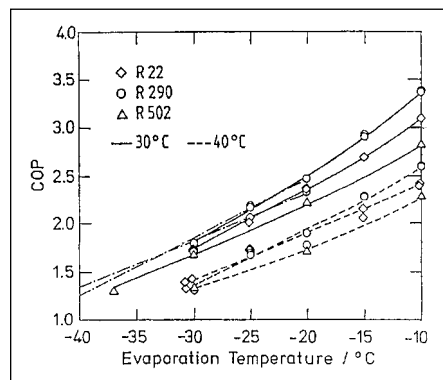


Abb. 4 Heizleistungszahl der in Abb. 3 gezeigten Wärmepumpe. Wie man sieht, werden mit Propan (R 290) die besten Leistungszahlen erzielt.

den jährlich 2,2 Tonnen Isobutan verwendet.

Dänemark hat zur Zeit die strengste Umweltpolitik aller skandinavischen Länder. Das dänische Umweltbundesamt (Miljøstyrelsen) hat die FKW-Kältemittel auf die „Liste von unerwünschten Produkten aufgrund ihrer Einwirkungen auf den Mensch und/oder die Umwelt“ gesetzt. Das Ziel ist es, die Anwendung von allen FKW-Kältemitteln innerhalb der dänischen Industrie während der nächsten 9 Jahre allmählich abzuschließen. (Der Ausstieg aus FCKW-Kältemitteln gelang bis 1995 zu 99,98 % verglichen mit 1985, und die Anwendung von H-FCKW-Kältemitteln wird im Jahre 2002 verboten sein.)

Die dänischen Hersteller von Haushaltskühl- und -gefriergeräten sind dabei, ihre Produktion auf Iso-Butan umzustellen. Prototypen von kommerziellen Kühlgeräten und Bierkühlern werden zur Zeit mit Kohlenwasserstoff-Kältemittel erprobt. Daneben werden Wärmepump-

pen für Wohnhäuser mit Propan als Kältemittel hergestellt. Daneben werden für Sonderkühleinrichtungen in Krankenhäusern schon seit vielen Jahren Kohlenwasserstoffe (hauptsächlich Propan und Ethan) verwendet.

Um die Sicherheit beim Umgang mit brennbaren (Kohlenwasserstoff-)Kältemitteln zu gewährleisten, werden darüber hinaus vom Dänischen Technologischen Institut und von den Gewerbeschulen spezielle Kurse angeboten.

Literatur

- [1] Hirsch, M.: Die Kältemaschine. Springer Verlag, Berlin (1932), S. 19 ff.
- [2] Elvestad, E. T.: Propan als Arbeitsstoff in Kälteanlagen und Wärmepumpen. DTI-Seminar, 2. Dezember 1996

Regeneration der Ozonschicht erfordert konsequente Konzepte für gebrauchte FCKW

Mit der Unterzeichnung des Montrealer Protokolls (FCKW-Produktionsverbot für Industriestaaten seit Anfang 1996 und für Entwicklungsländer ab dem Jahre 2010) am 16. September 1987 wurde ein internationales Maßnahmenprogramm zum Schutz der Ozonschicht eingeleitet. Das Montrealer Protokoll, inzwischen von mehr als 150 Staaten ratifiziert, und die auf den Folgekonferenzen festgelegten Verschärfungen zeigen inzwischen Wirkung. So sind die Konzentrationen einzelner ozonschädigender Verbindungen erstmals seit zehn Jahren rückläufig. Es wird damit gerechnet, daß sich die Ozonschicht, die die Erde vor der gefährlichen UV-B-Strahlung der Sonne schützt, bis Mitte des nächsten Jahrhunderts weitgehend regeneriert hat. Eine im großen und ganzen ermutigende Bilanz werden die Vertragsstaaten des Montrealer Protokolls gezogen haben, als sie im September in der kanadischen Metropole den zehnten Jahrestag der Unterzeichnung begangen haben, obwohl trotz rückläufiger Produktion von FCKW weltweit noch weiterhin große Mengen im Einsatz sind, insbesondere in gewerblichen und privaten Kälte- und Klimaanlageanlagen.

Deutschland hat beim Ausstieg aus den FCKW-Anwendungen eine Vorreiterrolle inne. Nach der FCKW-Halon-Verbotsverordnung aus dem Jahr 1991 wurde mit Beginn des Jahres 1995 der Einsatz von vollhalogenierten FCKW verboten. Der Ausstieg erfolgte in Deutschland schon vor der gesetzlich vorgeschriebenen Frist, und FCKW-Produzenten sowie -Verwender gaben freiwillige Verzichtserklärungen ab. Im Mai 1994 wurde die letzte Tonne FCKW hergestellt. Ein wirklicher Ausstieg aus FCKW-Anwendungen erfordert jedoch, daß die

ozonabbauenden Substanzen aus Altanlagen entfernt und emissionsfrei entsorgt werden. Allein in Deutschland gibt es schätzungsweise 3,75 Mio. Kälteeinheiten mit mehr als 1 kg des vollhalogenierten FCKW R 12. Für bestehende Kälte- und Klimaanlageanlagen, die den vollhalogenierten Fluorchlorkohlenwasserstoff R 12 enthalten, besteht in der Bundesrepublik Deutschland sofortiger Handlungsbedarf. Nachdem das Umweltbundesamt im Dezember 1995 eine Liste von geeigneten Ersatzkältemitteln bekanntgegeben hat, ist die von der FCKW-Halon-Verbotsverordnung postulierte Übergangsfrist für Altkälteanlagen abgelaufen. Bis zum 30. Juni 1998 müssen bestehende Kälte- und Klimaanlageanlagen mit dem Kältemittel R 12 auf umweltverträglichere Kältemittel umgerüstet werden (hiervon ausgenommen sind steckerfertige Geräte mit dauerhaft geschlossenem Kreislauf und einer Kältemittelfüllung von weniger als 1 kg). Die dabei anfallenden FCKW sollten umweltneutral stofflich verwertet werden. Ein Verwertungskonzept, wie es für den konsequenten Ausstieg aus den FCKW-Anwendungen erforderlich ist, hat die Solvay Fluor und Derivate GmbH gemeinsam mit dem Umweltdienstleister Westab GmbH entwickelt. Das Angebot, bislang das einzige dieser Art, erstreckt sich auf FCKW (R 11, R 12, R 113, R 114, R 115), HFCKW (R 22), HFKW (R 134a), deren Gemische und sonstige FCKW und FKW.

Gebrauchte Kältemittel, z. B. aus Kälteanlagen, werden von Westab gesammelt und zur thermischen Spaltung in der weltweit ersten FCKW-Spaltanlage der Solvay Fluor und Derivate GmbH in Frankfurt/Main vorbereitet. Die Rücknahme gebrauchter FCKW erfolgt primär über

den Kältemittelhandel, der von Westab mit Spezialbehältern ausgestattet wird. Westab holt die mit FCKW-Öl-Gemischen gefüllten Behälter von den Kältemittelhändlern ab und transportiert die Altware zur Vorbehandlung nach Goch am Niederrhein. Dort steht eine speziell entwickelte Destillationsanlage für FCKW, in der das Kältemittel für die anschließende Spaltung bei der Frankfurter Solvay Fluor und Derivate GmbH aufgearbeitet wird. In dieser Verwertungsanlage werden FCKW nach einem eigens entwickelten thermischen Verfahren gespalten und die Ausgangsstoffe Flußsäure und Salzsäure zurückgewonnen. Es handelt sich hierbei um das einzige bislang existierende Verfahren, bei dem einerseits die Spaltprodukte als wertvolle Industriechemikalien in den Stoffkreislauf der Produktion zurückgeführt, und andererseits feste deponiepflichtige Abfälle sowie problematische Abgase völlig vermieden werden. Hier wird im Sinn des Kreislaufwirtschaftsgesetzes (KrW-AbfG) die Verwertung klar vor die Beseitigung gestellt.

Eine Pflicht zur umweltschonenden Vernichtung von FCKW gibt es nicht. Das bedeutet, daß nach den Bestimmungen des Montrealer Protokolls in seiner jetzigen Fassung und nach den jeweiligen nationalen Gesetzgebungen Altbestände und wiederaufbereitete FCKW weiterhin verkauft und verwendet werden dürfen. Der konsequente weltweite Ausstieg aus der FCKW-Anwendung setzt aber die umweltschonende Zerstörung der FCKW voraus. Denn solange weiterhin große Mengen an FCKW in Umlauf sind, steht die Prognose von der Erholung der Ozonschicht auf tönernen Füßen.