

Hintergrund

Natürliche Kältemittel – aktuelle Entwicklungen und Trends

von Monika Witt, Vorstandsvorsitzende von eurammon,
der europäischen Initiative für natürliche Kältemittel

Bei der Entscheidung, welches Kältemittel in einer Kälte- oder Klimaanlage eingesetzt werden soll, sind Sicherheit, Kosten und Umweltschutz die wesentlichen Kriterien. Vor dem Hintergrund kontinuierlich steigender Energiepreise spielt aber auch der Energieverbrauch einer Anlage eine zunehmend wichtigere Rolle. Idealerweise sollte das verwendete Kältemittel exzellente thermodynamische Eigenschaften, eine hohe chemische Stabilität und gute physische Eigenschaften besitzen. Zudem sollte es keinen oder nur einen geringen Einfluss auf die Umwelt haben und außerdem kostengünstig und weltweit verfügbar sein.

Allerdings gibt es kein Kältemittel, welches alle diese Anforderungen erfüllt. In der Praxis ist deshalb die Entscheidung für das am besten geeignete Kältemittel von einer Reihe unterschiedlicher Faktoren abhängig. Dabei spielen das Einsatzgebiet und die Anforderungen des Betreibers ebenso eine Rolle, wie Aufstellungsort und Umweltaspekte. Entscheidenden Einfluss auf den Energieverbrauch hat jedoch vor allem die Auslegung der gesamten Kälteanlage unter Berücksichtigung von Teillastbedingungen, da die Effizienz einer Kälteanlage stärker durch das Gesamtkonzept beeinflusst wird, als durch die Wahl des Kältemittels. Allerdings zeigen eine Reihe aktueller Projekte, dass Anlagen gerade dann effizient und umweltschonend arbeiten, wenn sie natürliche Kältemittel einsetzen.

Ammoniakkälte überzeugt mit höchster Energieeffizienz

Ammoniak ist das Kältemittel mit den nachweislich besten thermodynamischen Eigenschaften. Es ist das einzige natürliche Kältemittel, auf das die Industrie aufgrund der hohen Effizienz nie verzichten wollte. Auch aus ökologischer Sicht ist Ammoniak unschlagbar: Es trägt weder zum Abbau der Ozonschicht noch zur Klimaerwärmung bei (ODP und GWP = 0) und auch die TEWI Bilanz fällt aufgrund des hohen COP von Ammoniakanlagen günstig aus.

Bei Industrieanlagen mit Kapazitäten von mehr als 500 kW ist Ammoniak hinsichtlich Energie- und Kosteneffizienz unübertroffen. Und auch im kleineren Maßstab findet Ammoniak zunehmend Verwendung. So kommt Ammoniak mittlerweile vermehrt in Systemen mit einer Kapazität von weniger als 500 kW zum Einsatz, bei denen sich die Ammoniak-Menge in Kombination mit der Wahl des passenden Kälte-trägers verringern lässt. Gerade hier, im Bereich der Systeme mit kleinen Füllmengen, wird derzeit intensiv geforscht. Ziel der Entwicklung sind unter anderem kleine, semihermetische und hermetische Verdichter mit Leistungen unterhalb 100 kW. Auch die Entwicklung von Wärmetauschern mit reduzierter Füllmenge gehen in diese Richtung. Um auch DX-Anlagen zu ermöglichen, beschäftigen sich darüber hinaus verschiedene Forschungsprojekte mit einem vereinfachten Ölmanagement mit löslichen Ölen.

Darüber hinaus wird Ammoniak heute auch vermehrt in Bereichen eingesetzt, in denen bislang synthetische Kältemittel vorherrschten. So wurden etwa alle großen Messehallen in Deutschland mit Ammoniak-Flüssigkeitskühlern für die Klimatisierung ausgestattet. Auch Banken, Versicherungen und Bürogebäude werden zunehmend mit Ammoniak-Flüssigkeitskühlsätzen energiesparend klimatisiert. Sogar moderne Flughäfen nutzen zunehmend Ammoniak-Anlagen, nachdem Risikoanalysen kein höheres Gefährdungspotenzial für die Öffentlichkeit oder für Flughafen Bedienstete ergeben haben, als bei Lösungen mit synthetischen Kältemitteln. Daher wurde nicht nur der sanierte Düsseldorfer Flughafen, sondern auch das neue Terminal 5 in London Heathrow und der Züricher Flughafen mit Ammoniak-Anlagen ausgerüstet. Auch der Fracht-Hub des Airports Christchurch, Neuseeland, spart Energie durch den Einsatz von Ammoniak bei der Kühlung.

Mit Kohlendioxid Energie und Geld sparen

Das Interesse an CO₂-Kälteanlagen hat in den letzten zehn Jahren weltweit stetig zugenommen. Dies lässt sich einerseits darauf zurückführen, dass Nestlé als global agierender Konzern die Entwicklung von NH₃/ CO₂-Kaskaden-Kälteanlagen kontinuierlich vorangetrieben hat und deren Energieeffizienz mit Anlagen in Europa, den USA und Japan bewiesen hat. Andere Firmen folgten diesem Beispiel. Zusätzlich wurde dieser Trend in einigen Ländern durch staatliche Anreize gefördert. So gewähren beispielsweise die Niederlande deutliche Steuererleichterungen für CO₂-Anlagen und in Skandinavien wurde die Besteuerung von synthetischen Kältemitteln erhöht. Besonders geeignet ist CO₂ auch für die Wärmerückgewinnung oder für Wärmepumpenanwendungen. In Asien sind diese Anwendungen bereits sehr verbreitet und es ist abzusehen, dass andere Länder folgen werden.

Wie viel Energie sich durch den Einsatz von CO₂ als Kältemittel einsparen lässt, ist vor allem eine Frage der Umgebungstemperatur. So ist ein CO₂-System einer mit synthetischen Kältemitteln betriebene Anlage in Punkto Effizienz deutlich überlegen, wenn es im subkritischen Bereich eingesetzt wird. Aber auch im überkritischen Bereich kann die Anlage im Hinblick auf die Effizienz mit gutem Erfolg optimiert werden. Bestätigt hat das unter anderem die Coca Cola Company, die für ihre 550-Liter-Kühlschränke sowohl CO₂ als auch R134a einsetzt. Ergebnis: Die mit CO₂ betriebenen Anlagen verbrauchen 20 bis 30 Prozent weniger Energie.

Im trans- oder überkritischen Modus (Temperaturen > 31,2°C) sind CO₂ Systeme grundsätzlich weniger effizient als Anlagen mit synthetischen Kältemitteln. Trotzdem sind CO₂-Kälteanlagen über das gesamte Jahr betrachtet häufig energie-effizienter, als solche mit synthetischen Kältemitteln, da die meisten Systeme, vor allem in gemäßigten Breiten, den größten Teil des Jahres im unterkritischen Bereich betrieben werden.

Klimaneutral kühlen – mit Kohlenwasserstoffen

Kohlenwasserstoffe, wie Butan, Propan und Propen eignen sich hervorragend als Kältemittel. Butan wird beispielsweise sehr erfolgreich in den mehr als 300 Millionen im Einsatz befindlichen Haushaltskühlschränken verwendet. Darüber hinaus wird Butan zunehmend in kleineren kommerziellen Kälteanlagen eingesetzt. So verglich beispielsweise der Getränkekonzern Pepsi die Effizienz kleiner Getränekühler mit einer Kühlmittelladung von bis zu 150 g und fand heraus, dass mit Butan betriebene Geräte bis zu 27 Prozent weniger Energie verbrauchen als solche, bei denen R134a eingesetzt wird. Seither bevorzugt der Getränkehersteller bei diesen Kühlern Butan – und ist damit nicht alleine: Auch die Firma Ben & Jerry setzte Butan erstmals in den USA für ihre Eiscreme-Froster ein und zeigte sich damit sehr zufrieden.

Propan hat sehr ähnliche thermodynamische Eigenschaften wie R22. Einige Länder im asiatischen Raum haben deshalb in zentralen Klimaanlage R22 durch Propan ersetzt und berichten von 10 bis 30 Prozent weniger Energieverbrauch, bei nur geringen erforderlichen Änderungen der Anlagen. Auch Unilever hat die Vorteile von Propan als Kältemittel erkannt: bereits während der Olympischen Spiele 2000 in Brisbane und Sydney führte das Unternehmen eine Feldstudie mit 360-Liter-Eiscreme-Frostern durch. Die eingesetzten Geräte verglichen den Betrieb mit Propan gegenüber einem Betrieb mit R404A. Die Propan Froster sparten dabei durchschnittlich etwa 9 Prozent Energie.

Kohlenwasserstoffe haben ausgezeichnete thermodynamische Eigenschaften, weshalb die mit ihnen betriebenen Kälte- und Klimaanlage besonders energiesparend sind. Sie sind gut mit gängigen Kälteölen mischbar und die kritische Temperatur liegt relativ hoch. Die Brennbarkeit von Kohlenwasserstoffen erfordert zwar hermetisch dichte Systeme und einen Explosions-Schutz für elektrische Komponenten, aber die Komponenten sind verfügbar und der sichere Betrieb ist heute gut beherrschbar. Aufgrund des hohen Energieeinsparungspotenzials von Systemen mit Kohlenwasserstoffen haben daher eine Reihe von Konzernen angekündigt, neue Kälteanlagen mit Kohlenwasserstoffen betreiben zu wollen.

Bisher besteht in Europa eine Füllmengenbeschränkung für Kohlenwasserstoffe von 150 Gramm. Allerdings wurde dieser Wert willkürlich festgelegt, weshalb es wünschenswert wäre, die Füllmengenbegrenzung von den jeweils vorherrschenden Bedingungen abhängig zu machen. Empfehlungen für solche standortabhängigen Grenzwerte könnten beispielsweise im Rahmen eines wissenschaftlichen Forschungsprojektes erarbeitet und entwickelt werden. So könnten voraussichtlich größere Füllmengen zugelassen werden, wenn sich die Propanfüllung hoch oben auf dem Dach eines Gebäudes, oder in großen und gut belüfteten Räumen befindet.

In den USA ist man offensichtlich bereit umzudenken: war der Einsatz von Kohlenwasserstoffen bislang auf den industriellen Bereich beschränkt, wird diese Restriktion möglicherweise in Zukunft aufgehoben. Die US-Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency), die wegen der Produkthaftungsgesetze besonders kritisch gegenüber sicherheitsgefährdenden Stoffen agiert, hat erstmals einen Feldversuch genehmigt, bei dem bis zu 2000 mit brennbaren Kältemitteln betriebene Kühltruhen getestet werden. Dies könnte einen Durchbruch bedeuten.

Wasserkälte mit bis zu 25 Prozent Einsparungspotenzial

Kühlung durch Wasserverdampfung wird seit jeher genutzt. Was jedoch beim menschlichen Körper ganz natürlich in Form des Schwitzens erfolgt, ist im industriellen Maßstab eine Herausforderung. Denn um eine ausreichende Kühlleistung zu erzielen, wird ein enormer Wasserdampfvolumenstrom benötigt – und das erfordert den Einsatz von Turboverdichtern. Geeignet sind hierfür entweder Axialverdichter mit relativ kleiner Grundfläche und vielen Stufen, oder in Serie geschaltete Radialverdichter. Diese reagieren allerdings empfindlich auf Lastschwankungen, was einen möglichst konstanten Betrieb erfordert. Erschwerend kommt hinzu, dass der Betrieb im tiefen Vakuum abläuft, weshalb ein absolut dichtes System erforderlich ist. Diesen hohen technischen Anforderungen steht jedoch – verglichen mit

heute verfügbaren R134a Flüssigkeitskühlsätzen – ein großes Energieeinsparungspotenzial von etwa 25 Prozent gegenüber. Aus diesem Grund werden derzeit in Frankreich und Dresden sowohl Prototypen von Radial- als auch von Axialverdichtern erforscht.

Luft – schnelle Kälte bei geringen Energiekosten

Luft ist als Kältemittel interessant, wenn Temperaturen von weit unter -50 °C erreicht werden sollen. Systeme mit geschlossenem Luftkreislauf überzeugen vor allem durch eine ausgesprochen hohe Abkühlgeschwindigkeit (rapid cooling) bei niedrigen Energiekosten. Dass sich Luft als Kältemittel dennoch nicht großflächig durchsetzen konnte, liegt an den vergleichsweise hohen Kosten für das Gesamtsystem. Um die erforderliche Massenstromdichte zu erreichen, sind teure Turboverdichter/Expander-Systeme und spezielle Gleitringdichtungen zur Minimierung der Leckagen erforderlich. Gleichzeitig sind luftgekühlte Systeme jedoch auch sehr kompakt. Aus diesem Grund werden sie heute zur Gasverflüssigung auf Tankschiffen eingesetzt, da dort der geringe Platzbedarf die hohen Kosten rechtfertigt.

Doppelter Vorteil für Umwelt und Unternehmensbilanz

Natürliche Kältemittel sind preiswert, in unbegrenzter Menge verfügbar und können bereits heute nahezu jede Kälteanwendung abdecken. Zudem besitzen sie, im Vergleich zu synthetischen Kältemitteln, ein sehr geringes Treibhauspotenzial (GWP). Allein schon deshalb empfiehlt sich ihr Einsatz. Mindestens genauso wichtig ist jedoch ihre große Energieeffizienz, denn mehr als 80 Prozent des Treibhauspotenzials von Kälte- und Klimaanlage resultieren nicht aus Leckagen, sondern aus dem Energieverbrauch der Anlagen. Derzeit wird rund 15 Prozent der weltweit genutzten Elektroenergie für die Erzeugung von Kälte eingesetzt – woraus sich ein enormes Einsparpotenzial ergibt. Maßnahmen zur Energieeinsparung über die gesamte Lebensdauer der Kälteanlage gewinnen daher zunehmend an Bedeutung und können wesentlich zu einer Entlastung der Umwelt beitragen. Vor diesem Hintergrund bietet der Einsatz natürlicher Kältemittel für Unternehmen einen doppelten Anreiz – denn durch die Senkung ihres Energieverbrauchs senken sie nicht nur ihre Kosten, sondern schonen zugleich auch die Umwelt. Damit spricht sowohl ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht alles dafür, künftig auf natürliche Kältemittel zu setzen, um sowohl Investitionen als auch die Umwelt langfristig zu sichern!

Anlagen

Ammoniak (NH₃)

Ammoniak wird als Kältemittel seit über 100 Jahren erfolgreich in Industriekälteanlagen eingesetzt. Es ist ein farbloses, unter Druck verflüssigtes Gas mit stechendem Geruch. Als Kältemittel ist Ammoniak unter der kältetechnischen Bezeichnung R 717 (R = Refrigerant) bekannt und wird für die Verwendung in der Kältetechnik synthetisch hergestellt. Ammoniak hat kein Ozonabbaupotenzial (ODP = 0) und keinen direkten Treibhauseffekt (GWP = 0). Auf Grund der hohen Energieeffizienz ist auch der Beitrag zum indirekten Treibhauseffekt vergleichsweise gering. Ammoniak ist bedingt brennbar. Die erforderliche Zündenergie ist jedoch 50-mal höher als die von Erdgas, und ohne Stützflamme brennt Ammoniak nicht weiter. In Verbindung mit der hohen Affinität des Ammoniaks zur Luftfeuchtigkeit hat das zur Einstufung als schwer entzündlich geführt. Ammoniak ist giftig, besitzt aber einen charakteristischen, stechenden Geruch mit hoher Warnwirkung und ist bereits ab einer Konzentration von 3 mg/m³ in der Luft wahrnehmbar, was bedeutet, dass die Warnwirkung lange vor einer gesundheitsschädlichen Konzentration (> 1.750 mg/m³) eintritt. Ammoniak ist des Weiteren leichter als Luft und steigt deshalb schnell auf.

Kohlendioxid

Kohlendioxid ist in der Kältetechnik unter der kältetechnischen Bezeichnung R 744 bekannt und verfügt dort über eine lange Tradition, die bis weit ins 19. Jahrhundert reicht. Es ist ein farbloses, unter Druck verflüssigtes Gas mit schwach säuerlichem Geruch beziehungsweise Geschmack. Kohlendioxid besitzt kein Ozonabbaupotenzial (ODP = 0) und in der Verwendung als Kältemittel in geschlossenen Kreisläufen einen vernachlässigbaren direkten Treibhauseffekt (GWP = 1). Es ist nicht brennbar, chemisch inaktiv und schwerer als Luft. Auf den Menschen wirkt Kohlendioxid erst bei hohen Konzentrationen narkotisierend und erstickend. Kohlendioxid ist in sehr großen Mengen natürlich vorhanden.

Kohlenwasserstoffe

Kälteanlagen mit Kohlenwasserstoffen wie Propan (R 290, C₃H₈), Propen (R 1270, C₃H₆) oder Isobutan (R 600a, C₄H₁₀) sind weltweit seit vielen Jahren in Betrieb. Kohlenwasserstoffe sind unter Druck verflüssigte, farb- und fast geruchlose Gase, die weder ein Ozonabbaupotenzial (ODP = 0) noch einen nennenswerten direkten Treibhauseffekt (GWP < 3) haben. Dank ihrer hervorragenden thermodynamischen Eigenschaften sind Kohlenwasserstoffe besonders energiesparende Kältemittel. Kohlenwasserstoffe sind brennbar, auf Grund der vorhandenen Sicherheitsvorrichtungen liegen die Kältemittelverluste jedoch nahe Null. Kohlenwasserstoffe sind weltweit preiswert erhältlich und werden dank ihrer idealen kältetechnischen Eigenschaften besonders in Anlagen mit geringen Füllmengen eingesetzt.

Ozonzerstörungs- und Treibhauspotenzial von Kältemitteln

	Ozone Depletion Potential (ODP)	Global Warming Potential (GWP)
Ammoniak (NH ₃)	0	0
Kohlendioxid (CO ₂)	0	1
Kohlenwasserstoffe (Propan C ₃ H ₈ , Propen C ₃ H ₆ , Isobutan C ₄ H ₁₀)	0	<3
Wasser (H ₂ O)	0	0

Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW)	1	4.680–10.720
Teilhalogenierte Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (H-FCKW)	0,02–0,06	76–2.270
Per-Fluor-Kohlenwasserstoffe (P-FKW)	0	5.820–12.010
Teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe (H-FKW)	0	122–14.310
<p>Ozone Depletion Potential (ODP) Die Schädigung der Ozonschicht wird vor allem durch den Chlor-, Fluor- oder Bromanteil in Verbindungen verursacht, die in der Lage sind, Ozonmoleküle (O₃) zu spalten und damit die Ozonschicht zerstören. Das Ozonzerstörungspotenzial (ODP) einer Verbindung wird als Chlor-Äquivalent angegeben (ODP eines Chlormoleküls = 1).</p> <p>Global Warming Potential (GWP) Der Treibhauseffekt entsteht durch die Fähigkeit von Stoffen in der Atmosphäre, die von der Erde abgestrahlte Wärme zurück auf die Erde zu werfen. Das direkte Treibhauspotenzial (GWP) einer Verbindung wird als CO₂-Äquivalent gemessen (GWP eines CO₂-Moleküls = 1).</p>		

Über eurammon

eurammon ist eine gemeinsame europäische Initiative von Unternehmen, Institutionen und Einzelpersonen, die sich für den verstärkten Einsatz von natürlichen Kältemitteln engagieren. Als Kompetenzzentrum für die Anwendung natürlicher Kältemittel in der Kältetechnik sieht die Initiative ihre Aufgabe darin, eine Plattform für Informationen und Austausch zu bieten und den Bekanntheitsgrad und die Akzeptanz natürlicher Kältemittel zu erhöhen. Ziel ist es, ihren Einsatz im Interesse einer gesunden Umwelt zu fördern und so nachhaltiges Wirtschaften in der Kältetechnik weiterzuentwickeln. eurammon informiert Fachleute, Politiker und die breite Öffentlichkeit umfassend zu allen Aspekten natürlicher Kältemittel und steht allen Interessierten als kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung. Anwendern und Planern von Kälteprojekten stellt eurammon konkrete Projekterfahrung sowie umfangreiches Informationsmaterial zur Verfügung und berät sie zu allen Fragen im Zusammenhang mit Planung, Genehmigung und Betrieb von Kälteanlagen. Die Initiative wurde 1996 gegründet und steht europäischen Unternehmen und Institutionen im Interessenbereich natürlicher Kältemittel, aber auch Einzelpersonen beispielsweise aus Wissenschaft und Forschung offen.

Internetadresse: www.eurammon.com

Kontakt

Ansprechpartner eurammon

eurammon
Dr. Karin Jahn
Lyoner Straße 18
D-60528 Frankfurt
Tel.: +49 (0)69 6603-1277
Fax: +49 (0)69 6603-2276
Mail: karin.jahn@eurammon.com

Ansprechpartner Presse

FAKTOR 3 AG
Andreas Reich
Kattunbleiche 35
D-22041 Hamburg
Tel.: +49 (0)40 679446-34
Fax: +49 (0)40 679446-11
Mail: eurammon@faktor3.de