

Natürliche Kältemittel – Aussichten und Trends

Vortrag von Monika Witt, Vorsitzende der europäischen Initiative eurammon, im Rahmen der Jahrestagung des Österreichischen Kälte- und Klimatechnischen Vereins vom 15.-16. April in Linz

Was versteht man unter natürlichen Kältemitteln?

Unter natürlichen Kältemittel versteht man Substanzen, die natürlich in der Natur vorkommen, wie z.B. Kohlenwasserstoffe, Kohlendioxid, Ammoniak, Wasser und Luft. Charakteristisch für natürliche Kältemittel ist die Zusammensetzung aus den Elementen Sauerstoff, Kohlenstoff, Stickstoff und Wasserstoff.

Das ideale Kältemittel

verbindet folgende Eigenschaften:

- Gute thermodynamische Eigenschaften
- Gute chemische Stabilität
- Gute physikalische Eigenschaften
- Keinen, oder nur geringen Umwelteinfluss
- Gut verfügbar

Allerdings gibt es kein Kältemittel, welches alle Anforderungen erfüllt. Für jede Anwendung muss daher sorgfältig das passende System ausgewählt werden. Der Aufstellungsort und die Anforderungen des Betreibers spielen neben Umweltaspekten eine wichtige Rolle bei der Auswahl des geeigneten Kältemittels.

Ersatz für Kältemittel mit hohem ODP

Ozonschicht-schädigende Kältemittel, d.h. Kältemittel mit hohem ODP, wurden in der Vergangenheit zunehmend durch HFKWs, wie z.B. R134a ersetzt. Diese Kältemittel haben zwar ein ODP von Null, jedoch immer noch ein hohes Treibhauspotential (GWP) von 1300 bis 1600, je nach zitierter Quelle (R507a oder R404a schneiden sogar noch schlechter ab). Neue synthetische Kältemittel, z.B. R1234yf (oder aus 1234ze) haben zwar eine kurze Lebensdauer der Zersetzungsprodukte und damit nach Angaben der Hersteller einen niedrigen GWP von nur 4, jedoch sind die Auswirkungen der Zersetzungsprodukte auf die

Atmosphäre wenig bekannt und auch diese Kältemittel enthalten in hohem Maße Fluor, welches nicht in natürlichen Stoffen vorkommt.

Emissionen reduzieren

Um Emissionen zu reduzieren bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- Reduzieren der direkten Kältemittlemissionen (keine Leckagen)
- Kältemittel mit geringem GWP wählen
- Reduzieren des Energieverbrauchs

Seit Juli 2007 beschränkt die Europäische F-Gas Verordnung Leckagen synthetischer Kältemittel auf 1 – 3 %, je nach Größe der Anlage. In den nächsten Jahren wird sich herausstellen, ob diese Werte auch erreicht werden konnten. Liegen die Leckageraten deutlich über den geforderten Werten, ist mit einer weiteren Verschärfung, oder auch mit einem Verbot seitens der EU zu rechnen.

Natürlich sollte nicht verschwiegen werden, dass mindestens 80% des Einflusses globaler Erwärmung durch Kälteanlagen auf den Energieverbrauch, d.h. indirekt Emissionen, und nur rund 20% auf direkten Emissionen, d.h. Leckagen, zurückzuführen sind. Kältesysteme verbrauchen rund 15% der weltweit verbrauchten elektrischen Energie (davon weicht auch Deutschland mit 14% nur wenig ab). Maßnahmen zur Energieeinsparung, über die gesamte Lebensdauer der Kälteanlage, gewinnen daher zunehmend an Bedeutung.

Neben der Auswahl des geeigneten Kältemittels hat vor allem die Auslegung der gesamten Kälteanlage, unter Berücksichtigung von Teillastbedingungen, entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch. Die Effizienz einer Kälteanlage wird stärker durch das Gesamtkonzept beeinflusst (bis zu 50%), als durch die Wahl des Kältemittels. Allerdings haben gerade natürliche Kältemittel in vielen Fällen nachweislich die höchste Effizienz – und warum sollte man diesen Vorteil nicht auch nutzen?

Systeme die mit klimaschädlichen, brennbaren oder giftigen Kältemitteln befüllt sind, müssen auf jeden Fall dicht ausgeführt werden. Letztendlich trifft dies aber auf jede Kälteanlage zu. Wenn man also über einen hermetisch dichten, vorgefertigten Flüssigkeitskühlsatz nachdenkt, warum dann nicht auch an eine Lösung mit natürlichen Kältemitteln? Geschieht dies nicht spielen, meist politische Gründe, oder auch Unwissenheit eine Rolle.

Kohlenwasserstoffe

Als Kältemittel kommen hier vor allem Butan, Propan und Propen in Betracht.

Kohlenwasserstoffe eignen sich hervorragend als Kältemittel. Sie sind gut mit gängigen Kälteölen mischbar und die kritische Temperatur liegt relativ hoch.

Butan – R600a

Butan hat gute thermodynamische Eigenschaften und einen niedrigen Druck (bei 40 °C hat Butan 5 bar, R134a bereits 10 bar und R404 schon 18 bar). Aufgrund des niedrigen Massenstroms kommt es zu geringen Druckverlusten und hoher Effizienz der Kompressoren, weshalb kleinere Kompressoren mit hohem COP eingesetzt werden können. Insgesamt zeichnet sich Butan durch ein besseres Betriebsverhalten verglichen mit konventionellen Kältemitteln aus und hat dabei eine geringere Kältemittelfüllung.

Den größten Erfolg als Kältemittel hat Butan in den mehr als 300 Mio.

Haushaltskühlschränken, die im Einsatz sind. Dabei hat sich herausgestellt, dass Kühlschränke mit Butan sicher betrieben werden können. Nennenswerte Vorfälle sind nicht bekannt. Und dabei funktionieren moderne Kühlschränke heute effizienter wie nie und sind dabei auch noch leise.

Zunehmend wird Butan in kleineren kommerziellen Kälteanlagen eingesetzt. So ließ Pepsi z.B. verlauten, dass Kohlenwasserstoffe aufgrund der besseren Energieeffizienz im Vergleich zu den bisher verwendeten synthetischen Kältemitteln, bevorzugt in Getränkekühlern mit Füllmengen bis 150g eingesetzt werden sollen.

In größeren Kühlern und in Ländern, in denen brennbare Kältemittel nicht zugelassen sind, soll CO₂ als Kältemittel eingesetzt werden. Die Umweltbehörde der USA, EPA (Environmental Protection Agency), die wegen der Produkthaftungsgesetze dafür bekannt ist besonders kritisch gegenüber sicherheitsgefährdenden Stoffen zu handeln, hat zum ersten Mal einen Feldversuch mit bis zu 2000 Kühltruhen, die mit brennbaren Kältemitteln gefüllt sind, zugelassen. Dies könnte als Durchbruch in der westlichen Welt gewertet werden.

Propan – R290

Propan hat sehr ähnliche thermodynamische Eigenschaften wie R22 und daher können die bekannten R22 Systeme verwendet werden. Die Verträglichkeit von Materialien und Wärmetauschern ist gegeben, bei elektrischen Komponenten muss auf einen erforderlichen Ex-Schutz geachtet werden.

Im Vergleich zu R22 ergibt sich ein besseres Betriebsverhalten bei hohen Umgebungstemperaturen. Im Vergleich zu R134 ist das Betriebsverhalten ähnlich und es ist besser als R404a, obwohl die Betriebsfüllung deutlich geringer ist. Seit 2000 bieten bekannte Hersteller Verdichter für Propan an.

Grundsätzlich könnte Propan überall dort eingesetzt werden wo heute noch R22 verwendet wird. In einigen Ländern, speziell im asiatischen Raum, wird Propan als Drop-in verwendet. In zentralen Klimaanlage, z.B. in Malaysia, Thailand, Philippinen, Indonesien und Singapur, wurde mit Erfolg R22 gegen Propan ausgetauscht.

Bei der Umstellung von R22 auf Propan wurde berichtet, dass nur kleinere Anpassungen erforderlich waren, weil z.B. das Öl in Tieftemperaturanwendungen gegen höher viskoses Öl getauscht werden musste. Dabei wurde beobachtet, dass Propananlagen bei niedrigerem Saugdruck betrieben werden und deutlich schneller heruntergekühlt werden können. In allen Fällen wurden Energieeinsparungen beobachtet, die zwischen 10 und 30% lagen.

In Industriezweigen, die den Umgang mit brennbaren Stoffen gewohnt sind, wurde Propan und Propen immer schon als Kältemittel genutzt, häufig mit einigen Tonnen Füllmenge. Erst in letzter Zeit entscheiden sich immer mehr global agierende Konzerne für Propan als Kältemittel in gewerblichen Anlagen.

In einem Feldversuch, der von Unilever während der Olympischen Spiele in Australien durchgeführt wurde, konnte eine durchschnittliche Energieeinsparung von 9% gegenüber den gleichen Systemen mit R134a beobachtet werden.

Kohlenwasserstoffe - Vorbehalte

Aufgrund der Brennbarkeit sind hermetisch dichte Systeme erforderlich. Dies gilt aber auch für synthetische Kältemittel, wenn keine Leckagen zugelassen werden. Zum Schutz vor Explosionen ist ein Ex-Schutz für elektrische Komponenten vorgeschrieben. Komponenten dafür werden aber von den großen Herstellern angeboten.

Die Kältemittelfüllung ist gemäß einigen Regelwerken begrenzt. Z.B. schreibt die EN 378 eine Füllmengenbegrenzung von max. 150 g für Kohlenwasserstoffe vor. Allerdings fehlt die technische Grundlage für diese Begrenzung. Sinnvoller wäre sicherlich eine Füllmengenbegrenzung, die an die Gegebenheiten, wie z.B. Aufstellungsort oder Größe des Maschinenraums, angepasst wird.

Sicherheit von Kohlenwasserstoffen

Das es möglich mit brennbaren und explosionsgefährdeten Stoffen sicher umzugehen, beweisen tausende Tankstellen in Europa jeden Tag. Heutzutage wäre es wahrscheinlich undenkbar dafür eine Zulassung zu erhalten, zumal die Bedienung von ungeschultem Personal erfolgt.

Der Gedanke an wenige Gramm Propan in einer Autoklimaanlage lässt viele von uns erschauern. Einen Gedanken an brennbares Gas im Tankraum, mit einem Fassungsvermögen von 50 bis 70 l, verschwendet kaum jemand.

Auch Propangasbrenner in Campingwagen gelten meist als ungefährlich. Der ADAC empfiehlt in seinen so genannten Wintercampingtipps grundsätzlich eine Zweitflasche Propan vorrätig mitzuführen, denn 11 kg Propan würden nur für 2-3 Tage ausreichen. Auflagen, die den Transport durch Alpentunnel verbieten würden sind mir nicht bekannt.

Warum also massive Vorbehalte gegen Kohlenwasserstoffe als Kältemittel bestehen, obwohl hier doch überwiegend geschultes und sachkundiges Personal mit den Anlagen umgeht, ist nicht einfach nach zu vollziehen. Bei guter Planung und Betreuung der Anlagen durch Fachpersonal stellen Kohlenwasserstoffe eine gute Alternative dar.

Kohlenwasserstoffe - Anforderungen

Bei der Konzeption einer Kälteanlage mit Kohlenwasserstoffen ist es wichtig, dass mögliche Zündquellen frühzeitig identifiziert und schon während der Planung eliminiert werden (z.B. Ex- geschützte Verdichter). Die Konstruktion und Herstellung der Anlage sollte mögliche Leckagen verhindert (z.B. durch Reduzieren von Verbindungsstellen und gutem Korrosionsschutz). Durch geeignete Aufstellung kann gewährleistet werden, dass sich Gas verflüchtigen kann, wenn es doch zu einer Leckage kommt (geeignete Belüftung, Dachinstallation). Besonders wichtig ist eine eindeutige Kennzeichnung der Komponenten, die Kohlenwasserstoffe enthalten, damit Servicetechniker die notwendigen Vorkehrungen treffen. Am wichtigsten ist aber sicher die Schulung von Servicetechnikern und Betriebspersonal mit exzellentem Schulungsmaterial, denn der unsachgemäße Umgang stellt das höchste Risiko dar.

Aussichten für Kohlenwasserstoffe

Hermetisch dichte, vorgefertigte Flüssigkeitskühlsätze reduzieren die Wahrscheinlichkeit einer Leckage nahezu vollständig. So gesehen können auch synthetische Kältemittel verwendet werden. Da sich aber gezeigt hat, dass Kohlenwasserstoffe zu deutlichen

Energieeinsparungen führen, wäre es unverantwortlich diese Möglichkeit nicht in Betracht zu ziehen! Nicht umsonst haben einige Konzerne bereits angekündigt neue Kälteanlagen mit Kohlenwasserstoffen betreiben zu wollen.

Kohlendioxid- CO₂ – R744, ein spezielles Kältemittel

Über Kälteanlagen mit Kohlenwasserstoff ist schon viel berichtet worden und demzufolge nur die wichtigsten Fakten im Überblick.

Kohlenwasserstoff hat eine 5 bis 8 fache volumetrische Kälteleistung im Vergleich zu sonst üblichen Kältemitteln. Daher können Komponenten kleiner ausfallen und Rohrleitungen mit geringerem Durchmesser gewählt werden. Aufgrund der exzellenten Wärmeübertragung können Wärmetauscher kleiner gebaut, bzw. kleinere Temperaturdifferenzen bei gleicher Übertragungsfläche gewählt werden. Die niedrige Viskosität ergibt geringe Druckverluste und deshalb sinkt die erforderliche Pumpenergie.

Auf der anderen Seite ist der Betriebsdruck 7 bis 10 fach höher als bei üblichen Kältemitteln und die Verdichtertemperatur liegt höher als üblich. Da am sogenannten Triplepunkt, bei -56°C , Trockeneis gebildet wird, sind Tiefkühlanwendungen unterhalb -55°C nicht möglich. Oberhalb von 31°C arbeitet ein CO₂ Kältesystem im überkritischen Bereich.

Die überkritische, oder auch transkritische Verdichtung, ist eine der Betriebsweisen in einem System das vollständig mit CO₂ arbeitet. Während kühlerer Temperaturen arbeitet CO₂ als bekanntes unterkritisches, verflüssigendes Kältemittel. Erst bei heißem Wetter (typischerweise oberhalb 29°C Lufttemperatur im Verflüssiger) wird der überkritische Zustand erreicht.

Der Energieverbrauch ist abhängig vom Druckverhältnis und es existiert ein optimaler Druck im Gaskühler, bei dem der Energieverbrauch am geringsten ist. Weicht man nur wenig von diesem optimalen Druck nach oben oder unten ab, steigt der Energieverbrauch unproportional zur erzeugten Kälteleistung. Dies ist sicherlich ungewohnt zumal der optimale Druck für verschiedene Temperaturen unterschiedlich ist. Daher sollte man bei Energievergleichen immer kritisch prüfen, ob der optimale Druck im Gaskühler berücksichtigt wurde.

Energieeffizienz von CO₂ Kälteanlagen

CO₂ Systeme arbeiten im überkritischen Bereich weniger effizient als die üblichen Kältemittel. Jedoch werden die meisten Systeme, speziell in gemäßigten Breiten, die meiste Zeit des Jahres im unterkritischen Bereich betrieben. CO₂ Systeme sind effizienter als konventionelle Systeme mit synthetischen Kältemitteln wenn sie unterkritisch betrieben werden (CO₂ Temperatur < 31,2°C). Über das gesamte Jahr gesehen sind CO₂ Kälteanlagen daher häufig energie-effizienter als solche mit synthetischen Kältemitteln. Besonders geeignet ist CO₂ auch für die Wärmerückgewinnung oder für Wärmepumpenanwendungen.

Wiederentdeckung von CO₂ als Kältemittel

In den vergangenen etwa 10 Jahren hat das Interesse an CO₂ Kälteanlagen wieder stetig zugenommen. Nestlé war dabei der erste global agierende Konzern der offiziell verlauten ließ, ausschließlich natürliche Kältemittel einzusetzen, wann immer dies möglich ist. Nestlé hat die Entwicklung von NH₃/CO₂ Kaskaden Systemen vorangetrieben und mit vielen großen Industrieanlagen z.B. in UK, Frankreich, USA, und Japan bewiesen, dass der Betrieb zuverlässig und energiesparend ist. Andere Firmen und Länder folgten diesem Beispiel und so wurden viele große NH₃/CO₂ Kaskaden Anlagen in den Niederlanden installiert. Gefördert wurde dieser Trend sicher auch durch Steuererleichterungen in den Niederlanden. Einen ähnlichen Erfolg hat die skandinavische Besteuerung der synthetischen Kältemittel. Skandinavien hat sich so zum Vorreiter von Kälteanlagen mit natürlichen Kältemitteln entwickelt. In Deutschland sollen in den kommenden 2 Jahren Anlagen mit CO₂ staatlich gefördert werden, so dass auch hier mit steigendem Interesse an CO₂ Kälteanlagen zu rechnen ist.

Kohlendioxid - Vorbehalte

Vorbehalte gegen CO₂ sind vor allem im höheren Betriebsdruck begründet, der stabilere Komponenten erfordert. Häufig wird die robustere Bauweise jedoch durch die kleinere mögliche Baugröße kompensiert. Aufgrund der geringen Nachfrage waren Preise für CO₂ Komponenten häufig noch ca. 10 bis 30% teurer. Die steigende Nachfrage hat sich bereits bemerkbar gemacht und so ist zu beobachten, dass die Preise vergleichbar werden mit üblichen Systemen. Auch Steuerungssysteme werden häufig kompliziert ausgeführt, obwohl dies in den meisten Fällen gar nicht erforderlich wäre. Das geruchlose CO₂ macht eine Leckerkennung schwierig. Allerdings gilt dies auch für alle synthetischen Kältemittel. Fehlendes Fachwissen und Ignoranz stellen häufig die größte Hürde für den Einsatz von Kohlendioxid Kälteanlagen dar.

Kohlendioxid - Anforderungen

Natürlich gibt es auch bei CO₂ Kälteanlagen einiges zu beachten:

Nur trockenes CO₂ kann als Kältemittel verwendet werden (<10 ppm Feuchte), da sonst Eis und Hydrate gebildet werden können und Öl unter Feuchtigkeit Säuren bildet. Das System muss sauber sein, da CO₂ ein exzellentes Lösungsmittel ist und innerhalb der ersten Wochen Schmutz und Korrosionsschutzflüssigkeit aus der Anlage gespült wird. Die erforderlichen Befüll- bzw. Entleerungsanforderungen müssen beachtet werden, damit Trockeneis nicht die Leitungen verstopfen kann.

Kohlendioxid - Aussichten

CO₂/NH₃ Kaskaden sind heute schon in der Industrie Standard. Auch für Supermarktanwendungen sind Systeme mit synthetischen Kältemitteln auf der Hochdruckseite und CO₂ für den Tieftemperaturbereich bereits üblich. Ammoniak oder R723 auf der Hochdruckseite, in Kombination mit einem Kälte­träger für die Mitteltemperatur und Kohlendioxid für die Tieftemperaturseite, stellt häufig die bessere Alternative dar. Wärmepumpenanwendungen mit Kohlendioxid sind in Asien bereits sehr beliebt und es ist abzusehen dass andere Länder folgen werden. In „gemäßigten Breiten“ (z.B. bei einer Durchschnittstemperatur unter +15°C) oder bei hoher Luftfeuchtigkeit werden sich auch überkritische Systeme durchsetzen. Welche Anlage sinnvoll eingesetzt werden kann sollte jedoch von Fall zu Fall geprüft werden.

Ammoniak – R717

Ammoniak ist eines der ältesten Kältemittel mit den nachweislich besten thermodynamischen Eigenschaften. Es ist das einzige natürliche Kältemittel, das so effizient ist, dass die Industrie nie darauf verzichten wollte. Aus ökologischer Sicht ist Ammoniak unschlagbar, da es weder zum Abbau der Ozonschicht noch zur Klimaerwärmung beiträgt (ODP und GWP = 0) und die TEWI Bilanz aufgrund des hohen COP von Ammoniakanlagen günstig ausfällt. Ammoniak ist leichter als Luft und verflüchtigt sich nach oben. Eine Außenaufstellung auf dem Dach ist daher besonders günstig.

Aufgrund des charakteristisch stechenden Geruchs hat Ammoniak ein eingebautes „Frühwarnsystem“. Personenschäden sind immer in der Nähe von Leckagen entstanden, wobei fast ausschließlich Servicepersonal zu Schaden kam. Unfälle wurden fast immer durch Bedienfehler verursacht und waren vermeidbar. Viele Leute sind erstaunt zu hören, dass Gaswarnanlagen und Lüftungssysteme für Ammoniakanlagen nicht viel anders und auch nicht teurer sind als für Anlagen mit synthetischen Kältemitteln, die bei einer Leckage Sauerstoff verdrängen und zum Ersticken führen können.

Ammoniak - Anwendungen

Aus Sicht einer optimalen Energieeffizienz sollte ab einer Kälteleistung oberhalb 500 kW nur Ammoniak Kälteanlagen zum Einsatz kommen! Aber auch wenn eine Kapazität unterhalb 500 kW gefordert ist gibt es sehr gute Lösungen, wobei die Ammoniakfüllmenge durch Einsatz von Kälteträgern stark reduziert werden kann.

Neben den bekannten Industrieanwendungen wird Ammoniak zunehmend bei Projekten berücksichtigt, die in der Vergangenheit ausschließlich mit synthetischen Kältemitteln geplant wurden, z.B. in öffentlichen Gebäuden. Alle großen Messehallen in Deutschland wurden mit Ammoniak Flüssigkeitskühlern für die Klimatisierung gebaut. Auch Banken, Versicherungen und Bürogebäude werden zunehmend mit Ammoniak Flüssigkeitskühlsätzen energiesparend klimatisiert. Zudem wollen moderne Flughäfen nicht mehr auf Ammoniak Anlagen verzichten, nachdem Risikoanalysen keine größere Gefährdung für die Öffentlichkeit oder Flughafen Bedienstete ergeben haben als alternativen Lösungen mit synthetischen Kältemitteln. Daher wurde nicht nur der sanierte Düsseldorfer Flughafen, sondern auch der neue Terminal 5 in London Heathrow und der Züricher Flughafen, neben anderen Flughäfen, mit Ammoniak Anlagen ausgerüstet.

Ammoniak - Vorbehalte

Vorbehalte gegen Ammoniak gibt es wegen der Brennbarkeit, wobei jedoch eine bestimmte Konzentration von 15 to 28% erforderlich ist. Auch ist Ammoniak als explosiv eingestuft, jedoch ist dies äußerst schwierig zu erreichen, da eine sehr hohe Zündtemperatur (651 °C) erforderlich ist. Ein Ex-Schutz ist daher ausdrücklich nicht erforderlich!

Die Einstufung von Ammoniak erfolgte bisher in der gleichen Sicherheitskategorie wie 1234yf. Verwunderlich ist die Einstufung von 1234ze in eine Untergruppe 2L gemäß ISO 817, obwohl die Zündtemperatur von 1234yf deutlich niedriger liegt (405°), nur weil die Ausbreitung der Flammen niedriger ist als bei Ammoniak. Darüber hinaus wurde festgestellt, dass Brennbarkeit und Explosivität in Kombination mit Kältemaschinenölen steigt. Ob die Einstufung dann noch in der neu geschaffenen Kategorie erfolgen kann darf in Frage gestellt werden.

Ammoniak ist giftig, aber der stechende Geruch verhindert eine gesundheitsschädigende Wirkung, solange eine Person fliehen kann. Der Geruch ist bereits oberhalb von etwa 20 ppm wahrnehmbar, eine gesundheitsschädigende Wirkung entsteht aber erst oberhalb ca. 1000 ppm). Wie immer bestimmt die Konzentration einer Substanz über die Giftigkeit!

Sicherheit von Ammoniak Anlagen

Auslegung, Installation und Inbetriebnahme von Kälteanlagen werden in Europa durch die EN 378 geregelt. Der Betrieb ist jedoch nationale Angelegenheit und daher gibt es in den EU Staaten viele unterschiedliche Anforderungen. Dies geht von nahezu keinen Anforderungen in England bis zu minimal einzuhaltenden Sicherheitsabständen zu bewohntem Gebiet in Frankreich. Es hat sich gezeigt, dass Ammoniak Anlagen durch striktere Bestimmungen nicht sicherer werden. Entscheidend ist vielmehr eine gute Ausbildung und Schulung des Betriebs- und Servicepersonals.

Ammoniak - Anforderungen

Bei Ammoniak Anlagen ist kein Kupfer im System erlaubt, da sonst mit Korrosion zu rechnen ist. (Davon ausgenommen sind spezielle Bronze-Legierungen.) Flanschverbindungen sollten minimiert und möglichst keine Schraubverbindungen verwendet werden.

Schweißverbindungen sind in Ammoniak Anlagen die beste Wahl. Allerdings gilt dies auch, wenn Systeme mit anderen Kältemitteln hermetisch dicht ausgeführt werden sollen.

Ein gutes Ölmanagement ist, wie in allen Anlagen wichtig, wobei Öl mit Ammoniak normalerweise nicht mischbar ist und sich am Boden absetzt. (Einige betrachten dies als großen Vorteil). Es gibt aber auch neuere Untersuchungen mit ammoniak-löslichen Ölen. Gaswarnanlage und Belüftungssystem sind erforderlich, wie bei anderen Kälteanlagen auch. Da Ammoniak leichter ist als Luft, sollte die Anlage, wo immer möglich, auf dem Dach installiert werden.

Ammoniak darf nicht ins Abwasser gelangen, allerdings entstehen keine Langzeitschäden, da Ammoniak innerhalb weniger Tage in natürliche Stoffe umgewandelt wird. Gut geschultes Personal ist der Schlüssel zum sicheren Umgang mit Ammoniak-Kälteanlagen. Dies wird deutlich wenn man bedenkt, dass Unfälle fast ausschließlich bei Servicearbeiten durch Bedienfehler auftreten.

Ammoniak - Aussichten

Lange Zeit wurde gar nicht oder nur wenig auf dem Gebiet der Ammoniak Anwendungen geforscht, da alles bekannt schien. Erst nachdem Beschränkungen synthetischer Kältemittel wirksam und das Interesse nach energieeffizienten Anlagen gestärkt wurden, ist Ammoniak wieder für die Forschung interessant geworden.

Einen Schwerpunkt stellen hermetisch dichte Systeme mit kleinen Füllmengen dar. Dazu gehört die Entwicklung von kleinen semihermetischen und hermetischen Verdichtern mit Leistungen unterhalb 100 kW. Auch die Entwicklung von Wärmetauschern mit reduzierter

Füllmenge, z.B. Platten oder Microchannel Wärmetauscher als Verflüssiger, aber auch Verdampfer, gehen in diese Richtung. Ein vereinfachtes Ölmanagement mit löslichen Ölen, um auch DX Anlagen zu ermöglichen, ist darüber hinaus Inhalt von Forschungsprojekten.

Wann immer Ammoniak Kälteanlagen geplant werden sollte beachtet werden, dass sich die Füllmenge überwiegend auf der Niederdruckseite befindet, da diese Anlagen weniger anfällig für Probleme sind. Eine Hochdruckschwimmer-Regelung hat sich dabei seit Jahrzehnten bewährt.

Wasser, R718 - das ideale Kältemittel?

Kühlung durch Wasserverdampfung ist hinlänglich bekannt und wird seit jeher genutzt. Eiswasser oder Eismatschsysteme, die andere Kältemittel zur Eiszeugung nutzen, sind ebenfalls bekannt und bewährt und sollen hier nicht betrachtet werden, obwohl auf diesem Bereich noch viel geforscht wird. Der Wasserdampfverdichtungs-Prozess bietet das größte Potential, aber auch die größte Herausforderung.

Wasser als Kältemittel kommt in Betracht, wenn große Mengen Eiswasser oder pumpfähiger Eismatsch benötigt werden, z.B. für die Lebensmittelindustrie, Fernkälte oder Kühlung von Minen und Bergwerken.

Die bisher größte Herausforderung ist der enorme Wasserdampfvolumenstrom, der den Einsatz von recht kostspieligen Turbokompressoren erfordert. Das große benötigte Druckverhältnis erfordert den Einsatz von entweder Axialverdichtern mit relativ kleiner Grundfläche und vielen Stufen, oder aber auch in Serie geschaltete Radialverdichter, die recht empfindlich auf Lastschwankungen reagieren und daher eine recht konstante Last erfordern. Da der Betrieb im tiefen Vakuum abläuft ist ein absolut dichtes System erforderlich.

Auf der anderen Seite besteht ein Energieeinsparpotential von 25% verglichen mit heute verfügbaren R134a Flüssigkeitskühlsätzen. Forschungsprojekte sowohl mit Radial- als auch mit Axialverdichtern werden derzeit mit Prototypen in Frankreich und Dresden durchgeführt.

Luft

Luft kommt als Kältemittel in Frage, wenn Anwendungen Temperaturen deutlich unterhalb -50°C verlangen. Nach Verabschiedung des Montreal Protokolls förderte die US Regierung den geschlossenen Luftkreislauf, da der Prozess deutliche Energieeinsparungen gegenüber üblichen Systemen versprach. Insbesondere die Lebensmittelindustrie zeigte Interesse, da eine äußerst schnelle Abkühlung (rapid cooling) erwartet wurde, die die Produktqualität deutlich verbessern sollte.

An der Konstruktion einer Versuchsanlage, die 1999 bei Kodak in Rochester NY, USA in Betrieb ging, war unter anderen Air Produkt beteiligt. Die Anlage hatte eine Kapazität von 210 KW bei einer Verdampfungstemperatur von -100°C. Technisch konnten die Erwartungen übertroffen werden, d.h. die hohe Abkühlgeschwindigkeit bei niedrigen Energiekosten wurde erreicht. Allerdings waren die Kosten deutlich zu hoch. Dies lag daran, dass die hohe erforderliche Massenstromdichte und das hohe Druckverhältnis teure Turbokompressor/Expander Systeme erforderlich machten. Außerdem stellten spezielle Gleitringdichtungen, zur Minimierung der Leckagen, ein unerwartetes Problem dar. Insgesamt kam man zu dem Schluss, dass CO₂ Kälteanlagen bis -56°C den Anforderungen der Lebensmittelindustrie genügen, bei deutlich reduzierten Kosten.

Anlagen mit geschlossenem Luftkreislauf werden heute für die Gasverflüssigung auf Tankschiffen angeboten, da dort ein der geringer Platzbedarf die hohen Kosten rechtfertigt.

Warum natürliche Kältemittel?

Es gibt natürliche Kältemittel die heute bereits gut bekannt und sich lange Zeit in der Kältetechnik bewährt haben, wie z.B. Ammoniak, CO₂ aber auch Kohlenwasserstoffe. Sie sind sofort, in unbegrenzter Menge preiswert verfügbar und können nahezu jede Kälteanwendung abdecken. Kältemittel wie Wasser und Luft sind für spezielle Anwendungen gut geeignet, bedürfen aber noch weiterer Forschung um kommerziell nutzbar zu sein.

Neben der Umweltverträglichkeit zeichnen sich natürliche Kältemittel durch eine hohe Energieeffizienz aus und reduzieren daher auch den indirekten Treibhauseffekt. Natürliche Kältemittel sind die richtige Wahl um Investitionen und die Umwelt langfristig zu sichern!